

PANNON EGYETEM

Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola



Mátrix-alapú logikai projekttervezési keretrendszer

Doktori (PhD) értekezés

DOI: 10.18136/PE.2014.540

Készítette:
Kiss Judit

Témavezető:
Dr. Kosztyán Zsolt Tibor

**Veszprém
2013**

MÁTRIX-ALAPÚ LOGIKAI PROJEKTTERVEZÉSI KERETRENDSZER

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
Kiss Judit

Készült a Pannon Egyetem Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskolája
keretében

Témavezető: Dr. Kosztyán Zsolt Tibor
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton %-ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Veszprém,.....

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDHT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

ÁBRAJEGYZÉK	III
TÁBLÁZATJEGYZÉK	IV
TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ	VI
ABSTRACT	VII
ZUSAMMENFASSUNG	VIII
1. BEVEZETÉS.....	1
1.1. A KUTATÁS AKTUALITÁSA ÉS JELENTŐSÉGE.....	2
1.2. A KUTATÁS CÉLJA	3
1.3. KUTATÁSI KÉRDÉSEK	3
1.4. A DOLGOZAT FELÉPÍTÉSE	3
1.5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1. A PROJEKTHEZ KAPCSOLÓDÓ ALAPFOGALMAK ÉS JELLEMZŐK.....	5
2.1.1. Projekt definíciók összehasonlítása	6
2.1.2. Projekt típusok	8
2.2. A PROJEKTMENEDZSMENTHEZ KAPCSOLÓDÓ ALAPFOGALMAK ÉS JELLEMZŐK.....	11
2.2.1. A projektmenedzsment definíciói, feladata.....	11
2.2.2. A projektmenedzsment tulajdonságai.....	13
2.2.3. Projekt(menedzsment) életciklus modellek és fázisok	14
2.3. A PROJEKTTERVEZÉS KIEMELT SZEREPE	17
2.3.1. A projekttervezés feladata, problémái.....	18
2.3.2. A projektek tervezhetősége.....	19
2.4. PROJEKTTERVEZÉS „HAGYOMÁNYOS” MÓDSZEREKKEL	23
2.4.1. Logikai tervezés „hagyományos” módszerekkel.....	24
2.4.2. Időtervezés és ütemezés „hagyományos” módszerekkel	31
2.4.3. Erőforrástervezés „hagyományos” módszerekkel	35
2.4.4. Költségtervezés „hagyományos” módszerekkel	37
2.5. PROJEKTTERVEZÉS „AGILIS” MÓDSZEREKKEL	38
2.5.1. Az agilis menedzselésű projektek és jellemzőik.....	38
2.5.2. Szoftverfejlesztési modellek logikai tervezése	44
2.6. PROJEKTTERVEZÉS MÁTRIX-ALAPÚ MÓDSZEREKKEL.....	49
2.6.1. Logikai tervezés mátrix-alapú módszerekkel	49
2.6.2. Ütemezés, erőforrás- és költségtervezés mátrix-alapú módszerekkel	60
2.7. A SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS ÖSSZEFOGLALÁSA.....	61

3. EGY ÚJ PROJEKTTERVEZÉSI MODELL: A PROJEKT SZAKÉRTŐI MÁTRIX (PEM)...	63
3.1. A PEM FELÉPÍTÉSE	65
3.1.1. A PEM elemeinek lehetséges értékei.....	66
3.1.2. A PEM-mátrix értékeinek meghatározási módjai	68
3.1.3. A PEM-mátrix elemeihez kapcsolódó definíciók.....	71
3.1.4. A PEM-mátrix kiegészítése logikai operátorokkal.....	73
3.1.5. A PEM megjelenítése gráf formában	73
3.1.6. A kiterjesztett PEM-mátrix	75
3.1.7. Eredményeim összefoglalása, következtetés.....	76
3.2. A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK MEGHATÁROZÁSA	77
3.2.1. Lehetséges projektváltozatok meghatározása	79
3.2.2. Lehetséges projektstruktúrák meghatározása	88
3.2.3. Eredményeim összefoglalása, következtetés.....	96
3.3. A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK SORBARENDEZÉSE	96
3.3.1. Projektváltozat és projektstruktúra sorbarendező módszer	97
3.3.2. Agilis projektütemező módszer.....	109
3.3.3. A PEM-hez kapcsolódó algoritmusok és alkalmazások összehasonlítása.....	118
3.3.4. Eredményeim összefoglalása, következtetés.....	121
3.4. TÖBBSZINTŰ PROJEKTTERVEZÉSI MÓDSZER.....	121
3.4.1. A Multiprojekt Szakértői Mátrix.....	122
3.4.2. Eredményeim összefoglalása, következtetés.....	124
4. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA.....	125
4.1. TÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA	125
4.2. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA, TOVÁBBI KUTATÁSI TERÜLETEK	128
4.2.1. A PEM-mátrix összeállítása vállalati projektek alapján.....	129
4.2.2. A kutatás eredményeinek alkalmazása egy esettanulmányra	132
4.2.3. A kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazása egy vállalati példára	138
4.2.4. A kutatás eredményeinek alkalmazása multiprojektek tervezése esetén	146
4.2.5. További kutatási irányvonalak	149
4.3. ÖSSZEGZÉS.....	150
5. IRODALOMJEGYZÉK.....	151
6. MELLÉKLETEK	I
6.1. A SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ MELLÉKLETEK	I
6.2. A „PGRAMAIN.M” PROGRAM EREDMÉNYE AZ ADOTT PÉLDÁRA	XV
6.3. AZ MPPGA ALKALMAZÁS RÖVID BEMUTATÁSA.....	XVI
6.4. FOGLALOMTÁR.....	XVII

ÁBRAJEGYZÉK

1-1. ábra: A disszertáció felépítése	4
2-1. ábra: Az idő/költség/minőség háromszöge	7
2-2. ábra: A projektek csoportosítása komplexitás és újszerűség alapján.....	8
2-3. ábra: „Módszertanilag homogén projektfajták”	9
2-4. ábra Multiprojekt menedzsment környezet.....	12
2-5. ábra: Az öt projektmenedzsment életciklus modell.....	16
2-6. ábra: A projektmenedzsment tervezési szintjei	18
2-7. ábra: Cél-módszer mátrix alapján projekttypusok meghatározása	21
2-8. ábra: A hagyományos és az agilis projekttervezés összehasonlítása	22
2-9. ábra: A projekttervezés folyamata „hagyományos” projekteknel.....	23
2-10. ábra: A szoftverfejlesztési modellek összefoglaló ábrája	44
2-11. ábra: Az egyedi szoftverfejlesztés folyamata	45
2-12. ábra: A standard szoftver fejlesztési folyamata	46
2-13. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata vízszintes modellel	46
2-14. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata spirál modellel	47
2-15. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata V-modell alapján	47
2-16. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata programnövesztési modellel	48
2-17. ábra: A gráf megjelenítése adjacencia- és incidenciamátrixszal.....	49
2-18. ábra: A DSM-mátrixok osztályozása	54
2-19. ábra: A négy lehetséges kapcsolattípus tevékenység-alapú DSM esetén	55
2-20. ábra: Az SNPM-módszer reprezentálása	60
3-1. ábra: A Projekt Szakértői Mátrix (PEM)	65
3-2. ábra: A PEM-mátrix determinisztikus megoldása	66
3-3. ábra: Lehetséges tevékenység előfordulások és lehetséges kapcsolatok megjelenítése „X”- és „?”- jelek, illetve 0 és 1 közötti számok feltüntetésével	68
3-4. ábra: A Projekt Szakértői Gráf (PEG)	74
3-5. ábra: Projekt Szakértői Gráf időadatokkal	74
3-6. ábra: Példa a kibővített PEM-mátrixra (ePEM).....	75
3-7. ábra: A feladathoz tartozó bináris fa, valamint a lehetséges tevékenységek hatványhalmaza.....	82
3-8. ábra: A kiinduló PEM-mátrix értékei	86
3-9. ábra: A PEM átlójához készített tömbök és a bináris tevékenységkombinációk	86
3-10. ábra: A PEM alapján készített első projektváltozat MATLABban.....	87
3-11. ábra: A lehetséges kapcsolatok ábrázolása hatványhalmaz segítségével	91
3-12. ábra: A PEM-mátrix 1. projektváltozatának 1. struktúrája MATLABban.....	93
3-13. ábra: PEM-mátrix számértékekkel	100
3-14. ábra: A példához tartozó kibővített ePEM-mátrix	103
3-15. ábra: A „scenario.m” és „structure.m” programok eredményének szemléltetése	108
3-16. ábra: A „pgramain.m” program eredményeinek szemléltetése.....	109
3-17. ábra: A MoSCoW-elemzés kategóriáihoz rendelt értékek.....	110
3-18. ábra: A PEM-mátrixhoz tartozó legnagyobb megvalósulási értékű projektváltozat (SNPM) és az ahhoz tartozó legnagyobb bekövetkezési értékű projektstruktúra (DSM)	116
3-19. ábra: A Multiprojekt Szakértői Mátrix	123
4-1. ábra: A tézisek összefoglalása	127
4-2. ábra: A projektek (A-G) során előforduló fázisok gyakorisága.....	130
4-3. ábra: A szoftverfejlesztési projektek általános modellje	130
4-4. ábra: A szoftverfejlesztési projekt (H) kiinduló terve.....	131
4-5. ábra: A szoftverfejlesztési projekt általános modellje	131
4-6. ábra: A “kiadási ciklus” tevékenységei	132
4-7. ábra: A lehetséges tevékenységek és kapcsolatok megjelenítése tevékenység-nyíl hálótérként	134
4-8. ábra: A lehetséges tevékenységek és kapcsolatok megjelenítése tevékenység csomópontú hálótérként	135
4-9. ábra: A számítógépes információs rendszer kiépítése projekt PEM-mátrixa	136
4-10. ábra: A “cloud infrastruktúra kialakítása” projekt eredeti projektterve	138
4-11. ábra: A “cloud infrastruktúra kialakítása” projekt PEM-mátrixa	139
4-12. ábra: A projektváltozatokhoz tartozó fontossági értékek és költségigények	141
4-13. ábra: A legnagyobb fontosságú projektváltozat projektstruktúráihoz számolt értékek	142
4-14. ábra: A “cloud infrastruktúra kialakítása” projekt optimális megoldásának DSM-mátrixa (1.15). 143	

4-15. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt optimális megoldásának DSM-mátrixa (1.16).	143
4-16. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt optimális terve (1.15) MS Projectben	144
4-17. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt optimális terve (1.16) MS Projectben	144
4-18. ábra: A 3. projektváltozat lehetséges struktúráihoz tartozó értékek megjelenítése a PGRA-alkalmazás cellatömbjei által	145
4-19. ábra: A célfüggvénynek és korlátozó feltételeknek megfelelő optimális megoldás	145
4-20. ábra: A vállalat egyes multiprojektjei	146
4-21. ábra: A logisztikai multiprojekt részprojektjeinek kapcsolódása (vállalati adatok alapján)	147
4-22. ábra: Multiprojekt-mátrix, amely az összes részprojektet tartalmazza	147
4-23. ábra: l(M)PEM a logisztikai multiprojekt esetében	147
4-24. ábra: l(M)PEM redukált változata	148
4-25. ábra: l(M)PEM részprojektek kapcsolati vizsgálatához alkalmazott logikai operátorok	148
4-26. ábra A redukált logisztikai multiprojekt részprojektjeinek kapcsolata	148
6-1. ábra Corsten (2000) projektmenedzsment fázisai	ix
6-2. ábra A létesítménymegvalósítási projekt életciklusa Görög (2001;2003) szerint.....	ix
6-3. ábra: Bender (2010) projektmenedzsment folyamatmodellje	x
6-4. ábra: A projektélelciklus fázisai a Method123 (2003) szerint	x
6-5. ábra: A mátrix-alapú projekttervezési genetikus algoritmus (MPPGA) folyamatábrája	xvi

TÁBLÁZATJEGYZÉK

2-1. táblázat: A projektmenedzsment meghatározása	12
2-2. táblázat: Projekt(menedzsment) életciklus modellek és fázisok	15
2-3. táblázat: Projektmenedzsment kategóriák cél-megoldás tekintetében	19
2-4. táblázat: A projektmenedzsment megközelítések összehasonlítása	20
2-5. táblázat: A MoSCoW-elemzés kategóriái.....	25
2-6. táblázat: A logikai tervezésre alkalmas módszerek összehasonlítása	28
2-7. táblázat: A hálótervezési technikák csoportosítása	29
2-8. táblázat: Hálótípusok, hálófajták összehasonlítása	30
2-9. táblázat: Időtervezési, ütemezési módszerek összehasonlítása	32
2-10. táblázat: A legelterjedtebb hálótervezési módszerek áttekintése	33
2-11. táblázat: A projekt költségeinek csoportosítása	37
2-12. táblázat: A projektmenedzsment és szoftverfejlesztési életciklus modellek csoportosítása	41
2-13. táblázat: Az agilis módszerek jellemzői, előnyei és hiányosságai	42
2-14. táblázat: A DSM-módszer gyakorlati alkalmazási területei	51
2-15. táblázat: Kapcsolatok jelölése DSM-mátrixban.....	51
2-16. táblázat: Elemek (topologikus) sorba rendezése.....	52
2-17. táblázat: Elemek átrendezése, körfolyamatok detektálása	53
2-18. táblázat: DSM típusok összehasonlítása	54
2-19. táblázat: A különböző DSM-típusokhoz tartozó publikációk összesítése	55
2-20. táblázat: Különböző projektek esetén használható módszerek	61
3-1. táblázat: Az előző PEM-mátrix megjelenítése más módszerek segítségével.....	67
3-2. táblázat: PEM-mátrix készítése korábbi, hasonló projekttervek alapján	69
3-3. táblázat: PEM-mátrix készítése korábbi, hasonló projekttervek alapján	70
3-4. táblázat: A kapcsolaterősségek megjelenítése mátrix és gráf formában	72
3-5. táblázat: A tevékenység előfordulások megjelenítése mátrix és gráf formában	73
3-6. táblázat: A logikai műveletek megnevezése, jelölése és értelmezése	73
3-7. táblázat: A projekt szakértői mátrix kiterjesztése	75
3-8. táblázat: Különböző tervezési eljárások összehasonlítása	76
3-9. táblázat: A Projekt Szakértői Mátrix által meghatározható lehetséges megoldások	78
3-10. táblázat: A lehetséges projektváltozatok meghatározása	79
3-11. táblázat: A lehetséges projektváltozatok meghatározása egy példán keresztül	83
3-12. táblázat: Az algoritmusok bemutatása során használt definíciók rendszerezése	84
3-13. táblázat: A PEM-mátrix lehetséges projektváltozatai (tevékenységkombinációi).....	87
3-14. táblázat: A lehetséges projektstruktúrák meghatározása és ábrázolása mátrix és gráf formában	88
3-15. táblázat: Az egyes projektváltozatokhoz az összes lehetséges projektstruktúra meghatározása	90
3-16. táblázat: Az 1. projektváltozathoz tartozó projektstruktúrák	94

3-17. táblázat: A PEM-mátrix többi projektváltozatához tartozó projektstruktúrák	95
3-18. táblázat: A projektváltozatok megvalósulási valószínűségei (P) és fontosságai (Q)	100
3-19. táblázat: A projektstruktúrák bekövetkezési valószínűségei (p) és fontosságai (q) a PEM alapján	101
3-20. táblázat: A projektstruktúrák bekövetkezési valószínűségei és fontosságai az SNPM-ek alapján	102
3-21. táblázat: A lehetséges projektstruktúrák idő- és erőforrásszükségei	104
3-22. táblázat: A példához tartozó lehetséges projektstruktúrákhoz számolt értékek (ePEM alapján)	105
3-23. táblázat: A MATLAB programok méretének összehasonlítása	107
3-24. táblázat: Az APS-módszer lépéseinek bemutatása, optimális megoldás meghatározása	113
3-25. táblázat: Optimális projektstruktúrák különböző korlátok esetén	117
3-26. táblázat: Különböző megoldások a PEM-mátrix különböző értékei alapján	118
3-27. táblázat: A bemutatott alkalmazások összehasonlítása	119
3-28. táblázat: Az alkalmazások eredményeinek összehasonlítása korlátok nélkül	119
3-29. táblázat: Az alkalmazások eredményeinek összehasonlítása korlátokkal	120
4-1. táblázat: A kutatásom eredményeihez kapcsolódó publikációk gyűjteménye	129
4-2. táblázat: Az esettanulmányhoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra összehasonlítása	137
4-3. táblázat: A projektváltozatokhoz tartozó értékek a bizonytalan tevékenységek alapján	140
4-4. táblázat: A lehetséges projektstruktúrákhoz tartozó értékek az 1. projektváltozat bizonytalan kapcsolatai alapján	141
6-1. táblázat: A projektek tulajdonságainak összefoglalása	i
6-2. táblázat: A projekt definíciók elemzése Madauss (2000: 524.o.) táblázatának továbbgondolásával ...	ii
6-3. táblázat: Projektek és folyamatok összehasonlítása	vi
6-4. táblázat: Projektek tipologizálása különböző szempontok szerint	vii
6-5. táblázat: Projektek tipologizálása szerzők szerint	viii
6-6. táblázat: A legismertebb hálótervezési módszerek kialakulása	x
6-7. táblázat: A GERT-módszer során alkalmazott jelölések	x
6-8. táblázat: Hálótervezési módszerek összehasonlítása	xi
6-9. táblázat: A szoftverfejlesztési modellek összehasonlítása	xii
6-10. táblázat: A szoftverfejlesztési modellek megjelenítése 2-13. táblázat	xiv
6-11. táblázat: A PEM-mátrixhoz tartozó összes SNPM- és DSM-mátrix	xv

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

Dolgozatomban a projektek tervezésére fókuszálok, pontosabban a tervezéshez, kiemelten a logikai tervezéshez kapcsolódó módszertani lehetőségeket vizsgálom. A projektek csúszását sok esetben nem az ütemezés vagy erőforrástervezés területén lehetne megakadályozni, kezelni, hanem a logikai tervezés területén, amelynek során eldönthető, hogy milyen feladatokat, tevékenységeket végezzenek el a projekt során, továbbá ezek sorrendje is befolyásolható. A logikai tervezés jelenti a projekttervezés alapját, emiatt nagyon fontos ezzel a területtel foglalkozni.

Ahogy a szakirodalmi áttekintésben olvasható, projekttervezéshez kapcsolódóan számos módszer létezik, azonban ezek elsősorban idő- és erőforrástervezésre használhatók. Ezzel szemben kimondottan logikai projekttervezéshez mindössze néhány technika áll rendelkezésre, azok is csak részlegesen.

Az általam kidolgozott Projekt Szakértői Mátrix (angol rövidítése alapján PEM) alkalmas projektek logikai tervezésére. A dolgozatban bemutatom,

- hogyan állítható össze a logikai tervezés alapját képező PEM-mátrix;
- hogyan lehetséges korábbi, hasonló jellegű projektekből származó tapasztalatok, projektsablonok tárolása egyetlen mátrixban;
- milyen más lehetőségek léteznek a mátrix elkészítésére;
- a projekt során elvégzendő tevékenységek és kapcsolatok hogyan kategorizálhatók,
- illetve milyen értékek rendelkeznek hozzájuk.

A mátrixban levő lehetséges tevékenységek és lehetséges kapcsolatok alapján különböző projekttervek képezhetők. A lehetséges megoldásokhoz költség-, idő- és erőforrásigények számolhatók, amelyek figyelembevételével a projekt vezetője, szakértője kiválaszthatja a számára leginkább megfelelő projektterveket. Agilis tervezésű projektek esetén többféle korlát is létezhet, ezért a korlátokat nem túllépő, célfüggvénynek megfelelő optimális logikai projekttervet kell meghatározni, majd ez alapján elvégezhető az ütemezés és erőforrástervezés.

ABSTRACT**„Matrix-based logical planning framework for projects“**

In this dissertation I focus on the planning phase of projects, with special care for the methods relevant for logic planning. Project delays in many cases are avoidable not at the scheduling or resource planning phase but at logic planning. Logic planning is the basis of project planning as it specifies what tasks, in which order and how to be realized during the project. This is the reason why this field of research is so important.

There are several methods available for project planning which are presented in the literature overview, however these were developed mostly for time and resource planning. In contrast there are only few techniques in existence designed specially for logic planning, and they only provide partial solutions.

During my research I have developed the Project Expert Matrix (PEM) method which serves as a flexible logic planning technique for handling the uncertainty of the project tasks and the relation between tasks as well. In this dissertation I describe

- how to define a PEM matrix that will be the basis of the logic planning;
- how to store the experience and templates of prior, similar projects in a matrix;
- what other options are there for matrix creation;
- how to classify the tasks and the relations and finally,
- what kind of values can be assigned to them in the cells of the PEM matrix.

Due to the possibility of working with uncertain tasks and relations several different project plans can be generated from the matrix. These solutions can be ranked according to the cost, time and resource need of each plan. The project manager can choose the project plan that is the best one for his/her claim. At agile project planning different constraints can exist, all of which have to be taken into consideration. The objective function is to determine the optimal logic plan for the project that fits the constraints. Then the scheduling and resource planning of this solution can be carried out.

ZUSAMMENFASSUNG

„Matrix-basierte logische Planungsmethode für Projekten“

Der Leitfaden meiner Dissertation ist die methodologische Unterstützung der logischen Projektplanung. In den meisten Fällen ist die Verspätung nicht auf den Gebieten Terminierung oder Ressourcenplanung zu behindern, sondern mit Hilfe der logischen Planung. Im Laufe dieses Prozesses kann man entscheiden, welche Aufgaben und Tätigkeiten erledigt werden sollen; gleichermaßen ist deren Reihenfolge zu beeinflussen.

Die Grundlage der Projektplanung bedeutet die logische Planung, deshalb ist nach meiner Meinung von so großer Wichtigkeit, dieses Gebiet hervorzuheben.

Wie es im fachliterarischen Resümee erwähnt wurde, gibt es zahlreiche Methode im Zusammenhang der Projektplanung, diese sind aber vorwiegend für Zeit- und Ressourcenplanung geeignet. Demgegenüber kann man ausgesprochen für logische Projektplanung lediglich einige Techniken verwenden, auch diese aber nur teilweise.

Die Projekt-Experte-Matrix (PEM), was ich entwickelt habe, ist geeignet für solche Zwecke. In meiner Arbeit präsentiere ich,

- wie die PEM-Matrix zusammengestellt werden kann, die die Grundlage der logischen Planung bedeutet;
- wie die aus früheren, ähnlichen Projekten stammenden Erfahrungen, Projektschablonen in einer Matrix gespeichert werden können;
- mit welchen weiteren Methoden die Matrix gefertigt werden kann;
- wie die während der Projekt zu erledigenden Tätigkeiten und Beziehungen kategorisiert werden können;
- und schließlich welche Werte dazu geordnet werden können.

Auf Grund der in der Matrix existierenden möglichen Tätigkeiten und Beziehungen kann man vielfältige Projektpläne zurechtfertigen. Zu den betroffenen Lösungen können Kosten-, Zeit- und Ressourcenbedürfnisse gezählt werden. Mit deren Hilfe kann der Projektmanager oder der Experte einen oder mehrere der im größten Maße für seinen/ihren Zweck geeigneten Projektpläne auswählen.

In dem Fall der agil geplanten Projekte kann z. B. zeitliches oder auf Kraftquelle beziehendes Limit erscheinen, deshalb soll man einen optimalen logischen Projektplan bestimmen, der dieses Limit nicht überschreitet und der Zielfunktion angemessen ist. Danach kann man die Terminierung und die Ressourcenplanung durchführen.

1. BEVEZETÉS

*„Az élet olyan, mint egy doboz bonbon.
Nem tudhatod, mit veszel belőle.”*

(a Forrest Gump c. filmből)

Ahogy a fenti idézet is mutatja, az élet tele van bizonytalansággal. Ez igaz a projektek tervezésére és végrehajtására egyaránt. A bizonytalansággal azonban lehet, sőt kell is számolni, figyelembe kell venni a projektek tervezése során, különösen a logikai tervezéskor. Erre irányul doktori kutatásom.

Projektmenedzsment tárgy keretében ismerkedtem meg a manapság sokszor és sokféleképpen értelmezett fogalommal, a projekttel. Sajnos számos esetben helytelenül alkalmazzák ezt a kifejezést feladatok, tevékenységek, folyamatok megnevezéseként, ezért dolgozatomban igyekszem tisztázni, mi is tekinthető projektnek. Könnyen belátható, hogy a projekt életciklusának kiemelt része a tervezés, hiszen a tervek jelentősen megkönnyítik a projekt végrehajtását, hozzájárulnak a projekt kezdetén kitűzött célok teljesítéséhez, a felmerülő korlátok betartásához. A projekt fajtájától, típusától függően szükséges a tervezési módszerek, technikák megválasztása. Szervezési technikák tanórán ismerkedtem meg a projekttervezés alapjául szolgáló hálótervezési módszerekkel, valamint az erőforrásterhelési diagrammal, amelyek nagyon hasznosak a projektek tervezése során, azonban – ahogy dolgozatomban rávilágítok – nem minden esetben használhatók.

Egyre több projektet kezelnek a hagyományos helyett agilis megközelítés szerint. Ennek következményeként egyes tevékenységek esetén többféle végrehajtási sorrend is elképzelhető; a költségvetés, idő- és/vagy erőforráskorlátok túllépése esetén a projekt szempontjából legkevésbé fontos funkciókat, tevékenységeket szükség esetén el kell hagyni a tervből. Az ilyen jellegű logikai tervezési problémák támogatására dolgoztam ki az általam javasolt mátrix-alapú módszert és kapcsolódó algoritmusait. Segítségükkel kezelhető a tevékenységek és rákövetkezések bizonytalansága, továbbá a lehetséges értékekből képezhető megoldások meghatározhatók, és a projekt vezetője kiválaszthatja a számára leginkább megfelelőt. A módszer segítségével lehetőség van a projektterv egyszerű nyomonkövetésére, átgondolására is, ugyanis a mátrixból elhagyhatók, vagy a mátrixhoz adhatók további tevékenységek, átgondolhatók a tevékenységekhez és kapcsolatokhoz rendelt értékek a projektről szerzett információk alapján.

1.1. A kutatás aktualitása és jelentősége

Az ütemezéshez, erőforrás- és költségtervezéshez számos módszer áll rendelkezésre, azonban mindezekhez az alapot biztosító logikai tervezés támogatottsága hiányos. Kutatásom ennek a hiányosságnak a pótlására irányul, egy újfajta projekttervezési szemlélet megteremtését célozza meg. Úgy vélem, hogy a projekttervezés, valamint a projekt nyomonkövetése során felmerülő problémák jelentős része orvosolható a logikai tervek átgondolásával. Például egy idő- és erőforráskorlátokkal rendelkező projekt esetén nem mindegy, hogy milyen sorrendben teljesítik a tevékenységeket, ugyanis a párhuzamosítással az átfutási idő csökkenthető, ugyanakkor több erőforrást igényel, míg soros végrehajtás esetén ugyan kevesebb erőforrásra van igény, de hosszabb ideig tart. Számos esetben csak a projekt végrehajtása során derül ki, hogy melyik megvalósítási mód a megfelelő, ezért célszerű lenne már a tervezés során feltüntetni mindkét végrehajtási módnak az esélyét, lehetőségét (természetesen ez nem minden esetben kivitelezhető, vannak egymástól független, illetve egymásra épülő tevékenységek, melyek esetén egyértelmű a végrehajtási sorrend). A gyakorlatban elterjedt technikák segítségével mindössze egyetlen végrehajtási sorrend jeleníthető meg egyidőben (létezik egy módszer (Pritsker, 1966), amely akár alkalmazható lenne többféle végrehajtási sorrend megjelenítésére, azonban bonyolultsága miatt nem terjedt el).

Ha informatikai (IT) és kutatás-fejlesztési (K+F) projektekben gondolkodunk, nem nehéz találni olyan példát, amikor a projektre szánt költségvetés szűkössége miatt újra kellett gondolni a terveket, és a módosítások során néhány tevékenységet, feladatot el kellett hagyni, vagy jobb esetben későbbre kellett halasztani. Az ilyen tevékenységek kiválasztása, vagyis az elvégzendő feladatok értékelése, fontosságuk meghatározása a meglévő módszerek segítségével csak részlegesen kivitelezhető, ahogy a későbbiekben rávilágítok, döntéseket lehet ugyan kezelni, de nem lehet összehasonlítani egymással a projekt tevékenységeit.

Nemcsak IT és K+F jellegű projektek esetén használhatók nehézkesen a meglévő módszerek. Például építési, kivitelezési projektek esetén is hasznos lenne egy rugalmasabb tervezési módszer, hiszen ilyen jellegű projekteknél is szembetalálkoznak a kivitelezők a rosszul megszabott határidőkkel vagy költségvetéssel, és dönteniük kell a projekt további sorsáról. Ilyenkor fordul elő, hogy mivel nem hagyhatnák ki egy építés során egy fontos lépést, ezért igyekeznek valahogy máshogy megoldani a feladatot. Ilyen megoldás lehet például olcsóbb alapanyagok felhasználása, tevékenységek gyorsítása, amelyek mind a kivitelezés minőségét ront(hat)ják. Ilyen esetben is hasznos lenne egy rugalmasabb tervezési módszertan a problémák kezelésére, vagy akár megelőzésére.

Az előbbiekben részletezett, a logikai tervezés alapjait képező problémák megoldására keresem a választ a dolgozatomban, amelyhez egy új módszertan kidolgozása jelentheti a kulcsot. A projekttervezésben előforduló további problémák, mint például az idő-, erőforrás- és költségtervezés is befolyásolható a logikai tervek rugalmassága révén, ezért ezzel a területtel kiemelten érdemes foglalkozni.

1.2. A kutatás célja

Az előbbieken leírtak alapján megfogalmazható dolgozatom célja és feladata. Kutatásom célkitűzése egy *új, általános módszer* kidolgozása, amely egyaránt alkalmas *hagyományos* (például építési, infrastrukturális) és *agilis* (például szoftverfejlesztési, termékfejlesztési) *projektek logikai tervezésének és ütemezésének támogatására* alapot jelentve a projekt idő-, erőforrás- és költségtervezésének továbbgondolásához. A módszer kidolgozásánál cél volt, hogy tegye lehetővé *korábbi sikeres tapasztalatok felhasználását* a későbbiek során ezáltal biztosítva a szervezet folyamatos tanulási lehetőségét, továbbá képes legyen egyetlen modellben *megjeleníteni* a projekt *lehetséges tevékenységeit* és a tevékenységek közötti *lehetséges kapcsolatokat*. Elvárás volt, hogy a módszer segítségével a lehetséges értékek alapján *különböző megoldások, logikai tervek* legyenek képezhetők, amelyek közül a projektmenedzser választhat az igényei alapján.

1.3. Kutatási kérdések

A célkitűzés alapján megfogalmaztam a kutatási kérdéseimet, amelyekre a dolgozatomban keresem a válaszokat.

K1: Megalkotható-e egy olyan *logikai tervezési keretrendszer*, amellyel *korábbi hasonló projekttervek, projektsablonok egy modellben* ábrázolhatók?

K2: Létrehozható-e egy olyan logikai tervezési módszer, amelynek felhasználásával *valamennyi lehetséges projektterv* megadható, ezáltal meghatározható a projektek logikai tervezése során az elvégzendő tevékenységek összes lehetséges végrehajtási sorrendje?

K3: Megalkotható-e egy olyan egységes projekttervezési keretrendszer, amellyel *a hagyományos és az agilis projektek logikai tervezése* is megvalósítható oly módon, hogy lehetővé teszi azon *tevékenységek* meghatározását, amelyeket az adott projektben *mindenképpen végre kell hajtani*, illetve azon tevékenységek is meghatározhatók, amelyek *elhagyhatók* a projektből, ha az erőforrások (idő, költség, munkaerő, berendezések, eszközök, stb.) korlátozottan állnak rendelkezésre?

1.4. A dolgozat felépítése

Az 1-1. ábra tömören és lényegretörően ábrázolja a disszertáció felépítését, struktúráját a könnyebb áttekinthetőség érdekében. A bevezetés után olvasható a témához kapcsolódó szakirodalmi összefoglaló kiemelve a legfontosabb területeket a projektek tervezése során. A következő fejezet pedig a dolgozat kutatását ismerteti, egy új, rugalmasabb, széleskörben alkalmazható, mátrix-alapú módszertan, valamint a rá épülő algoritmusok bemutatását tartalmazza a projektek logikai tervezésének támogatása érdekében.

1. BEVEZETÉS	
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS 2.1. A projekthez kapcsolódó alapfogalmak és jellemzők 2.2. A projektmenedzsmenthez kapcsolódó alapfogalmak és jellemzők 2.3. A projekttervezés kiemelt szerepe 2.4. Projekttervezés „hagyományos” módszerekkel 2.5. Projekttervezés „agilis” módszerekkel 2.6. Projekttervezés mátrix-alapú módszerekkel 2.7. A szakirodalmi áttekintés összefoglalása	3. EGY ÚJ PROJEKTTERVEZÉSI MODELL: A PROJEKT SZAKÉRTŐI MÁTRIX (PEM) 3.1. A PEM felépítése 3.2. A lehetséges megoldások meghatározása 3.3. A lehetséges megoldások sorbarendezése 3.4. Többszintű projekttervezési módszer 4. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA
5. IRODALOMJEGYZÉK	
6. MELLÉKLETEK	

1-1. ábra: A disszertáció felépítése

A 4. fejezet a doktori disszertációban ismertetett új tudományos eredményeket foglalja össze. A dolgozat zárásaként megtalálható a szakirodalmi összefoglalóban előforduló hivatkozások gyűjteménye; legvégül pedig a mellékletek helyezkednek el.

1.5. Köszönetnyilvánítás

A kutatás lefolytatása és a dolgozat elkészítése során nyújtott folyamatos szakmai támogatás miatt köszönet illeti témavezetőmet, *Dr. Kosztyán Zsolt Tibort*, aki éveken keresztül ötleteivel, javaslataival segítette a kutatás alapjainak kidolgozását, valamint sokat tett a kutatás eredményeinek publikálása terén is.

Köszönetet szeretnék mondani a kutatás során nyújtott ötletekért, iránymutatásért a *Menedzsment Intézet munkatársainak*, akik háttérrel biztosítottak kutatómunkámhoz.

Köszönöm szeretteim és barátaim támogatását, akik mindvégig biztattak a dolgozat elkészítésére. Külön kiemelném párom, *Borbás István*; kollégám, *Hegedűs Csaba*; valamint barátaim, *Tuboly Gergely* és *Cserti Péter* segítségét, akik különösen sokat tettek a kutatás során kidolgozott módszerek szoftveres támogatottságának elkészítése érdekében.

A módszerek gyakorlatba ültetésének esettanulmánnyal való támogatása miatt köszönettel tartozok *Dr. Vas Zoltánnak* és *Spilák Viktornak* is.

A kutatás új irányvonalainak kijelölése, további lehetőségek felfedezése miatt *Németh Anikó* és *Simicza Andrea*, valamint *Németh Gábor* hallgatók is köszönetet érdemelnek.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A disszertációm szakirodalmi összefoglalójában a kutatási témám háttérét kívánom megalapozni azáltal, hogy ismertetem és összehasonlítom a legfontosabb alapfogalmakat, módszereket. Mindenekelőtt a 2.1. alfejezetben tisztázom, mit jelent a projekt kifejezés, hiszen a projektek állnak kutatásom középpontjában. Leírom, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, továbbá a szakirodalom alapján ismertetem, hogy milyen projekttypusok különíthetők el. A 2.2. alfejezetben azt írom le, hogy mit értenek projektmenedzsment alatt, milyen fázisokra osztható a projekt menedzselésének folyamata az egyes szakirodalmak szerint.

Kutatásom során a projektek tervezésére, tervezési fázisára fókuszálok, ezért a 2.3. alfejezetben körbejárom ezt a témát. Alátámasztom, miért fontos ezzel a területtel foglalkozni, milyen feladatokat kell elvégezni ezen fázis során. Bemutatom, hogy a különböző jellegű projektek, projekttypusok esetén milyen módszerek használhatók a tervezési fázis egyes szintjein a projekttypusok sajátosságainak figyelembevételével.

A következő fejezetekben a különböző projekttervezési megoldásokat ismertetem. Körbejárom a hagyományos (a 2.4. alfejezetben) és agilis (a 2.5. alfejezetben) módszertanok alkalmazhatóságát, illetve azok korlátait is, majd egy új, kevésbé ismert módszertan, a mátrix-alapú módszerek projekttervezéshez való felhasználási lehetőségeit vizsgálom (a 2.6. alfejezetben). Az egyes alfejezetek végén javaslatot teszek, hogy a bemutatott technikák milyen projekttypusok esetén alkalmazhatók. A dolgozatban elsősorban a logikai tervezésre helyezem a hangsúlyt – hiszen ez jelenti a későbbi tervek alapját –, kis mértékben foglalkozok időtervezéssel, érintőlegesen erőforrás- és költségtervezéssel is. A szakirodalmi feldolgozásból is látható, hogy míg az említett területeken számos módszer áll rendelkezésre, addig a logikai tervezés területén – különösen az agilis projektek kihívásainak megoldására – nem létezik megfelelő módszer, éppen ezért foglalkozok ezzel kutatásom során. A hiányosság pótlására javaslom a 3. fejezetben részletesen ismertetett módszeremet. A szakirodalmi feldolgozás összefoglalását tartalmazza a 2.7. alfejezet, amelynek végén az általam kidolgozott „modell” megalapozása érdekében említék néhány algoritmust.

2.1. A projekthez kapcsolódó alapfogalmak és jellemzők

Ebben az alfejezetben célom egy áttekintés nyújtása arról, mit jelent a projekt, mennyiben tér el az üzleti folyamatoktól. Ehhez először is az érintett szakirodalomban fellelhető projektdefiníciókat hasonlítom össze táblázatos formában, majd bemutatom a projektek és az üzleti folyamatok hasonlóságait, különbségeit, végezetül a projektek tipologizálására mutatok néhány példát, ugyanis, ahogy a későbbiekben olvasható, a projekt típusa meghatározza, hogy milyen tervezési módszert célszerű használni.

2.1.1. Projekt definíciók összehasonlítása

A projektmenedzser a projekt teljes életciklusa során űzi az idő-költség-teljesítmény háromszög "mágikus kombinációját".ⁱ

(Kerzner, 2009: 715.o.)

A projektdefiníciók kapcsán nem egységesek a vélemények. Számos különböző definíció született már (a hivatkozott definíciók a mellékletben találhatók a 6.1. alfejezetben). A projektek legfontosabb tulajdonságait, jellemzőit foglalja össze a mellékletben a 6-1. táblázat kiemelve az egyes szerzők újszerűségét a korábbi definíciókhoz képest, míg a 6-2. táblázatban a jellemzők előfordulása látható a különböző definíciókban.

A projekteket véleményem szerint Görög (2001: 32.o.) megfogalmazása alapján lehet leginkább definiálni, hiszen általánosságban a **projekt** minden olyan *egyszeri és megismételhetetlen* feladat, illetve annak végrehajtása, amely eltér egy szervezet szokásos, rutinjellegű napi tevékenységétől, valamilyen egyszeri *komplex* feladatot jelent a szervezet számára. A 6-2. táblázat alapján látható, hogy az előbbieket mellett fontos kiemelni a projektek *ideiglenes* létezését (a szervezeti változásokkal együtt), a *rögzített időtartamot*, valamint a rendelkezésre álló *erőforrások és pénzügyi keret korlátozottságát*, továbbá a projekt *célját*, ami egy egyedi feladat elvégzése, egyedi termék, szolgáltatás vagy eredmény létrehozása. A projekt az *egyediség* és *újszerűség* révén *bizonytalansággal* és *kockázatokkal* terhelt tevékenységsorozat.

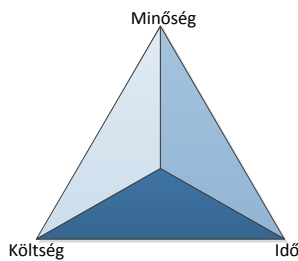
Lock (1998) és Schwalbe (2010) is az egyedi cél elérését, az újdonságot emeli ki a projekt fontos jellemzőiként, amely előre nem látható bizonytalanságot hordoz. Ugyanakkor Lock (1998) szerint lehetnek olyan projektek, amelyek azonos céllal rendelkeznek, azonban azok is legalább a körülményekben különböznek, hiszen ahogy a mellékletben található 6-3. táblázat összehasonlításából is látható, a projekteket alapvetően az egyediségük és a stratégiai fontosságuk különíti el a szokványos, operatív szintű folyamatoktól. Corsten (2000) szerint azonban a gyakorlat azt mutatja, hogy még a K+F projektek sem mindig olyan egyediek, mint ahogy feltételezhető lenne, hiszen például házépítési, vagy akár szoftverfejlesztési projektek során is találhatók hasonló feladatok, meghatározhatók olyan alapvető, átfogó feladatok, tevékenységek, amelyeket minden egyes hasonló projekt során el kell végezni. Emiatt lehetővé válik korábbi projektdokumentációk, projekttervek, projektsablonok felhasználása a tervezés során, ahogy Gareis és Stummer (2008) is megállapította.

Véleményem szerint csak akkor nevezhető valamilyen tevékenységsorozat projektnek, ha végigjárja menedzselése során az életciklus megfelelő fázisait (2.2.3. alfejezetben írok róla) a tervezéstől a végrehajtásig; vagyis amennyiben nem fordítanak kellő figyelmet a tervezésre, akkor nem hiszem, hogy helytálló a projekt megnevezés. Dolgozatomban a tervezési módszereket vizsgálom különös tekintettel a projektek logikai tervezésére. Kutatásom szempontjából elsősorban azok a projektek érdekesek,

ⁱ „The time-cost-performance triangle is the „magic combination” that is continuously pursued by the project manager throughout the life cycle of the project.” – saját fordítása

amelyek a bizonytalanságukból adódóan rugalmasabb, dinamikusabb tervezési módszert igényelnek, azonban a tervezés során rendelkezésre állnak korábbi, hasonló projektekből származó tapasztalatok, amelyek hozzájárulnak valamilyen szinten az adott projekt terveinek elkészítéséhez. A projektekhez kapcsolódó szakirodalomban számos módszer található, ezeket is igyekszem ismertetni a következő alfejezetekben alkalmazhatóságuk korlátait is kiemelve.

A hagyományos projekt a hármas peremfeltétel segítségével írható le, tehát a célként *elérendő eredménnyel*, teljesítménnyel (terjedelem, minőség, összetettség, működőképesség, stb.), a teljesítésre szánt *időtartammal* (határidő) és *költségkerettel* (erőforrások), amelyeket háromszög formában szokás ábrázolni (2-1. ábra). Mivel szoros összefüggésben állnak egymással, ha az egyikben változás történik, az kihatással van a másik kettőre. A három elsődleges cél számos kombinációja létezhet a szervezet stratégiájának függvényében. A „hármas korlát” mellett a keretfeltételek közé sorolhatók még a technikai és személyi feltételek is. (Görög, 1999, 2001; Kerzner, 2009; Litke, 2007; Lock, 1998; PMI, 2006a; Schwalbe, 2010; Wysocki, 2009)



2-1. ábra: Az idő/költség/minőség háromszöge
Forrás: (Hobbs, 2000: 9.o.)

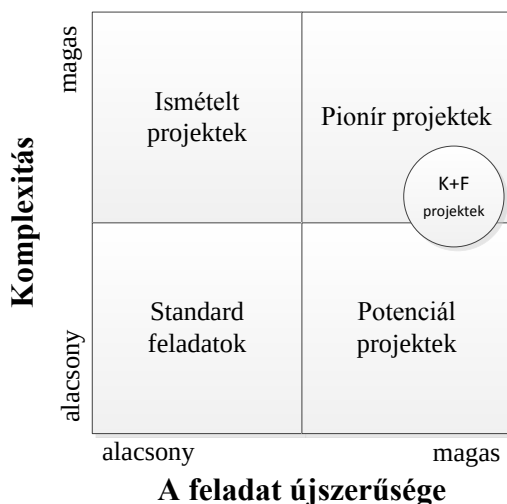
Bender (2010) a projektháromszöget gyakorlatiasabban, a projektmenedzser szemszögéből tekinti. A projekt célját emeli ki, amelynek eléréséhez szükség van munkára. A munka időt igényel, valamint az elvégzéséhez igénybe vett erőforrások finanszírozása pénzbe kerül. A munka, az erőforrások és a célok közötti egyensúly megtartása a projektmenedzser feladata. Hobbs (2000) is azt hangsúlyozza, hogy mindhárom alapvető tényező fontos, de sorrendjük projektenként eltérő. Például egy rendezvény megtervezésekor általában az idő a legfontosabb tényező. Ezzel szemben egyes projektek (például mérnöki vagy orvosi projektek) esetén a minőség a legfontosabb, hiszen a termékeknek meg kell felelniük bizonyos minőségi követelményeknek. A kereskedelmi projektek többségénél pedig a költség az elsődleges. (Hobbs, 2000)

A projekteket időtartammal, határidővel, valamint a költségkerettel lehet jellemezni. A projekt minőségét befolyásolják a projekt során elvégzett tevékenységek, feladatok, éppen ezért nagyon fontos valamilyen szempont alapján priorizálni őket, hogy például az előbbieken említett (idő- és költség-) korlátok megléte esetén a legfontosabbakat valósítsák meg először.

2.1.2. Projekttypusok

A projekteket különböző szempontok alapján többféle csoportra lehet osztani. Görög – Ternyik (2001) véleménye szerint szükség is van a projektek tipizálására azért, hogy a projektmenedzsment módszertani és technikai eszköztára alkalmazható legyen. A mellékletben a 6-5. táblázatban néhány csoportosítást ismertettek a szakirodalomhoz tartozó szerzők tipizálása alapján. A 6-4. táblázatban pedig az olvasható, hogy különböző szempontok szerint milyen projekttypusok képezhetők.

Ahogy látható a mellékletben elhelyezett táblázatokban, sokféleképpen csoportosíthatók a projektek. A tervezés szempontjából kétféle tipologizálást emelek ki. Corsten (2000) magas/alacsony újszerűségi fokkal rendelkező projekteket különít el. Ezzel szemben Litke (2007) kibővíti az egydimenziós felosztást, a projektben foglalt feladat komplexitása és újszerűsége alapján négy csoportot képez, megkülönböztet „pionír”, „potenciál”, „ismételt”¹ projekteket és standard feladatokat² (2-2. ábra).



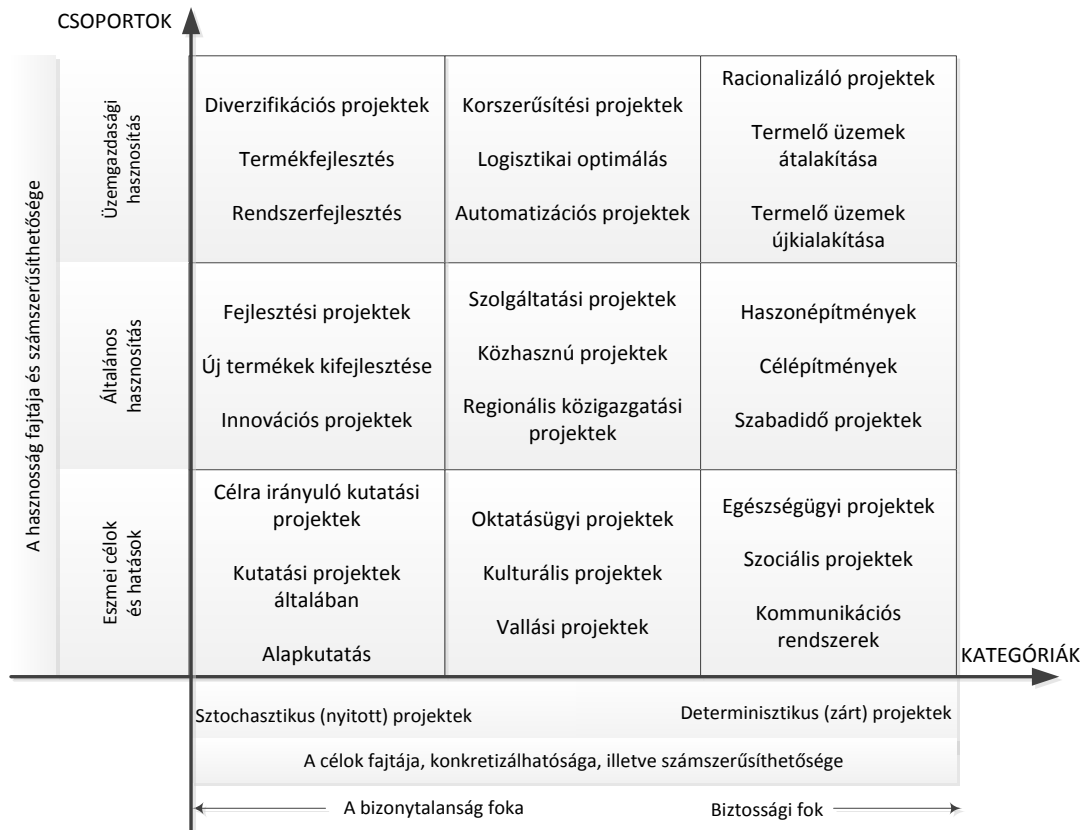
2-2. ábra: A projektek csoportosítása komplexitás és újszerűség alapján

Forrás: (Litke, 2007: 46.o.)

Litke (2007) kétdimenziós felosztásával szemben Turner (2009) egyediség és újszerűség szempontjából csoportosítja a projekteket. A „futók” („runners”) kategóriába sorolja a rutin jellegű folyamatokat, amelyek ismerősek a vállalat számára. Ez megfeleltethető a standard feladatoknak. A következő kategóriába azok az egész jól ismert projektek tartoznak, amelyek menedzseléséhez elérhető a szükséges tudás a szervezetenél. Ezeket Turner (2009) és Litke (2007) is „ismételt” projekteknek nevezi („repeaters”). Turner felosztása alapján a „strangers” kategóriába tartoznak azok a projektek, amelyekhez hasonlókat a szervezet már végrehajtott a múltban, tehát rendelkezésre állnak korábbi tapasztalatok, azonban a projektnek vannak ismeretlen elemei is, amelyek ezáltal teljesen újszerűvé teszik a projektet. Ezeken kívül lehetnek olyan projektek is („aliens”), amelyekhez még hasonlóval sem találkozott a szervezet, ezek különösen magas kockázatot hordoznak, így Turner (2009) szerint el kell gondolkodni rajta, hogy egyáltalán belekezdjenek-e a projektbe.

Az előbbieken ismertetett szerzők mindegyike kiemelte az újszerűséget. Véleményem szerint minél újszerűbb egy projekt, annál inkább bizonytalansággal terhelt, ezért érdemes tanulmányozni a 2-3. ábra egyes kategóriáit. A projekttypusok, projekt-fajták részletesebb, módszertani szempontú csoportosítása, az úgynevezett *projekt-fajtamátrix* látható az alábbi ábrán Aggteleky és Bajna (1994) szerzőpáros felosztása alapján.

Dolgozatom szempontjából a 2-3. ábra felosztása lehet talán a leghasznosabb, hiszen a bizonytalanság, illetve biztosság foka szerint különböző projekttypusok esetén különböző tervezési módszerek alkalmazására van szükség.



2-3. ábra: „Módszertanilag homogén projekt-fajták”

Forrás: (Aggteleky – Bajna, 1994: 140-175.o.)

A kiemelt tipológiáknál kritikaként elmondható, hogy nem egyértelmű a projektek besorolása, ugyanis nehéz megmondani egy adott projektről, hogy az mennyire újszerű, mennyire bizonytalan. Ez különösen akkor igaz, ha nincs viszonyítási alap, ha viszonylag kevés projekt jellemzi az adott szervezetet.

Ahogy a későbbi alfejezetekben olvasható, magasabb biztossági fokkal rendelkező (tehát kevésbé újszerű) projektek esetén célszerűbb a hagyományos projekttervezési technikákat használni; míg a nagyobb bizonytalansági fokkal rendelkezők (újszerűbb projektek) esetén inkább agilis projekttervezési módszerek alkalmazása hasznosabb. Ez utóbbi projektek tervezése komoly nehézséget okoz a tervezőknek és menedzsereknek, hiszen a rendelkezésre álló módszerek nem minden esetben használhatók megfelelően.

Egy vállalatnál nem csak egy projekt létezhet egy időben – sőt gyakran előfordul, hogy kapcsolat van az egyes, akár különböző jellegű projektek között –, egy nagy feladat megvalósításához több projekt párhuzamos megvalósítása is hozzájárulhat. A

különbségek tisztázása érdekében ismertetem a multiprojekt, a program és a projektporfólió definícióját.

A **multiprojekt** egy olyan összetett projekt, ami sok (kvázi független) részprojekt eredményeképpen jön létre (Gaál – Szabó, 2002). Ezzel szemben „A **program** egymással kapcsolatban álló projektek csoportja, amely projekteket egymással koordinált módon menedzselnek, olyan előnyök és irányítási lehetőségek elérése céljából, amelyek elérése a projektek elkülönült menedzselése esetén nem lenne lehetséges.” (Turner, 1992 in PMI, 2006a: 32.o.; PMI, 2006b: 4.o.) Egy program során végrehajtandó projektek két kulcsterület által kapcsolódhatnak: vagy egy közös, magas szintű cél megvalósításából veszik ki a részüket, vagy közös erőforrásokat használnak (Bender, 2010).

„A **portfólió** olyan projektek, programok és egyéb feladatok gyűjteménye, amelyeket azért foglalnak egy csoportba, hogy ezzel a munka hatékonyabb irányítását és a stratégiai üzleti tervek jobb teljesítését biztosítsák. A portfólió projektjei vagy programjai nem szükségképpen függetlenek egymástól, vagy kapcsolódnak közvetlenül egymáshoz.” (PMI, 2006a: 33.o., PMI, 2006b: 5-6.o.) A portfólió (egy szervezet projektjeinek, programjainak, 'alportfólióinak' és egyéb munkáinak halmaza egy adott időpontban) komponensei mérhetők, sorba rendezhetők, prioritások képezhetők köztük. (PMI, 2006c: 4.o.) Bender (2010) a prioritások problémáira hívja fel a figyelmet, ugyanis ha a projekteket sorba rendezik, akkor előfordulhat szűkös erőforrások és idő esetén, hogy egyesekről lemondanak, nem valósítják meg, vagy (jobb esetben) későbbre halasztják. Másik problémát jelenthet a prioritások folyamatos változása, például ha közbejön egy sürgős feladat, akkor azt sokszor más feladatok rovására végzik el. (Ahogy a későbbiekben olvasható, a hagyományos projekttervezési technikák nem használhatók sem projektek, sem pedig tevékenységek prioritizálására, ezáltal a prioritások változásának követésére sem.) Megoldást jelenthet, ha vezetői szinten döntenek arról, hogy mely projekteket preferálják, melyeket hagyják el a portfólióból. (A kutatásom modellje segítségével erre van lehetőség, ahogy a 3.1. alfejezetben be is mutatom.) A végrehajtói szinten már eszerint kell eljárni, majd a kiválasztást és ütemezést követően kerülni kell a fontossági sorrendjük gyakori újramegállapítását. (Bender, 2010) A felvetett probléma megoldására részben szolgálhat a 2.4.1. alfejezetben ismertetett módszer.

Gyakran gazdaságosabb a projektek csoportba foglalása, *programként* való kezelése; ilyenek például az informatikai infrastruktúra projektek, alkalmazásfejlesztési projektek, felhasználó támogató projektek. A projekt vagy program *portfólió* kialakítása a vállalat stratégiai (hosszútávú) céljait támogatja szemben az egyes projektek taktikai szintű (rövidtávú) céljaival. A teljes szervezethez egyetlen portfóliót hoznak létre, amelyet felbontanak programokra, projektekre. (Schwalbe, 2010)

Nem csak az az eset fordulhat elő, hogy több projektet vonnak össze a fentiek alapján, az is elképzelhető, hogy egy projektet bontanak jobban kezelhető összetevőkre, úgynevezett **alprojektek**re. A felbontás nem zárja ki, hogy az egyes alprojekteket projektként kezeljék. (PMI, 2006a: 33.o.)

2.2. A projektmenedzsmenthez kapcsolódó alapfogalmak és jellemzők

A projektmenedzsment először a mérnöki tudomány területén jelent meg. A modern projektmenedzsment kezdete 1941-re tehető. Az 1960-as években az amerikai Nemzetvédelmi Minisztérium kivitelezési és építési projektjei és programjai során dolgozták ki a projektmenedzsment eszköztárának alapjait. Idővel az elsősorban katonai és politikai célból létrejövő, elsősorban kutatás-fejlesztési projektek egyre inkább összetettek lettek, egyre több tudományterületet érintettek. (Litke, 2007; Görög, 1999; Kerzner, 2009)

A projektmenedzsment manapság már széles körben elterjedt, minden szakterületen jelen van, így például az információs rendszereknél, egészségügyben, tanácsadásnál, gyógyszeriparban, bankoknál és a kormányzati ügynökségeknél is. Amíg a '60-as években még a kvantitatív szemlélet uralkodott, különböző módszereket dolgoztak ki a projektek tervezésére, nyomonkövetésére, addig manapság már a hangsúly egyre inkább eltolódott az emberek irányába. Vannak úgynevezett „kemény” („hard-core”) területek, mint a tervezés, ütemezés és a controlling, amelyek azonban kvantitatív módszereket, eszközöket igényelnek. (Kerzner, 2009) Ez a kijelentés is alátámasztja a projekttervezési módszerek iránti igényt, azonban nem mindegy, hogy milyen jellegű, típusú projekt esetén milyen technikákat alkalmaznak a tervezésre, ütemezésre.

2.2.1. A projektmenedzsment definíciói, feladata

A projektmenedzsment kialakulásának és egyre szélesebb körben való elterjedésének ismertetése után a projektmenedzsment fogalmát, jelentését tisztázom. A 2-1. táblázat tartalmazza, hogy a szakirodalomban relevánsnak tekinthető szerzők a projektmenedzsment mely tulajdonságait, jellemzőit hangsúlyozták definícióikban, továbbá mit tekintenek projektmenedzsmentnek.

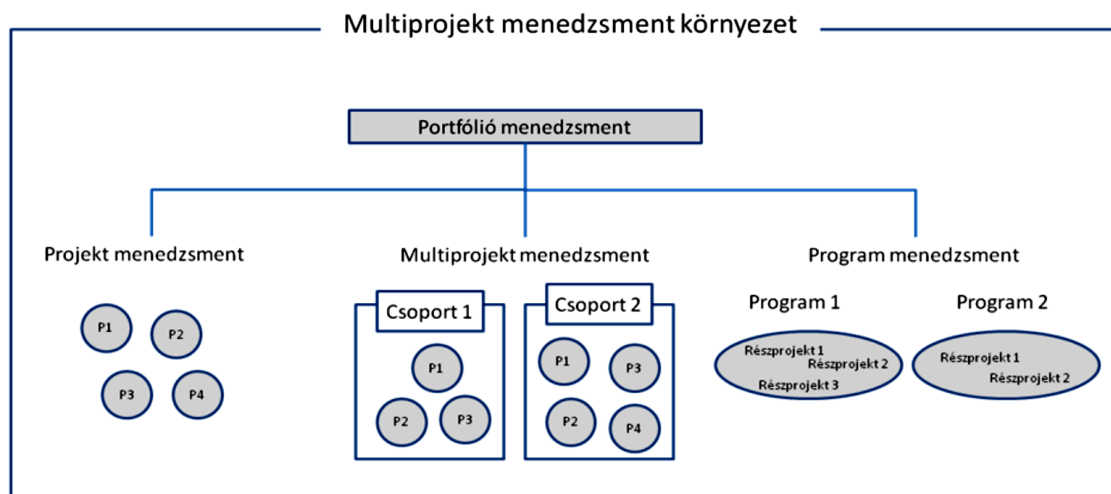
A 2-1. táblázatban a projektmenedzsment definíciók alapján kiemeltem a legfontosabb jellemzőit. A **projektmenedzsment** tulajdonképpen egy projekt teljes életciklusának nyomonkövetésére szolgál az ötlet felmerülésétől és a célok kitűzésétől a tervezésen, végrehajtáson át a projekt során létrehozott eredmény átadásáig, sok esetben még azt követően is (például üzemeltetési, karbantartási tevékenységek). A projekt menedzselése tervezési, szervezési, vezetési és irányítási feladatokat is tartalmaz, amelyekhez különböző eszközök és technikák alkalmazása szükséges.

A 2.2.2. alfejezetben röviden leírom a projektmenedzsment tulajdonságait, majd a 2.2.3. alfejezetben összevetem az egyes projekt(menedzsment) életciklus modelleket, ismertetem táblázatos formában a szerzők által meghatározott fázisokat, majd a 2.3. alfejezetben a kutatásom szempontjából fontos tervezési fázis jellemzőit mutatom be.

2-1. táblázat: A projektmenedzsment meghatározása

Szerző(k)	A projektmenedzsment jellemzői
Turner, 1993: 9-15.o.	a projekt során <i>elérni kívánt végeredmény megvalósításának folyamata</i> , ⁱⁱ ; a projekt öt céljának menedzselése a három alapvető szinten keresztül; a három dimenziója: ➢ <i>célok</i> : terjedelem, szervezet, minőség, költség, idő, kockázat menedzselése, ➢ <i>menedzsment folyamatok</i> : tervezés, szervezés, végrehajtás, irányítás, ➢ <i>szintek</i> : integratív, stratégiai, taktikai.
Papp, 1998: 13.o.	<i>integrált vezetési-irányítási rendszer</i> , amely magába foglalja a projekt egész „életciklusát”.
Görög, 1999: 6.o.	<i>vezetési feladat</i> az erőforrások, információk és a releváns módszertani és technikai eszköztár összpontosítására egy konkrétan meghatározott cél teljesítése érdekében.
DIN 69 901 in Steinbuch, 2000: 27.o.	a vezetési feladatok, szervezet, technikák és eszközök összessége a projekt lebonyolítása érdekében
Görög, 2001: 18.o.	<i>vezetés, irányítás, szervezés</i> .
Method123, 2003: 4.o.	<i>készségek</i> , ismeretek, tapasztalatok halmaza, különböző típusú <i>eszközök</i> készlete, <i>menedzsment folyamatok</i> sorozata.
Kemp, 2004: vii.o.	<i>a sikerről szól</i> ; eszközök, technikák és módszerek alkalmazása a siker elérésére egy egyedi erőfeszítés révén.
PMI, 2006a: 25,55.o.	<i>a tudás, a képességek, az eszközök és a technikák alkalmazása a projekt követelményeinek teljesítése céljából</i> , folyamatokból áll, amelyek az ismeretek, képességek, eszközök és technikák használatával a kapott bemeneteből kimeneteket állítanak elő, olyan <i>szervezeti vagy vezetői magatartást</i> is jelenthet, amely „ <i>projektszerű irányítást</i> ” („management by projects”) folytat, tehát projektként kezeli a folyamatosan végrehajtott műveletek irányítását.

Ahogy a 2-4. ábra is szemlélteti, gyakran több, párhuzamosan zajló projektet kell menedzselni egyidőben. A multiprojekt, a program és a projekt portfólió menedzsment feladatait is ismertetem a 2-4. ábra alatt.



2-4. ábra Multiprojekt menedzsment környezet

Forrás: (Patanakul – Milosevic, 2009)

A **multiprojekt menedzsment** feladata nemcsak az egyes projekteken belüli tevékenységek koordinálása, hanem az egyes részprojektek összehangolása és irányítása is. A multiprojekt menedzsmenthez tartozó projektek kisebb méretűek és taktikai

ⁱⁱ Turner a „sikeres végeredmény” kifejezést használta a definícióban, azonban a projekt sikerességének szubjektív megítélése miatt használtam a leírt kifejezést.

fontosságúak, csoportokba sorolhatók. (Patanakul – Milosevic, 2009) A multiprojekt menedzsmenttel szemben a **program menedzsment** centralizáltan koordinált, célorientált projektek csoportjának menedzselése a program stratégiai célkitűzéseinek és hasznának elérése érdekében (PMI, 2006b; Patanakul – Milosevic, 2009). A **projekt portfólió menedzsment** célja a szervezet hosszú távú stratégiájának megfelelően kiválasztani és fontossági sorrendbe rendezni az egyes projekteket; ezzel ellentétben a multiprojekt menedzsment sokkal taktikaibb jellegű, mivel célja a projekt portfólióban szereplő csoportosított projektek közötti erőforrások elosztása (Pennypacker – Dye, 2002).

2.2.2. A projektmenedzsment tulajdonságai

A vezetéstudomány, vagyis a menedzsment tárgyat – ily módon a projektmenedzsment tárgyat is – képező reálfolyamatok belső, lényegi *tulajdonságai, alapelvei* Görög (2001) szerint az interdependenciák és a bizonytalanságok. Az **interdependenciák**³ „általában egy folyamat elemei közötti összefüggések jellegét fejezik ki”, amelyek a projektmenedzsment esetén lehetnek a folyamat elemei, a létesítményi tevékenységek, illetve a működési vagy technológiai folyamatok kölcsönös összefüggései is. A **bizonytalanságok** „a tevékenységfolyamat azon sajátosságai, amelyek szerint a folyamat egészéről, vagy annak egyes elemeiről nem állapítható meg teljes pontossággal előzetesen, hogy azok mikor, milyen módon, milyen konkrét formában stb. mennek végbe. (Görög, 2001: 35.o.)

A projekttervezés szempontjából beszélhetünk a projekt során elvégzendő tevékenységek, valamint a végrehajtási sorrendek meghatározásának bizonytalanságáról, továbbá a tevékenységek időtartamának, erőforrásszükségletének és költségigényének becslése is bizonytalansággal terhelt.

Turner (2009) szerint a kockázatok és a bizonytalanság kezelése fontos részét képezik a projektmenedzsmentnek. Görög (2001) szerint a bizonytalanság összefüggésben áll a kockázattal, amely mindig a bizonytalanság negatív következményeit mutatja. A bekövetkezés ugyan bizonytalan, azonban a bekövetkezés valószínűsége meghatározható, így mérhetővé válnak a különböző kockázatok. A dolgot nem terjed ki a kockázatok kezelésére, azonban későbbi kutatások során érdemes lenne erre a területre is továbbgondolni a 3. fejezetben ismertetett módszer alkalmazhatóságát. Az említett módszer azonban lehetővé teszi a projektben rejlő bizonytalanságok kezelését a logikai tervek szintjén, pontosabban a projekt során elvégzendő tevékenységeknek és azok sorrendjének bizonytalansága fejezhető ki akár valószínűség segítségével. Emiatt érdemes megvizsgálni, milyen valószínűségek léteznek.

Görög (2001) szerint a szakirodalom alapján megkülönböztethető szubjektív, objektív és szintetikus **valószínűség**. A *szubjektív* csak néhány megfigyelésre épít, az *objektív* nagy számú tapasztalat alapján határozható meg, míg a *szintetikus* valószínűség a szimulációs modellezés eredményét tükrözi.

Kindler (1991) ezzel szemben két iskolát különít el a valószínűségelméleten belül. Az *objektivisták* szerint a sokszor megismételhető események kezelhetők valószínűségi

alapon, ugyanis egy esemény relatív gyakorisága és a hozzá kapcsolódó bekövetkezés valószínűsége csak ismételt megfigyelések után határozható meg (Halter – Dean, 1971). A *szubjektív* valószínűségek koncepciója szerint „egy esemény valószínűsége az elképzelésnek (bizakodásnak) az a foka, amennyire a döntéshozó az esemény bekövetkezésében hisz a hozzáférhető bizonyítékok alapján.” Ha a döntéshozó úgy gondolja, hogy az esemény bekövetkezése szinte lehetetlen, akkor 0-hoz közel eső értéket rendel a bekövetkezéséhez; ha nagyon valószínű a bekövetkezése, akkor azt 1-hez közel eső értékkel jelöli (Hamburg, 1970). Az objektív valószínűségek valóságos múltbéli információk, közös tapasztalat alapján határozhatók meg, míg a szubjektív valószínűségek esetén múltbéli adatok hiányában a személyes tapasztalatok szolgálnak a 0 és 1 közötti értékek meghatározására (Bierman et al., 1969). Ezek alapján megállapítható, hogy *szubjektív* valószínűséget célszerű használni nem rutin jellegű, nem ismétlődő döntéseknél, míg rutin jellegű, ismétlődő választásnál jobban alkalmazhatók az *objektív* valószínűségek (Kindler, 1991).

2.2.3. *Projekt(menedzsment) életciklus modellek és fázisok*

Véleményem szerint a projekt-projektmenedzsment szakirodalomban a szerzők néha kevernek vagy szinonimaként használnak különböző fogalmakat. A projektéletciklus és a projektek menedzselése, a projektmenedzsment fázisok esetén Turner (2009) tesz rendet a fogalmak között. A menedzsment megközelítésnek két komponensét különbözteti meg: 1. Projektéletciklus alatt a projekt folyamatát érti, azokat a szakaszokat, amelyek során az ötlet felmerülésétől egészen a cél megvalósításáig eljutunk. 2. A menedzsment folyamat pedig azokat a menedzsmentlépéseket jelenti (tervezés, szervezés, végrehajtás, ellenőrzés), amelyeket minden egyes szakaszban követni kell az adott szakasz teljesítése érdekében.

Turner (2009) is bizonytalan (volt) e fogalmakat illetően, ahogy írja, a könyve első kiadásában még különbséget tett a két fogalom között, viszont a másodikra “már nem tudott visszaemlékezni a különbségre” (Turner, 2009: 13.o.). Úgy véli, hogy a különbség csak nagy projektek esetén szignifikáns, kisebbeknél a két fogalom megegyezik. A nagy projektek eléggé elkülönülő szakaszokon (konceptió, megvalósíthatóság, tervezés, végrehajtás, lezárás) mennek végig, azonban minden egyes szakasznál szükséges megtervezni a munkát, megszervezni az erőforrásokat, elvégezni/implementálni a munkát, és ellenőrizni/felügyelni a folyamatot, ily módon a menedzsment folyamat minden szakasznál ismétlődik. (Ezt fraktálmenedzsmentnek hívja.) Ezzel szemben kisebb projekteknél nem válik el egymástól a két fogalom. (Turner, 2009)

A továbbiakban nem teszek különbséget ezen fogalmak között, röviden ismertetem a projektmenedzsment fázisait, valamint a projektéletciklus modelleket a szakirodalom alapján. Számtalan életciklus modell létezik, vannak iparági gyakorlatot követő és vannak projekt típuson alapuló életciklusok is (Schwalbe, 2010). Schwalbe (2010) értelmezésében a projektéletciklus a projekt fázisainak gyűjteménye. Ahogy a 2-2. táblázatban is olvasható, a szakirodalomban eltérő számú, azonban hasonló tartalmú

fázisokat definiáltak a szerzők. Vannak olyan életciklus modellek, amelyek ciklikusan értelmezik az egyes lépéseket (például Görög (2001 - 6-2. ábra) és Method123 (2003 - 6-4. ábra)), míg mások egymást követő szekvenciális (vagy némileg átfedő) lépések sorozatának tekintik az életciklust (például Schwalbe (2010), PMI (2006a), és Corsten (2000 - 6-1. ábra) modellje). Bender (2010 - 6-3. ábra) keretrendszere, folyamatmodellje pedig ötvözi a lineáris és ciklikus életciklus modelleket, ugyanis visszacsatolás található az irányítási szakaszból a tervezési fázisra.

Schwalbe (2010) a hagyományos projektélelciklust két egymásra épülő részre tagolta: az első két fázisa a projekt megvalósíthatóságára, a *tervezésre* koncentrált, a másik két fázis pedig a végrehajtásra helyezi a hangsúlyt. A projektek egy része azonban nem követi a hagyományos projektélelciklust. A fázisok hasonlóak ugyan az általános fázisokhoz, azonban sokkal rugalmasabbak. Némely projekt több, mások kevesebb fázisból állnak, előfordul, hogy egyes fázisokat több köztes fázisra bontanak. Schwalbe (2010) szerint a projektek és programok során gyakran készítenek termékeket, amelyek szintén életciklusokat követnek. Például informatikai projektek során termékeket, szolgáltatásokat állítanak elő, amelyekhez szükséges ismerni a termékélelciklusokat is, különösen szoftverfejlesztési projektek esetén. A rendszerfejlesztési életciklusokkal, a prediktív és az adaptív szoftverfejlesztési modellekkel a 2.5.2 alfejezetben foglalkozok kicsit részletesebben.

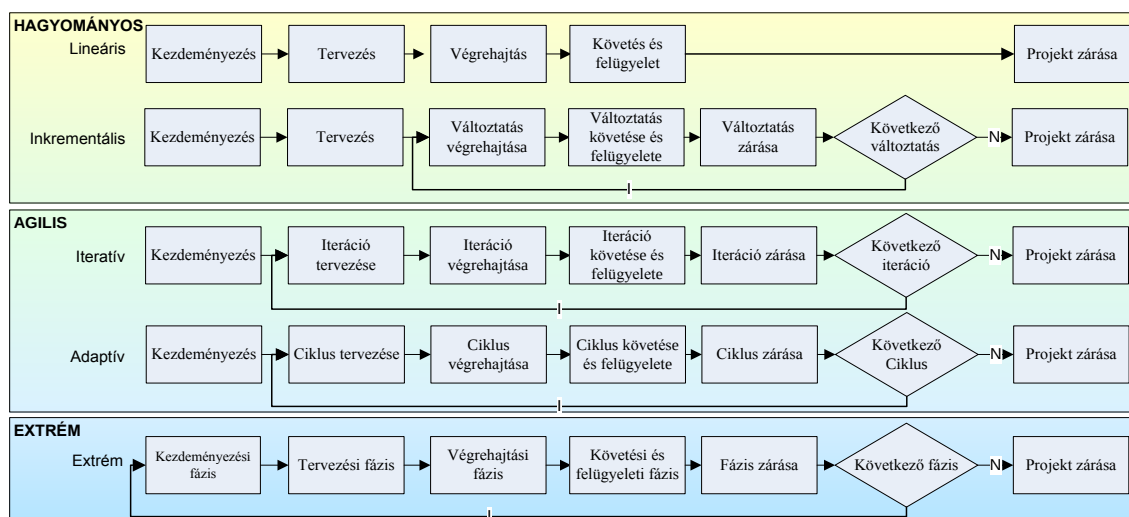
A 2-2. táblázat összefoglaló áttekintést nyújt az egyes szerzők által meghatározott fázisokról.

2-2. táblázat: Projekt(menedzsment) életciklus modellek és fázisok

Szerző(k)	Projekt(menedzsment) fázisok			
Turner, 1993	-Kezdeményezés,	-Tervezés és becslés/értékelés,	-Végrehajtás és irányítás,	-Véglegesítés és lezárás.
Papp, 1998	-Előkészítés,	-Tervezési-szervezési-irányítási rendszer kialakítása, illetve működtetése,		-Projekt zárása és értékelése.
Corsten, 2000	-Előkészítés, -Projektmeghatározás, -Projekttervezés,	-Projektmegvalósítás, -Projektkontroll, -Projektdokumentáció/átadás,		-Projektkontrolling, -Minőségmenedzsment.
Steinbuch, 2000	-Projektelőkészítés, -Projekt „design”,	-Projekttervezés, -Projektindítás,		-Projektvégrehajtás, -Projektlezárás.
Görög, 2001	-Előkészítés, -Odaitétel,	-Fizikai megvalósítás Tervezés, Építés-szerelés, Üzembehelyezés és próbaüzem,		-Utóelemzés, -(Működtetés).
PMI, 2006a	-Kezdeti fázis Alapító okirat, Projektterjedelem-leírás.	-Középső fázis(ok) Terv, Alapterv, Előrehaladás, Elfogadás.		-Végső fázis Jóváhagyás, Átadás.
Schwarze, 2006	-Előkészítés, -Projektelemlzés,	-Logikai tervezés, -Időtervezés,	-Projektfelülvizsgálat, -Projektvégrehajtás,	-Projektkontroll.
Turner, 2009	-Konceptió	-Megvalósíthatóság	-Tervezés és becslés	-Végrehajtás és ellenőrzés
Schwalbe, 2010	-Konceptió- alkotás,	-Fejlesztés,	-Implementálás,	-Lezárás.
Bender, 2010	-Meghatározás,	-Tervezés,	-Irányítás, koordinálás,	-Építés, teljesítés,
Method123, 2003	-Kezdeti fázis,	-Projekttervezés,	-Projekt végrehajtása,	-Projekt lezárása.

Ahogy az összesítő táblázatból is látható, hogy a szerzők különböző számú fázisokat határoztak meg, a projekt menedzselésének fázisainak felosztását eltérő részletességgel végezték el. Az összehasonlítás során azonban látszik, hogy mindannyian kiemelték néhány fontos fázist (az elnevezésük természetesen eltérő némely esetben, azonban tartalmilag ugyanazt fedik le). Ilyen kiemelt rész a fázisok között a projekttervezés és a megvalósítás. Dolgozatom szempontjából a sokak által középsőként említett szakasz fontos, mivel itt van szükség többek között a projekt logikai tervének és időtervének elkészítésére.

Azonban ahogy Schwalbe (2010) is megfogalmazta, hagyományos és rugalmasabb (agilis) tervezést igénylő projektek esetén különböző fázisokat tartalmazó életciklust kell követni, ezen belül különböző tervezési módszereket, modelleket célszerű alkalmazni. A megfelelő életciklus kiválasztásához nyújt segítséget Wysocki (2009), aki a projektmenedzsment megközelítésekhez (2-3. táblázat; 2-4. táblázat) öt projektmenedzsment életciklus modellt határozott meg (2-5. ábra; 2-12. táblázat). A projekt jellemzői alapján el lehet dönteni, hogy melyik modell felel meg leginkább a projekt sajátosságainak, melyiket célszerű alkalmazni a projekt menedzselése során. (Wysocki, 2009)



2-5. ábra: Az öt projektmenedzsment életciklus modell

Forrás: (Wysocki, 2009: 335.o.)

Tervezés szempontjából érdemes kiemelni, hogy agilis megközelítés esetén a projekt egyes fázisai során iteráció figyelhető meg, míg az extrém modellnél előfordul, hogy a teljes folyamatot meg kell ismételni, ami jelentősen megnehezíti a tervezést. A továbbiakban azt vizsgálom, hogy milyen technikák, módszerek használhatók hagyományos és agilis megközelítést követő projektek terveinek elkészítésére.

2.3. A projekttervezés kiemelt szerepe

*Minden tervezéssel töltött pillanat háromszor-négyszer
annyit takarít meg a végrehajtás során.*ⁱⁱⁱ

Crawford Greenwalt, President, DuPont
(Wysocki, 2009: 109.o.)

Ahogy az idézet is megállapítja, a tervezés nélkülözhetetlen tényező a projekt végrehajtása, teljesítése érdekében. Ennek alátámasztására szolgál a Standish Group által 1994-ben készített „Chaos Report”, amely a projektek sikerének, illetve sikertelenségének okait kutatta. Kiindulásként a hídépítési projektek többségének sikerességét, valamint a szoftverfejlesztési projektek nagy részének sikertelenségét emelte ki. (Ezt az elgondolást támasztja alá a 2-7. ábra felosztása is.) A kutatás elsősorban ez utóbbi projektek sikertényezőit vizsgálta.

A 365 vállalat körében végzett kutatás három csoportba sorolta a projekteket (sikeres, kihívásokkal küzdő és nem teljesített projektek). A sikertényezők tizes listáján a projekt környezetéhez, menedzseléséhez kapcsolódó „puha” tényezők foglalják el a helyek többségét, mint a felhasználó bevonása (1.), a felsővezetés támogatása (2.), az igények pontos megfogalmazása (3.). A lista 4. helyén áll *a projekt megfelelő tervezése*, ami természetesen az igények meghatározásán alapul, hiszen az igények alapján lehet meghatározni a projekt során elvégzendő tevékenységeket, feladatokat.

A realista elvárások (5.), a kisebb mérföldkövek (6.), a hozzáértő munkatársak (7.), a tulajdon (8.), a tiszta vízió és célok (9.), valamint a szorgalmas és összpontosító munkatársak (10.), mint „puha” tényezők jelennek meg a legfontosabb sikertényezők között a felmérés szerint. (Standish Group, 1994) Nem szabad figyelmen kívül hagyni Eveleens és Verhoef (2010) kritikáját sem, akik megkérdőjelezzik a Standish Group felmérését és kijelentését, miszerint a projekteknek mindössze 16%-a tekinthető sikeresnek, míg 53%-a a kihívásokkal küzdő kategóriába tartozik, a maradék 31%-ot pedig nem is hajtják végre. Ez az arány 2009-ben 32%, 44% és 24% volt a Standish Group szerint.

Kutatásom során – az előbbieken igazolt fontossága miatt – a projekttervezésre fókuszálok, ezért a következő alfejezetben a projekttervezés folyamatát mutatom be, majd az azt követő alfejezetekben ismertetem az egyes lépéseknél használható módszerek alkalmazhatóságát. Nem elhanyagolható a tervezés során használt módszertan megfelelő megválasztása, célszerű a feladat jellegéhez legjobban illeszkedő, lehető legegyszerűbb módszert választani, ami az érintettek számára érthető, áttekinthető, könnyen használható. (Turner, 1993)

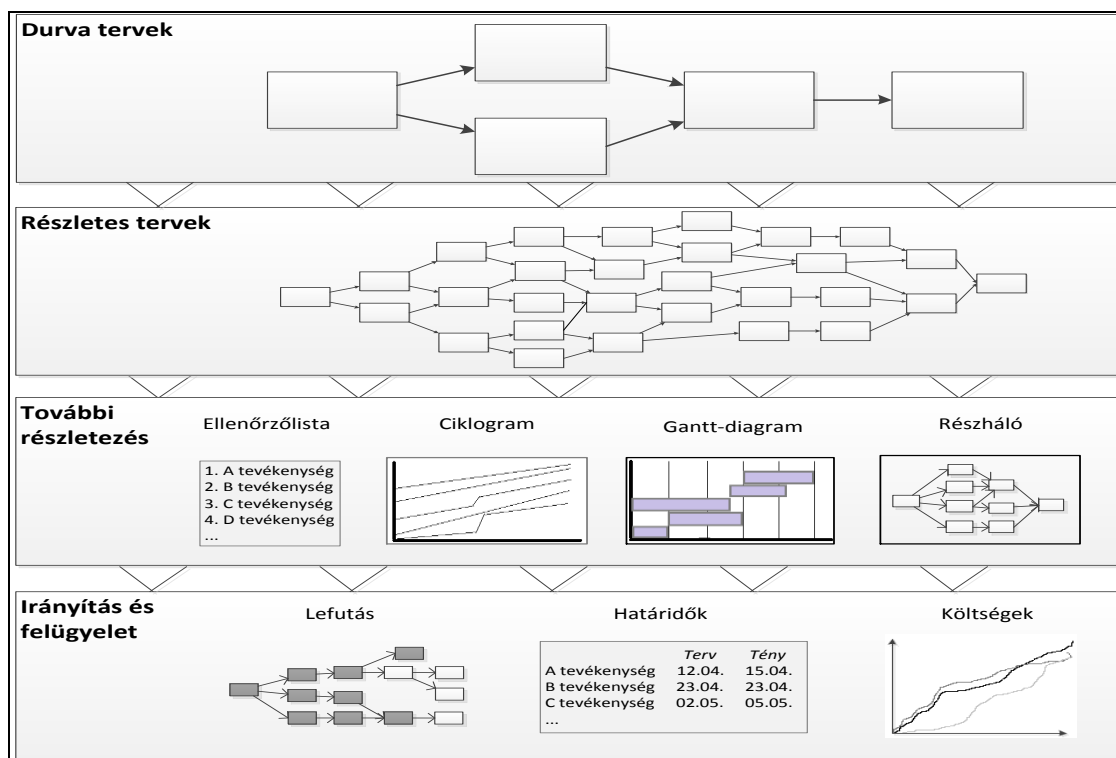
ⁱⁱⁱ „Every moment spent planning saves three or four in execution.” – saját fordítása

2.3.1. A projekttervezés feladata, problémái

*A sikeres és a sikertelen projektmenedzser között a különbség gyakran egyetlen szóval leírható, ez pedig a **tervezés**.^{iv}*

(Kerzner, 2009: 464.o.)

A projekttervezés a projekt életciklusának kiemelt része, amely sok esetben egy iteratív folyamat. A tervezése előtt át kell gondolni, mi a projekt célja, milyen keretfeltételeknek kell megfelelni (a projekthez szükséges ember-órák, felszerelések és anyagok becslése, a maximális ár/költség meghatározása). (Schwarze, 2006; Kerzner, 2009). Ha sikerül is meghatározni a projekt céljait, sok esetben nem lehetséges az összes cél elérése a projekt korlátai miatt, ezért a menedzsmentnek priorizálnia kell az elérendő célokat (Kerzner, 2009), továbbá a célok eléréséhez szükséges feladatokat, tevékenységek megvalósítását. A későbbiekben mutatok néhány technikát a projekt során elvégzendő tevékenységek, feladatok priorizálására. A tervezés egyik problémája ott jelentkezik, hogy – ahogy a továbbiakban is látni fogjuk – nem létezik olyan projekttervezési módszer, ami képes lenne a tevékenységek közötti *prioritások kezelésére*.



2-6. ábra: A projektmenedzsment tervezési szintjei

Forrás: (Schwarze, 2006: 240.o.)

A projekt indításakor fontos tisztázni, hogy kiknek szánják a terveket. A projektmenedzsment különböző szinteken valósulhat meg az átfogó tervezéstől a részletes tervezésen át az idő-, erőforrás- és költségtervezési módszerekig. A

^{iv} „The difference between the good project manager and the poor project manager is often described in one word: **planning**.” – saját fordítása

részletezettség szintje függ a projekt méretétől, az időtartamától, a tervezés időegységétől, a kapcsolódó költségektől, illetve a háló céljától. Egy átfogó jellegű tájékoztatáshoz elegendőek a durva tervek, viszont a projekt irányításához, végrehajtásához általában részletes tervekre van szükség. (Lock, 1998; Schwarze, 2006) A különböző részletezettségű terveket, valamint az azok megjelenítésére szolgáló módszereket összegzi a 2-6. ábra. A rendelkezésre álló módszertani háttér lehetőségeinek korlátozottsága miatt a *többszintű tervezés* megvalósítása is a projekttervezés nehézségei közé sorolható.

A tervek készítéséhez hasonló projektek, részprojektek során szerzett tapasztalatok, tervek is felhasználhatók (például kockázati sablonok, feladatlebontré sablonok, projektütemezési hálótérvsablonok); a múltbéli teljesítés alapján részben előrejelezhető a projekt. (Lock, 1998; PMI, 2006a; Schwarze, 2006; Kerzner, 2009) Ennek a feladatnak a megvalósításához még nem létezik egy egységes módszer, amely megkönnyítené a korábbi, hasonló jellegű projektek során szerzett *tapasztalatok felhasználását*. A kutatásom során kidolgozott módszer segítségével erre a problémára is igyekeztem megoldást nyújtani a 3.1. alfejezetben. A tervek a projekt végrehajtása során is fontosak, hiszen rájuk építve történik a projekt nyomonkövetése, ellenőrzése, irányítása. (Görög, 2001; Schwarze, 2006)

2.3.2. A projektek tervezhetősége

Míg eddig azt kérdeztük „Mennyi idő alatt és mekkora költségből lehet ezt mind megvalósítani?”, agilis projekt esetén a fő kérdés: „Mi fér bele ennyibe, ennyi idő alatt?”

(agilistrening.hu)

A 2.1.2. alfejezetben bemutatott csoportosításokból is látható, hogy sokféle projektípus különíthető el, amelyek különböző tervezést, menedzselést igényelnek. A kutatásom során egy leegyszerűsített felosztást fogok követni, amely a projekt *tervezhetőségére*, tervezésére helyezi a hangsúlyt. Wysocki (2009) a projektmenedzsment megközelítéseket két változóra (cél és megoldás), illetve két értékre (világos/egyértelmű és nem világos/bizonytalan) leegyszerűsítve négy kategóriát határozott meg.

2-3. táblázat: Projektmenedzsment kategóriák cél-megoldás tekintetében

		MEGOLDÁS/MEGVALÓSÍTÁS	
		egyértelmű	bizonytalan
CÉL	egyértelmű	hagyományos (TPM ^v)	agilis (APM ^{vi})
	bizonytalan	mértke (MPx ^{vii})	extrém (xPM ^{viii})

Forrás: (Wysocki, 2009: xlvii,1,300.o.)

^v **TPM** – Traditional Project Management

^{vi} **APM** – Agile Project Management

^{vii} **MPx** – Emertke Project Management

^{viii} **xPM** – Extreme Project Management

A cél és megoldás jellemzői alapján elkészíthető a fenti kétszer kettes mátrix; a négy kvadráns az összes projektet magába foglalja. A legegyszerűbb eleme a **hagyományos** projektmenedzsment (TPM), ahol a célok és a megoldások is konkrétan meghatározottak. A világviszonylatban több, mint tízezer projektmenedzser körében készült felmérés alapján elmondható, hogy a projektek kevesebb, mint **20%-a** tartozik ebbe a kategóriába. A felmérés adatai alapján megközelítőleg a projektek **70%-a** esik az **agilis** projektmenedzsment (APM) kategóriájába. Agilis esetben a célok világosan definiáltak, viszont a megoldások, a megvalósítás módja nem. (Wysocki, 2009)

A leginkább összetett projektek azok, amelyeknél sem a célok, sem a megoldások nincsenek tisztán dokumentálva. Ezek az **extrém** projektek (xPM). Ide sorolhatók a tisztán kutatás-fejlesztési projektek. A negyedik kategóriába eső projekteknek a megoldások tisztázottak, de a célok nem. Ebbe a csoportba az olyan tiszta K+F projektek tartoznak, amelyek egy új technológiát hoznak létre, de felmerül a kérdés, hogy az adott üzletágban milyen gyakorlati alkalmazása lehet az újításnak. (A Wal-Mart-nak a rádió frekvenciás azonosító (RFID) technológia felhasználási területének kutatása egy ilyen példa.) Ezek a fordított extrém vagy „**mértxe**” projektek (MPx). E két kategóriába megközelítőleg az összes projekt **10%-a** tartozik. (Wysocki, 2009)

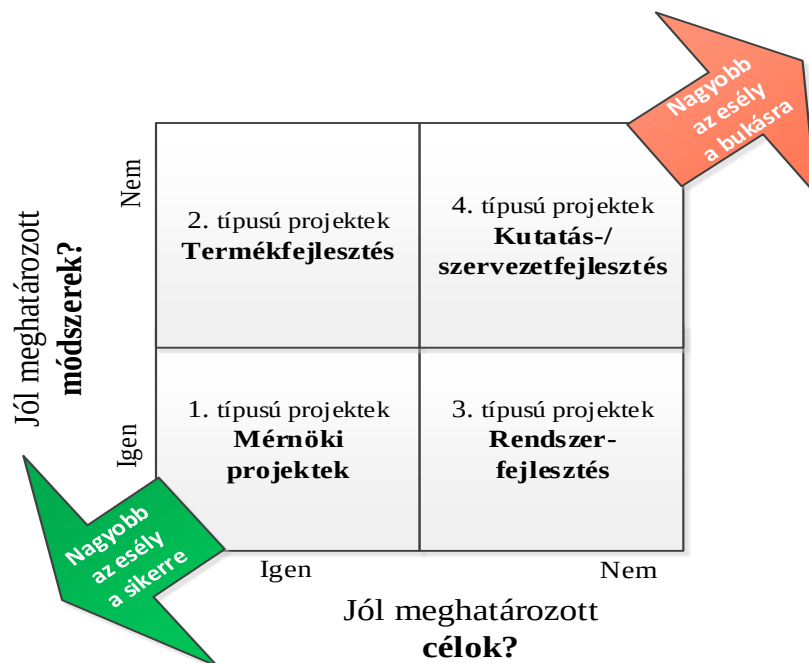
A projektmenedzsment megközelítések jellemzőit, sajátosságait, a kategóriákba tartozó projektek lehetséges alkalmazási területeit tartalmazza az alábbi táblázat.

2-4. táblázat: A projektmenedzsment megközelítések összehasonlítása

Megközelítés	Jellemzői	Alkalmazási területei
Hagyományos	- hasonlóak már korábban végrehajtott projektekhez, - számos sablon áll rendelkezésre, - az ügyfelekre fókuszál, hiszen a tervezés előtt elvárják az ügyfelektől a pontosan és teljesen meghatározott követelményeket; a követelményeket különösen manapság nehéz pontosan meghatározni, - tervezérelt, mereven ragaszkodnak az adott idő- és költségkorlát betartása mellett a cél eléréséhez, - hátránya, hogy nem toleránsak a változásokkal szemben, - a tervnek megfelelő teljesítés tekinthető sikeresnek, - követelmény az ismert és előre látható környezet.	A szervezet számára ismert, megszokott projektek (például infrastruktúra projektek).
Agilis	- a cél (<i>mit?</i>) világosan meghatározott, azonban a megoldás, a cél elérése (<i>hogyan?</i>) már nem, vagy nem teljesen, - bizonytalanság jellemzi a projektet, emiatt kockázatos, - folyamatos változtatások, - szoros együttműködés az ügyfél és a fejlesztő csapat között, - idő- és költségkorlátok megléte, - bizonyos fókig a terjedelem jelenti a változót, - nem lehet pontos terveket készíteni, emiatt nem használhatók a hagyományos módszerek.	A projektek nagy része ide sorolható a megvalósítási mód bizonytalansága miatt (például szoftverfejlesztési, új termékfejlesztési projektek).
Extrém	- sem a célok, sem a megoldások nem tisztázottak, - nagyon kevés, amit előre lehet tervezni, - az ügyfél igényeinek megfelelően kell alakítani, módosítani a projektet az egész életciklus során, - különösen magas kockázat.	K+F projektek (új termékfejlesztési, folyamatfejlesztési projektek).
Fordított extrém	- a megoldás teljesen és világosan meghatározott, adott; - míg a célok, a megoldandó probléma, a gyakorlati alkalmazási lehetőség nem ismert.	K+F projektek eredményeinek hasznosítása.

Forrás: (Wysocki, 2009) alapján

Wysocki (2009) felosztása (2-3. táblázat) nagyon hasonlít Turner (2009) csoportosításához (2-7. ábra), mindketten két kérdés megválaszolása alapján kategorizálták a projekteket. Egyrészt a célok definiáltsága alapján a MIT kérdésre válaszolva megadhatók a projekt során elvégzendő tevékenységek; míg a megoldás és a módszerek meghatározottsága a tevékenységek végrehajtásának sorrendjére utal, a HOGYAN kérdésre felel.



2-7. ábra: Cél-módszer mátrix alapján projekt típusok meghatározása

Forrás: (Turner, 2009: 21-22.o.)

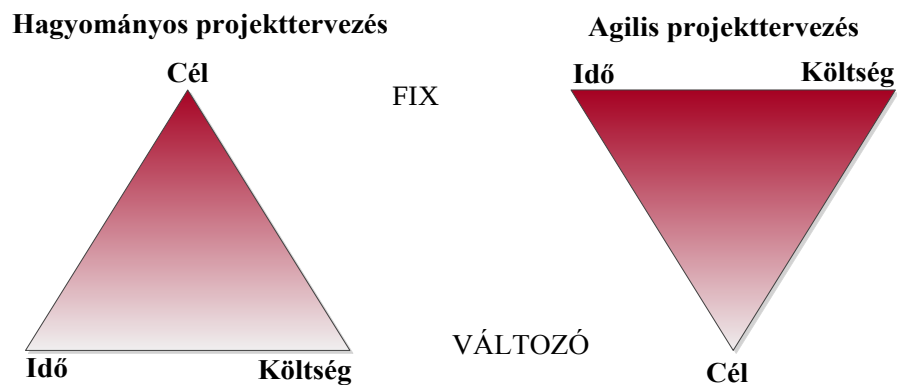
Turner (2009) 1. típusú projektjei a *hagyományos* megközelítésnek felelnek meg, tevékenység-alapú tervezést igényelnek, szilárd alapokra épülő projektek (rendelkezésre állnak korábbi tapasztalatok a tervezés során, ahogy ez a 2-4. táblázatban is olvasható). A 2. típusú projekteket Turner (2009) termékfejlesztési projekteknek nevezi, Wysocki (2009) *agilis* megközelítésnek hívja. Ezeknél a típusoknál a termék funkcionalitása (célja) ismert, azonban az elérésének módja nem. Tevékenységek helyett inkább mérföldkő-alapú tervezést célszerű folytatni, ahol a mérföldkövek a tevékenységek komponenseit jelentik.

Turner (2009) a 3. típusba sorolta az információrendszer fejlesztési projekteket, Wysockinál ezek a *fordított extrém* kategóriába tartozó projektek, ugyanis a célok bizonytalanok, azonban rendelkezésre állnak módszerek a projekt végrehajtásához. Ezeknél a projekteknél életciklus-alapú szakaszos tervezés és teljesítés célszerű. A 4. típusba tartoznak a legbizonytalanabb projektek, amelyeket Turner kutatási és szervezetváltoztatási projekteknek hív, Wysockinál ezek tartoznak az *extrém* projektmenedzsment kategóriába. Ezen projektek tervezésénél igen/nem típusú döntések jelentik a mérföldköveket.

A PMI (2006a) szerint „nem létezik az ’egyetlen üdvözítő út’ a projekt irányításában”, az adott projekt igényeinek megfelelően kell a projektet végrehajtani. Wysocki (2009) is osztja ezt a nézetet, szerinte a projektmenedzsment az örökös változásokhoz való

alkalmazkodásról szól, nem létezik egyetlen jó megoldás, folyamatosan képesnek kell lenni az új „receptek” készítésére és alkalmazására (Wysocki, 2009). Az előzőek alapján különösen igaz ez a kijelentés az extrém és fordított extrém projektek esetén, amelyek tervezése többszörös iterációk során valósítható meg, ezért ezektől, a tervezés tekintetében különösen nagy kihívást jelentő projektektől dolgozatomban eltekintek, kutatásom elsősorban a hagyományos és agilis projektek tervezésének támogatására irányul.

Wysocki (2009) megközelítései közül Dalcher (2009) a világosan meghatározható célú projektekkel foglalkozott, amelyeket a projektháromszög szempontjából hasonlított össze. A 2-8. ábra szerint a hagyományos projektek esetén a projekt célkitűzése rögzített, amelyet szükség esetén még a tervezett költségek és időtartam túllépése árán is teljesíteni kell. Ezzel szemben agilis projektek esetén a rendelkezésre álló idő- és költségkeret korlátként jelenik meg, ezeken belül kell a célt minél jobban megvalósítani.



2-8. ábra: A hagyományos és az agilis projekttervezés összehasonlítása

Forrás: (Dalcher, 2009)

Hagyományos tervezésű projektnek tekinthetők például az építési projektek, amelyek logikai tervezése viszonylag egyszerű, hiszen szokványos építési projektek esetén rendelkezésre állnak korábbi tervek, amelyek alapján meghatározhatók a projekt tevékenységei és a tevékenységsorrendek. Mivel tervezés szempontjából alacsony bizonytalanságú projektekről van szó, ezért a hagyományos tervezési módszerek (2.4. alfejezet) jól használhatók. Ezzel szemben például a szoftverfejlesztési, -bevezetési projektek nagyobb bizonytalansággal jellemezhetők logikai tervezés tekintetében, ezért agilis tervezési módszerekre van szükség. A projektet az előre meghatározott korlátokon belül kell megvalósítani, ehhez elengedhetetlen a projekt tevékenységeinek fontosság szerinti priorizálása, hiszen szükség esetén a kevésbé fontos tevékenységeket el kell hagyni a projektből, vagy el kell halasztani későbbi projektekre. Ezeket a sajátosságokat a hagyományos tervezési módszerek nem tudják megfelelően kezelni.

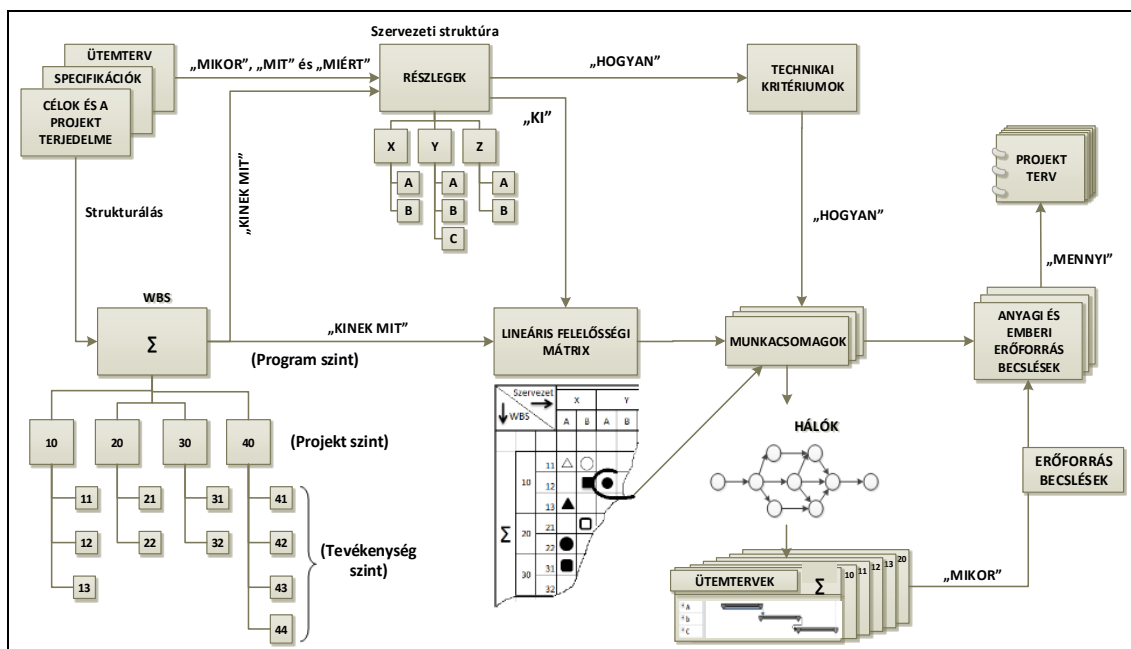
Görög (2001) szerint a függőségek és a bizonytalanságok mértéke és jellege alapvetően meghatározza a projektmenedzsment módszertani háttérét a projektstratégia és a szervezet kialakítása terén, továbbá a tervezési megoldásoknak is a konkrét projekthez, projekttypushoz kell igazodniuk. Ezt figyelembe véve a következő, 2.4. alfejezetben bemutatom, milyen „hagyományos” módszerek állnak rendelkezésre a projektek tervezéséhez, majd az azt követő, 2.5. alfejezetben az „agilis” tervezés során használható technikákat ismertetem.

2.4. Projekttervezés „hagyományos” módszerekkel

„Szolgát tartok, hat jó legényt. | (Nekem mely iskola!)
A nevük: Mit, Mikor, Miért, | Hogyan, Hol, Kicsoda.”

(Kipling, Rudyard)

A 2.3. alfejezet bevezető gondolatai alapján levonható a következtetés, hogy a projekt sikerének egyik kulcsa a tervezés. A dolgozat célja olyan módszerek ismertetése, amelyek hozzájárulhatnak a projektmenedzserek munkájának támogatásához, megkönnyítéséhez, tehát a projekt tervezésének, összehangolásának és végrehajtásának elvégzéséhez. Ezért ebben a fejezetben egy áttekintést nyújtok a létező projekttervezési módszerekről, továbbá összehasonlítom őket, milyen előnyökkel, korlátokkal rendelkeznek, mely projekteknél melyik módszereket érdemes használni.



2-9. ábra: A projekttervezés folyamata „hagyományos” projekteknél

Forrás: (Kerzner, 2009: 467.o.) alapján

Az előbbi ábra teljeskörű áttekintést nyújt a **hagyományos projektek tervezési folyamatáról**, kiemeli, hogy az egyes lépéseknél milyen kérdésekre kell választ adni. A *specifikációk* alapján meghatározott *célok* és *peremfeltételek* tisztázása után el kell készíteni a *logikai terveket*, *felelősöket* kell rendelni az elvégzendő feladatokhoz. Meg kell határozni a végrehajtás módját *idő- és ütemtervek*⁴ segítségével, majd a tervezés utolsó lépéseiként el kell végezni az *erőforrás- és költségtervezést*. A projektterv elkészítésének záró momentumaként meg kell vizsgálni a lehetséges *kockázatok* is azért, hogy csökkentsék a projekt megvalósításának bizonytalanságát. (Görög, 1999, 2001; Litke, 2007; Kerzner, 2009)

A „magyar műszaki terminológiában” szinonimaként kezelik a terv (plan) és ütemezés (schedule) kifejezéseket, míg az „angolszász terminológiában” különbséget tesznek közöttük, az **ütemezés** alatt az ütemterv és az erőforrásterv együttes kezelését értik

(Lock, 1998). A **tervezés** annak a meghatározása, hogy kinek mit kell megtennie adott időn belül, hogy a rábízott feladatokat teljesítse (Kerzner, 2009). A tervezés értelmezhető tágabban, ahogy a 2-9. ábra is mutatja, azonban szűkebb értelemben tervezés alatt a továbbiakban a logikai tervezést értem, tehát a projekt tevékenységeinek és a tevékenységek sorrendjének meghatározását, míg az ütemezést az időtervezés szinonimájaként értelmezem. A gyakorlatban gyakran kombinálva alkalmazzák a 2-9. ábra által bemutatott módszereket a projektek tervezése során (Schwarze, 2006). A következő alfejezetekben ismertetem a logikai, idő-, erőforrás- és költségtervezés legfontosabb feladatait, valamint az adott tervezési szinten alkalmazott legfontosabb módszereket, technikákat is összevetem egymással.

2.4.1. Logikai tervezés „hagyományos” módszerekkel

A **logikai tervezés** „valamilyen beruházási, termelési, fejlesztési, stb. feladatnak elvégzéséhez szükséges összes munkafolyamatok diagramszerű ábrázolása, amely áttekintést nyújt a folyamatok logikai, illetve technológiai összefüggéséről és sorrendjéről” (Papp, 1967: 29.o.). Tehát a logikai tervezés keretében kell meghatározni a projekt során elvégzendő tevékenységeket és a közöttük lévő logikai kapcsolatokat, rákövetkezéseket, vagy ahogy Görög (2001) fogalmaz, a logikai sorrendet.

A projekt tevékenységei

A logikai tervezés első lépéseként meg kell határozni a projekt során elvégzendő tevékenységeket⁵, eseményeket⁶ és mérföldköveket⁷ akár múltbéli, hasonló projektek tevékenységlistáját, vagy akár szakértői véleményeket felhasználva (PMI, 2006a). A tevékenységekhez *tulajdonságok* is rendelhetők az ún. tevékenységlistában: például tevékenységazonosítók; erőforrásigények, időtartam-, költség-, munkaerő-szükséglet; korlátok, illetve feltevések; megelőző, követő tevékenységek; logikai kapcsolatok, késleltetések vagy előbbre hozások. (Schwarze, 2006; PMI, 2006a)

Tevékenységek meghatározása

Az úgynevezett projektstruktúra terv, más néven tevékenységi struktúra, fastruktúra, vagy **munkalebontási struktúra (WBS⁸)** a projekt eredményének hierarchikus lebontására, áttekintésére szolgál, megkönnyíti a projekt feladatainak fokozatos kidolgozását. Sok esetben egyfajta megvalósítási tervnek tekintik. A projektstruktúra terv a projekt grafikus vagy táblázatos csoportosítása rész- vagy alprojektekre, majd egyre kisebb részekre bontása több szinten. A legalsó WBS-összetevők a *munkacsomagok*, amelyek már ütemezhetők, és becsülhető a költségük. Általában több tevékenységet is magukban foglalnak, amelyek a hálótervekben nem feltétlenül függnek össze. (Bender, 2010; Görög, 1999; Litke, 2007; Lock, 1998; PMI, 2006a; Schwarze, 2006)

Előnye, hogy segítségével a projekt minden fontos részét, elemét összeírják. Rendszerint semmilyen technikai vagy más részletet nem tartalmaz, így más, csak részletekben különböző, de szerkezetében hasonló projektek során is alkalmazható sablonként. A WBS egyfajta keretrendszerként szolgál a projekt során, alapot nyújt

többek között az ütemezés, a költségbecslés és a kockázatelemzés számára is. (Görög, 1999; Kerzner, 2009; Litke, 2007; PMI, 2006a; Schwarze, 2006)

A WBS hátránya ugyanakkor, hogy habár megjeleníti a projekt során elvégzendő tevékenységek hierarchikus struktúráját, azonban a közöttük levő logikai sorrend, a tevékenységek közötti kapcsolatok nem ábrázolhatók segítségével, ezért csak a tervezés korai fázisában használható, a projekt nyomonkövetése során már nem a legmegfelelőbb eszköz. A munkalebontási struktúra véleményem szerint inkább alacsonyabb bizonytalansági fokú, kevésbé újszerű, „ismételt” (például beruházási, építési) projektek esetén használható, amelyeknél az elvégzendő tevékenységek, feladatok meghatározása nem jelent problémát a rendelkezésre álló korábbi tapasztalatok alapján. Gyengesége még, hogy a projekt változásai (például tevékenység elhalasztása vagy elhagyása, újonnan elvégzendő tevékenység bevonása) nehézkesen jeleníthetők meg a már elkészített struktúrában.

Tevékenységek prioritizálása

A 2.3.1. alfejezetben a projekttervezés problémáinál megemlítettem a tevékenységek közötti prioritások képzésének nehézségeit. Ez a probléma különösen agilis projektmenedzsment esetén jelentkezik, amikor előre meghatározott időtartamon belül a rendelkezésre álló erőforrások felhasználásával, adott költségvetéssel kell a projektet megvalósítani.

Szoftverfejlesztési projekteknél az igények közötti prioritások meghatározására többféle módszer is használható, mint a döntéselemzés (a fontos igények meghatározására); a kockázatelemzés (a kockázatos igényeket meg kell vizsgálni, vagy elsőként megvalósítani, hogy minél kevesebbe kerüljön a projekt esetleges bukása); a MoSCoW-elemzés (az igények négy kategóriába sorolásával); a rövid fejlesztési ciklus (az ún. „timeboxing”)/költségvetés – erőforrás-allokáció jellegű megoldás; illetve a szavazásos módszer (IIBA, 2009). A továbbiakban a Clegg és Barker (2004) által kidolgozott „MoSCoW”- módszert ismertetem, amely négy kategóriát különböztet meg a projekt során fejlesztendő rendszer funkcióinak prioritizálására. (Tierstein, 1997)

2-5. táblázat: A MoSCoW-elemzés kategóriái

„<u>M</u>ust have”	Ezeket a funkciókat, tevékenységeket mindenképpen <i>meg kell valósítani</i> az időkereten belül a projekt sikere érdekében.
„<u>S</u>hould have”	Ezek a funkciók is <i>kritikusak</i> a siker érdekében, <i>de nem feltétlenül szükséges</i> őket végrehajtani az adott határidőn belül.
„<u>C</u>ould have”	Ezek a követelmények <i>kevésbé kritikusak</i> ; <i>de jó, ha teljesülnek</i> , amennyiben még van idő az elkészítésükre; növelik a vevői elégedettséget.
„<u>W</u>on’t have”	A <i>legkevésbé kritikus</i> funkciók, gyakran nem is terveznek velük az ütemterv készítésekor, hiszen <i>későbbre halaszthatók</i> .

Forrás: (Clegg – Barker, 2004; IIBA, 2009; Tierstein, 1997)

A MoSCoW-kategóriák legfőbb előnyei, hogy könnyen alkalmazhatók és a felhasználók könnyen megértik. Szoftverfejlesztés során hozzájárul ahhoz, hogy a felhasználók meghatározzák, és prioritizálják az elkészítendő szoftverrel szembeni elvárásaikat, igényeiket. (Tierstein, 1997)

Az elsősorban szoftverfejlesztési projekteknél használt kategorizálás kiterjeszthető más jellegű projektek tevékenységeinek priorizálására, csoportokba rendezésére is. A kutatásom során kidolgozott modell ismertetésekor (a 3.3.2. alfejezetben) kiemelem, hogyan kategorizálhatók a projekt során elvégzendő tevékenységek a MoSCoW-elemzés felhasználásával. A módszer alkalmas a tevékenységek fontosság szerinti sorbarendezésére, azonban hátránya, hogy semmit nem mond a tevékenységek végrehajtási sorrendjéről. A következő alfejezetben a logikai sorrendek megállapítására, ábrázolására alkalmas módszereket elemzem.

A tevékenységek közötti kapcsolatok

A logikai tervezésnél fontos a tevékenységek közötti **sorrendek, rákövetkezések, logikai kapcsolatok, függőségek**⁹ definiálása is. A függőségek lehetnek *logikaiak*, illetve származhatnak *technológiai kényszerből* (például házépítés). A *kapacitáskorlátok* is befolyásolhatják a tevékenységek sorrendjét, ugyanis ha a szükséges erőforrások csak korlátozottan állnak rendelkezésre, akkor előfordulhat, hogy a technológiailag párhuzamosítható tevékenységeket egymás után, sorosan kell megvalósítani. A tevékenységek közötti kapcsolatok *időtartam- vagy határidő-korlátozások* miatt is létrejöhetnek. (Görög, 2001; Schwarze, 2006)

Tevékenységgfüggőségek

A tevékenységgfüggőségek három típusa különböztethető meg:

- *kötelező függőségek* („kemény logika”), amelyek az elvégzendő munka természetéből adódnak, nem változtathatók meg (például technológiai sorrendek), gyakran fizikai korlátként jelentkeznek;
- *megítélés/tetszés szerinti függőségek* („puha logika”), amelyet önkényesen adhatnak meg a tartalékidő¹⁰ figyelembevételével, akár korábbi, hasonló célból sikeresen teljesített projekt tapasztalatai alapján, de akár projektről projektre változhatnak is;
- *külső függőségek*, amelyek a projektmenedzser irányításán kívül esnek, például az eladó szerződésén vagy ajánlatán, illetve hasonló projektek múltbéli információin alapulhatnak. (Kerzner, 2009; PMI, 2006a)

A nem kötelező függőségek megléte oda vezet, hogy a projektlefutások többnyire nem egyértelműek, szinte minden esetben létezik több lehetőség is a projektek tervezésére és végrehajtására. A későbbiek során ismertetett hálótervezési módszerek megkövetelik az egyértelmű tevékenység rákövetkezéseket, ezért a lehetőségek közül választani kell, már a tervezésnél szigorúan rögzíteni kell őket (Schwarze, 2006). Nem létezik olyan módszer, ami ezeket a lehetséges tevékenység sorrendeket egyidejűleg, egyszerre tudná kezelni. Például informatikai projektek esetén gyakran előfordul, hogy egyes tevékenységek végrehajtási sorrendje felcserélhető, némelyik tevékenység helyettesíthető más tevékenységgel, bizonyos helyzetekben akár el is hagyhatók tevékenységek a projekttervből. Ilyen esetekben hasznos lenne egyidejűleg megjeleníteni az összes lehetséges megvalósítási sorrendet.

Logikai kapcsolatok típusai

A logikai tervezés során a tevékenységek többféleképpen kapcsolódhatnak egymáshoz. Háromféle kapcsolattípus fordulhat elő:

- „és” logikai kapcsolat (jele: $\wedge$); egy tevékenység csak akkor kezdődhet, ha az *összes* megelőző tevékenység befejeződött;
- „vagy” kapcsolat (jele: $\vee$); egy tevékenység már akkor elkezdődhet, ha *legalább* egy megelőző tevékenység befejeződik, tehát *vagy* egy, *vagy* akár több, de elég, ha csak az egyik;
- „**kizárólagos-vagy**” kapcsolat; egy tevékenység akkor kezdődhet el, amikor a többi megelőző tevékenység közül *pontosan egy* befejeződik. (Schwarze, 2006)

A logikai műveletek vagy logikai operátorok összefoglaló táblázata a 3.1.4. alfejezetben olvasható (3-6. táblázat Szendrei (2006) alapján).

Attól függően, hogy a tevékenységek milyen *logikai kapcsolatok* mentén követhetik egymást, *négyféle típus* különböztethető meg: a kezdés-kezdés, befejezés-befejezés, kezdés-befejezés, valamint a leggyakrabban használt befejezés-kezdés. A tevékenységek között *eltérések, átfedések, késleltetések*¹¹ is lehetnek, azonban a logikai tervezés során használatos módszerek közül nem mindegyik támogatja ezeket a lehetőségeket. (Görög, 2001; Kerzner, 2009)

Körök kezelése

A projekttervekben előfordulhatnak visszaugrások, **hurkok**, azonban többszöri ismétlődésük a projekt időtartamának növekedéséhez, újabb kapacitásigénybevételhez vezet. (Schwarze, 2006) A tevékenységek, tevékenységsorok ismétlődését gyakran *körnek, ciklusnak* vagy *iterációnak* is nevezik. A körök legnagyobb problémája, hogy megnehezítik a projekt átfutási idejének számítását, ezért (ahogy a háló definíciója is mutatja) egyes módszerek eleve kizárják ezek meglétét, hiszen a hálók többsége – és egyéb módszerek, mint például a Gantt-diagram (Gantt, 1974) vagy a ciklogram – nem alkalmasak ezen feladat megoldására. Agilis projektek esetén sok esetben előfordulhatnak körök a projekt során, ezért ezek kezelésére alkalmas módszert is mutatok majd a 2.4.2. és a 2.6.1. alfejezetekben.

A logikai tervek megjelenítése

A projektek tervezésére és megjelenítésére szolgáló legelterjedtebb technikák: a listák, a Gantt-diagram¹², a mérföldkő-diagram, a ciklogram (line of balance¹³), továbbá a hálótervek¹⁴ (Kerzner, 2009; Schwarze, 2006). Egyes módszerek (Gantt-diagram, ciklogram) elsősorban az időtervezés során használhatók. A hálótervezési módszerek segítségével elválasztható a logikai tervezés és az időtervezés, ugyanis a hálótervek képesek a projekt felépítésének, a tevékenységek összefüggéseinek ábrázolására időadatok nélkül is (Lock, 1998; Schwarze, 2006). Emiatt ezen módszereknek a logikai tervezéshez kapcsolódó sajátosságait ebben az alfejezetben ismertetem, majd az időtervezéshez kapcsolódó tulajdonságait a következő, 2.4.2. alfejezetben mutatom be.

2-6. táblázat: A logikai tervezésre alkalmas módszerek összehasonlítása

Módszer	Előnyei	Hátrányai
listák	- a logikai tervezés legegyszerűbb módja, - egyszerűen és gyorsan elkészíthető.	- csak nagyon egyszerű projektek esetén használható, - nem képes ábrázolni a függőségeket, elágazásokat és a párhuzamosítást, - áttekintése hosszadalmas.
Gantt-diagram	- széleskörben elterjedt és használt módszer, - könnyen érthető, áttekinthető, könnyedén elkészíthető a tevékenységek és időadatok ismeretében, - megjeleníti az időbeli párhuzamosításokat is.	- a változtatások nehézkesek, korlátozott számú tevékenység esetén biztosítható csak az áttekinthetősége, - csak kis és közepes nagyságú projektek esetén hasznos, - nem minden esetben jeleníti meg közvetlenül a tevékenységek és események közötti függőségi viszonyokat.
hálótervezési módszerek	- már a tervezésnél figyelembe veszik a tevékenységek közötti sorrendet, - a tevékenységek ábrázolása független az időtől, illetve az időbeli lefolyástól, - alapot jelentenek az idő- és erőforrás-tervezéshez.	- típustól függ (2-10. táblázat)

Forrás: (Görög, 1999; Kerzner, 2009; Litke, 2007; Lock, 1998; Schwarze, 2006; Papp, 1967; PMI, 2006a)

A projektek tervezésének és vezetésének legfontosabb és elterjedt eszközei a hálótervezési módszerek. A **hálóterv** a projektstruktúrájának grafikus ábrázolása, a projekt tevékenységeit és/vagy eseményeit tartalmazza, továbbá a közöttük levő logikai és időbeli sorrendek, függőségek, logikai (technológiai) kapcsolatok sematikus ábrázolására szolgál, alapot jelent az idő- és erőforrástervezéshez is. (Kerzner, 2009; Papp, 1967; PMI, 2006a; Schwarze, 2006; Litke, 2007).

Papp (1969) a hálótervezési módszerek közötti alapvető különbségeket „a logikai tervben és az egyes részfeladatok időtartamának megállapításában” véli felfedezni, amelyek szerinte minőségi különbséget is jelentenek, ugyanis azt állítja, hogy „az időtervezésnél és költségtervezésnél ritkán követnek el hibát, a logikai tervezésnél már lényegesen több a hibalehetőség. Természetesen a logikai tervben levő hiba hatással van az időtervre is.” Papp (1969: 196-197.o.) Ebből is látható, hogy mennyire fontos a logikai tervezéssel foglalkozni, hiszen az jelenti a későbbi tervek alapját.

A hálótervezési módszerek Corsten (2000) szerint az elvárások/várakozások és a tevékenységek alapján négy csoportra oszthatók, ez látható a 2-7. táblázatban. Ahogy korábban a 2.1.2. alfejezetben bemutattam, egyes projekt típusok esetén magasabb a bizonytalansági fok. Ez a bizonytalanság nem csak a projekt megvalósítására terjed ki, hanem már a projekt terveinek elkészítésére is. A logikai terveknek lehet **determinisztikus kimenete** (amikor minden követő tevékenységet vagy eseményt el kell végezni), valamint **sztochasztikus csomópontkimenete** (amikor csak pontosan egyet valósítanak meg a lehetőségek közül).

Bizonyos esetekben (például agilis és extrém menedzsmentet követő projektek esetén) nehezen, vagy egyáltalán nem lehet előre meghatározni a projekt során elvégzendő egyes tevékenységeket, illetve a sorrendjüket, ilyenkor célszerű *lefutási alternatívákban* gondolkodni. A szakirodalomban **döntési hálóterveknek** vagy **sztochasztikus hálóterveknek** nevezik ezeket a megoldásokat. Különösen például a K+F területén

jellemző, hogy a projekt lefolyása nincs teljesen és egyértelműen rögzítve. A projekt végrehajtása során felmerülhetnek fontos döntések, amelyek befolyásolják a projekt haladásának irányát. A logikai tervben ezeket a döntéseket jelölni kell. A döntési pontból kiinduló élek mutatják a lehetséges kimeneteket, amelyekhez gyakran valószínűségi értékek is rendelhetők. (Schwarze, 2006)

2-7. táblázat: A hálótervezési technikák csoportosítása

Elvárás Tevékenységek	Egyértékű	Többértékű
Az összes tevékenységet végrehajtják	<i>Determinisztikus hálótervezési technikák,</i> pl. CPM, MPM	<i>Determinisztikus hálótervezési technikák sztochasztikus paraméterekkel</i> (pl. idő), pl. PERT
A tevékenységeknek csak egy részét valósítják meg	<i>Sztochasztikus hálótervezési technikák determinisztikus paraméterekkel,</i> pl. GAN ^{ix}	Tisztán sztochasztikus hálótervezési technikák, pl. GERT

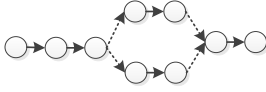
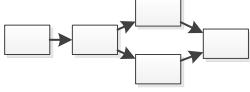
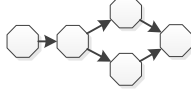
Forrás: (Corsten, 2000: 152.o.)

Corsten (2000) szerint a determinisztikus hálótervezési módszerek olyan projekteknél használhatók, ahol a projekt összes tevékenységét megfelelő sorrendben kell végrehajtani, míg a sztochasztikus hálótervezési technikák alkalmazása olyan projektek esetén célszerű, amelyeknél bizonytalanság jelentkezik, hogy egyes tevékenységeket egyáltalán végre kell-e hajtani, vagy csak egy későbbi időpontban. Ilyenek például a K+F projektek, termékfejlesztési, piacra bevezetési projektek. Azonban ilyen projekteknél nem biztos, hogy minden esetben megfelelően alkalmazhatóak a hálótervezési módszerek. A sztochasztikus logikai tervezésre gráf- és mátrix-alapú módszereknél is mutatok példát a dolgozatomban a 2.4.2., valamint a 2.6.1. alfejezetek végén, továbbá a kutatásom során kifejlesztett módszer leírását tartalmazó 3. fejezetben.

A hálótervek lehetnek *tevékenységorientáltak*, amikor csak a tevékenységeket veszi figyelembe, az eseményeket nem. Lehetnek ugyanakkor *eseményorientáltak*, amikor csak az időpontokhoz kötött események számítanak. Nem csak az alapmodellek lehetségesek, léteznek úgynevezett *vegyes hálótervek* is, amelyek a tevékenységeket és az eseményeket egyidejűleg jelenítik meg a tervben. A funkcionális elemeknek (tevékenység, esemény és kapcsolat) a formális elemekhez (csomópont és él) való hozzárendelése alapján háromféle hálótervezési eljárás azonosítható, ahogy a 2-8. táblázatban olvasható. (Litke, 2007; Schwarze, 2006)

^{ix} **General Activity Networks** (Elmaghraby, 1964: 494.o.)

2-8. táblázat: Hálótípusok, hálófajták összehasonlítása

Tevékenységsorientált háló		Eseményorientált hálótípus
tevékenység nyíl háló (AoN ¹⁵ , PDM ¹⁶ , IJ-háló ¹⁷)	tevékenység csomópontú háló (AoA ¹⁸ vagy ADM ¹⁹)	esemény csomópontú háló
		
- az eseményeket körök reprezentálják,	- a tevékenységeket a csomópontokban négyszögek ábrázolják,	- az eseményeket (mérőldköveket) reprezentálják a (nyolcszög formájú) csomópontok,
- a tevékenységeket és egyben a tevékenységek logikai kapcsolatát, sorrendjét a nyilakon ábrázolják,	- a nyilak a tevékenységek közötti függőségeket, logikai kapcsolatokat vagy korlátokat reprezentálják, amelyek akár precedenciákat (elsőbbségi viszonyokat) is kifejezhetnek,	- az összekötő nyilak az események közötti sorrendet, kapcsolatot mutatják,
- csak befejezés-kezdés függőségi kapcsolatok, - látszatevékenységek ²⁰ , - nehezen változtatható, - körülményes az elkészítése, nehéz a tervezése.	- többféle kapcsolattípus és előrehozások, késleltetések, - a több kezdő- és végpont elkerülése miatt egy-egy mesterséges kezdő- és végpont.	- áttekintő hálótípus; nem tartalmaz közvetlen információt a tevékenységekről, - olyan projekteknél használják, ahol nem tudják előre meghatározni a tevékenységeket a tervezési fázisban (pl. kutatás-fejlesztési projekteknél).

Forrás: (Görög, 2001; Kerzner, 2009; Lock, 1998; PMI, 2006a; Schwarze, 2006; Turner, 1993; 2009)

A gyakorlati alkalmazásban a tevékenység csomópontú hálók általában jobban megfelelnek a projektmenedzsment igényeinek (a projektmenedzsment szoftverek is ezeket részesítik előnyben), hiszen

- egyszerűen és gyorsan elkészíthetők;
- a tevékenységhez tartozó információk könnyedén hozzárendelhetők a csomópontokhoz a háló átláthatóságának és olvashatóságának zavarása nélkül;
- egyszerűen változtathatók, nyilak hozzáadhatók vagy elvehetők gond nélkül;
- nincs szükség látszatevékenységek használatára;
- komplexebb logikai struktúrák (különböző kapcsolattípusok, időbeli eltérések, átfedések és késleltetések) is ábrázolhatók.

Előnyeinek köszönhetően nagy számú tevékenység esetén is átlátható marad a háló. Hátránya, hogy az események nem ismerhetők fel tisztán, továbbá a minimális és maximális kapcsolatok alapjai nem ismertek mindenki számára. (Görög, 1999; Litke, 2007; Schwarze, 2006)

A logikai tervezés problémái

A logikai tervezés során a gyakorlatban előforduló leggyakoribb problémák:

1. rákövetkeztetések: gyakran nehéz meghatározni a kapcsolatokat, különösen, ha a sorrend nem egyértelmű. Ilyenkor a hálótípus megalkotásánál rögzítik a tevékenységek sorrendjét mindenekelőtt a tevékenységek, illetve a kötelező, könnyen megadható rákövetkeztetések alapján. (Schwarze, 2006)
2. többértelműség: további probléma adódik a gyakran nem egyértelmű rákövetkeztési sorrendekből. Sok esetben a tevékenységeknek többféle lehetséges sorrendje is létezik. A hálótípus elkészítéséhez azonban egyetlen lehetőség mellett kell dönteni. De hogyan lehet határozni erről? A projektek összefüggő részei egyesíthetők, összegezhethetők egyetlen „tevékenység blokkba”, így elkerülhető a tevékenységek

sorrendjének konkrét meghatározása. Ily módon növekszik a tervezés rugalmassága, a tevékenységek az aktuális helyzet figyelembe vételével hajthatók végre. Az összevont tevékenységek részletezésére használható technikák: az ellenőrzőlista, a sávdiaagram, az út-idő-diaagram, a tevékenységek sorrend nélküli megadása, résztervezés egy különálló részhálóval. (Schwarze, 2006)

3. a részletezettség foka: a tevékenység definíciója nem ad választ arra a kérdésre, hogy milyen nagy lehet, illetve milyen nagynak kellene lennie egy tevékenységnek. Gazdasági okokból az a jobb, ha egy terv nem túl részletes, ugyanakkor a durva terv magában hordja a hatékony ellenőrzés ellehetetlenülését. A túlrészletezettség azonban szükségtelen ellenőrzésekhez vezethet, továbbá a végrehajtás rugalmasságát is korlátozza. A projekttervezés egyik legfontosabb, de legnehezebb feladata a tervek optimális részletezettségi fokának megadása. (Schwarze, 2006)

A kutatásom elsősorban a projektek logikai tervezésének támogatására irányul. A dolgozatomban 3. fejezetében ismertetek egy modellt, amely képes kiküszöbölni a logikai tervezés előbbieiben vázolt problémáit, valamint a felsorolt technikák hátrányainak megoldásaként rugalmasabb tervezést tesz lehetővé.

2.4.2. Időtervezés és ütemezés „hagyományos” módszerekkel

A projekttervezés során a logikai tervezés mellett az időtervezés is elengedhetetlen. Az időtervezés feladatai:

- a hálóban lévő tevékenységek időtartamának meghatározása,
- a háló/projekt teljes időtartamának meghatározása,
- a kritikus út²¹ meghatározása és a tartalékidők kiszámítása (Papp, 1967: 29.o.).

A logikai tervezés során meg kell határozni az elvégzendő tevékenységeket és azok sorrendjét, a kapcsolatok típusát és eltéréseit, majd az időtervezés során meg kell becsülni a tevékenységek végrehajtásának időtartamát, továbbá ki kell jelölni a határidőket. Ezek alapján a projekt kezdetének ismeretében becsülhető vagy meghatározható a projekt átfutási ideje attól függően, hogy kisebb vagy nagyobb bizonytalansággal terhelt az időelemzés. Az időtervezés legfontosabb célja tehát a projekt megvalósításához szükséges legrövidebb idő kiszámítása a logikai korlátok és a tevékenységek becsült időtartama alapján. (Lock, 1998; Schwarze, 2006)

Az időtervezés egyrészt technikai megközelítésben (időtervezési technikák), másrészt módszertani szempontból is értelmezhető. Az időtervezés módszertani aspektusánál legfontosabb a projekthez leginkább megfelelő tervezési megoldások kiválasztása, meghatározása. Ehhez figyelembe kell venni a projekt során előforduló függőségeket (interdependenciákat) és a bizonytalanságokat, valamint a módszer esetleges korlátait is. (Görög, 2001)

Az időtervezéshez nélkülözhetetlen a tevékenységek időtartamának meghatározása, amely a tevékenység elvégzéséhez szükséges időmennyiséget, vagyis a kezdő- és végpontjai közötti időtartamot mutatja. Az időtartamot befolyásolja többek között a tevékenység elvégzésére fordított munkamennyiség, a hozzárendelt erőforrások becsült mennyisége és rendelkezésre állása, esetlegesen a külső korlátozó körülmények is

(például határidő, időjárási helyzet, stb.), amelyek szoros összefüggésben állhatnak egymással. (Görög, 2001; Litke, 2007; Papp, 1967; PMI, 2006a; Schwarze, 2006)

A **tevékenységidők becslése** lehet határozott időtartamú, illetve határozatlan időtartamú. A határozott időtartamú, az úgynevezett **determinisztikus** időbecslés során egyetlen, meghatározott időtartamot rendelnek az egyes tevékenységekhez. (Papp, 1967; PMI, 2006a; Schwarze, 2006) A határozott időtartamú időtervezés olyan projektek esetén használható, amelyekhez hasonlóakat már végeztek korábban, tehát rendelkezésre állnak információk a tervezés megkönnyítése érdekében (például építési projekteknél).

A határozatlan időtartamú, vagy valószínűségi tervezést alkalmazó **sztochasztikus** időtervező módszerek figyelembe veszik a bizonytalanságot; a tevékenységidőket nem egyértelműnek veszik, egy gyakorisági vagy valószínűségi megoszlást rendelnek hozzájuk. Különösen kutatási-fejlesztési tervek készítésénél jelentenek nagy segítséget, amelyek tervezése során nehezen becsülhető a tevékenységek időtartama. A várható átfutási időt²² *hárompontos becsléssel* a legvalószínűbb²³ vagy leggyakoribb, az optimista²⁴ és a pesszimista²⁵ időadatok súlyozott átlagaként számolják. Ezen módszerek hátránya a determinisztikus becsléshez képest, hogy nagyobb ráfordítást igényelnek. A tevékenység végrehajtási idejét számos tényező befolyásolja, ezért sztochasztikus időbecslés során sem szüntethető meg teljesen a bizonytalanság, bár csökkenthető. (Papp, 1967; PMI, 2006a; Schwarze, 2006)

A tevékenységidők becslése képezi az alapot a projekt reálisan várható időtartamának kiszámításához (Papp, 1967). A nem kritikus úton levő tevékenységeknél lehetőség van – tekintettel a rendelkezésre álló erőforrásokra – a tevékenységek legkorábbi kezdésre, legkorábbi befejezésre, legkésőbbi kezdésre vagy legkésőbbi befejezésre ütemezésére a tartalékidő figyelembevételével. (Schwarze, 2006)

2-9. táblázat: Időtervezési, ütemezési módszerek összehasonlítása

Módszer	Jellemzői, felépítése	Előnyei	Hátrányai, korlátai
Időtartam lista	- minden tevékenységhez tartalmazza a becsült időtartamot a kezdő és befejező időpontok feltüntetésével.	- legegyszerűbben elkészíthető, - kevés ráfordítást igényel.	- csak áttekintő jellegű projektek esetén használható, - kevésbé kapcsolódó tevékenységek időadatait kezeli.
Ciklogram, L.o.B.-diagram	- vertikális időtengely, horizontális távolsági tengely (vagy fordítva), - az egymás után elvégzendő munkákat, tevékenységeket egy növekvő egyenes ábrázolja, - láthatók az adott időpontig elérhető szakaszpontok.	- munkák vizualizálása az idő függvényében, - párhuzamosan futó részprojektek egyszerű megjelenítése.	- repetitív tevékenységek sorozatából álló projektek esetén, - földrajzi távolságon végzett munkák, - pl. vezetékhelyezési, út- vagy vasútépítési munkák, csővezeték építési projektek.
Gantt-diagram, vagy sávdiaagram	- A projekt tevékenységeit a vízszintes időtengely mentén ábrázolja sáv formában, - leolvasható az egyes tevékenységek kezdő és befejező időpontja.	- szemléletes, - könnyen érthető, - tervezésre és ellenőrzésre is, - csúszási időtartamok ²⁶ megjelölhetők, - függőségi nyilak alkalmazhatók.	- nem mindig mutatja a tevékenységek közötti függőségeket, - nem mutatja a tevékenységek korai vagy késői kezdésének eredményét, hogyan hat a csúszás a projekt teljesítési idejére.

Forrás: (Görög, 1999, 2001; Kerzner, 2009; Litke, 2007; Lock, 1998; Schwarze, 2006)

A 2-9. táblázatban röviden ismertetem az időtervezéshez és ütemezéshez alkalmas módszerek jellemzőit, kiemelem előnyeiket, hátrányaikat a többi módszerhez képest; azonban ezek a módszerek csak korlátozottan, szűk körben használhatók. A továbbiakban bemutatott hálótérvezési módszerek a projektek tervezése során gyakran használt segédeszközök, amelyek a projekt átfutási idejét elsősorban a tevékenységidők alapján számolják (Schwarze, 2006).

A különböző hálótérvezési technikák mindenekelőtt a grafikus ábrázolásukban térnek el. Mindhárom alaptípus ugyanazokat a funkcionális (tevékenységek, események, kapcsolatok) és formális (csomópontok és élek) elemeket tartalmazza, de különbözőképpen jelenítik meg őket (az alaptípusok összehasonlítása a 2-8. táblázatban található). A hálók tartalmazzák a projekt vagy program tevékenységeit és eseményeit, illetve mérföldköveit, a köztük lévő függőségeket, tartalmazhatják a különböző kapcsolattípusokat, időbeli eltéréseket, átlapolásokat. Ezek alapján kiszámítható a projekt átfutási ideje, költség- és erőforrásigénye, információ szerezhető a csúszásokról, erőforrások és idő közötti átváltásokról, a teljesítmény értékeléséről. (Görög, 2001; Kerzner, 2009; Litke, 2007; Schwarze, 2006; Wischniewski, 1993)

2-10. táblázat: A legelterjedtebb hálótérvezési módszerek áttekintése

Háló elrendezése	Tevékenység nyíl		Tevékenység csomópontú
Háló típusa	PERT ^x	ADM (CPM) ^{xi}	PDM (MPM) ^{xii}
Megoldandó feladat	Időtartambecslés.	Idő-költség közötti átváltás.	
Időbecslés	sztochasztikus – 3 becslés (határozatlan időtartamú)	determinisztikus – 1 becslés (határozott időtartamú)	
Orientációja	eseményorientált	tevékenységorientált	
Alkalmazhatósága	Ha a tevékenységek időtartama pontosan nem tervezhető meg.	Ha idő- (költség- és eszköz-) normák rendelkezésre állnak.	
Alkalmazási területe	Kutatás-fejlesztési projektek tervezésére és felügyeletére.	Beruházási, építési/kivitelezési projekteknél.	
Kapcsolattípusok	Csak befejezés-kezdés kapcsolatokat tud kezelni (akár eltéréseket is külön tevékenységként).		Nagyobb rugalmasság: Különböző kapcsolattípusok, időbeli eltérések, átfedések, késleltetések kezelése.
Előnyök	Jobban kezeli a bizonytalanságokat; AoA és AoN háló is lehet.	Egyszerű módszer.	Gyakorlatban elterjedt, projektmenedzsment szoftverek is ezt használják.
Hátrányok	Költségesebb és időigényesebb.	Komplex logikai kapcsolatokat nem tud ábrázolni.	Túl sok adat feltüntetése bonyolulttá teheti a háló áttekintését.

Forrás: (Papp, 1969; Lockyer–Gordon, 2000; Görög, 2001; McDaniel–Bahnmaier, 2001; Schwarze, 2006; Weaver, 2008; Kerzner, 2009).

Kerzner (2009) részletesen leírja a hálótérvezési módszerek előnyeit, miért ezek a technikák használhatók leginkább az időtervezés során. A hálók kiküszöbölik a 2-9. táblázatban bemutatott módszerek hiányosságait: mutatják a függőségi kapcsolatokat,

^x **PERT**: Program Evaluation and Review Technique (Fulkerson, 1962; Fatemi Ghomi – Rabbani, 2003)

^{xi} **ADM**: Arrow Diagram Method vagy **CPM**: Critical Path Method (Kelley – Walker, 1959; Kelley, 1961), néha CPA: Critical Path Analysis

^{xii} **PDM**- (Precedence Diagram Method) (Fondahl, 1961) vagy **MPM**- (METRA Potential Method)

átláthatóvá teszik a projektet. Azonosítják a projekt leghosszabb útját, a kritikus utat, ezáltal azonosíthatók a késések szempontjából kritikus tevékenységek, amelyekre különösen oda kell figyelni. A tartalékidővel rendelkező tevékenységek esetén a kezdés átütemezésével el lehet kerülni a csúszást. (Kerzner, 2009)

A hálótervezési technikák az 1950-es években jöttek létre az egyre gyakrabban előforduló, nagyméretű projektek tervezésének, irányításának és felügyeletének, vagyis a projektek menedzselésének támogatására. (Kerzner, 2009; Schwarze, 2006; Turner, 1993) A módszerek kialakulásának rövid áttekintését tartalmazza a mellékletben a 6-6. táblázat. A legismertebb és legelterjedtebb hálótervezési módszerek alkalmazhatóságát, felépítését, összehasonlítását tartalmazza a 2-10. táblázat. Egy részletesebb áttekintés található a mellékletben (6-8. táblázat).

A *logikai tervezés* során készített tervek lehetnek determinisztikusak vagy sztochasztikusak, ahogy az előbbi alfejezetben leírtam. A táblázatban ismertetett három alpmódszer mindegyike **determinisztikus** logikai struktúrát követ, hiszen adott tevékenységek meghatározott végrehajtási sorrendjét jelenítik meg. Mindhárom megfelel a háló definíciójának (súlyozott, irányított, körmentes gráfok egy kezdő- és egy végponttal), így egyetlen lefutási tervet jelenítenek meg az adott projekthez.

Mindhárom módszer hiánya azonban, hogy *nem tudják kezelni a projekttervekben előforduló köröket*, iterációkat, hurkokat. Browning (2001) is kijelenti, hogy a hagyományos hálótervezési technikák (PERT/CPM) nem képesek kezelni a visszacsatolásokat, iterációkat. Az ilyen jellegű feladatok megoldására a 2.6.1. alfejezetben ismertetek egy módszert.

Időtervezés tekintetében már megjelenik a bizonytalanság, ugyanis a CPM- és MPM-módszerekkel ellentétben a **PERT**-hálónál nem határozható meg a tevékenységek időtartama, három (optimista, legvalószínűbb és pesszimista) becslés alapján lehet várható értéket és szórást rendelni a tevékenységidőkhöz. Előbbi módszerek inkább hagyományos építési, beruházási projektek esetén alkalmazhatók, míg a PERT-módszert inkább K+F projekteknél célszerű használni, azonban a technika bonyolultsága és időigénye miatt fenntartásokkal kell a módszerhez hozzáállni, ahogy Schwarze (2006) és Kerzner (2009) is megfogalmazta kritikáiban.

Létezik egy, a PERT-hez hasonló technika, amely azonban nem csak az *időtervezés*, hanem a *logikai tervezés* tekintetében is **sztochasztikus**, ez pedig a Pritsker által 1966-ban kidolgozott **GERT-módszer**^{xiii}, ezt tekintem a „legfejlettebb” hálótervezési módszernek.

A GERT elsősorban rendszerelemzéshez készült, azonban Pritsker is rámutatott a módszer széleskörű alkalmazhatóságára. A GERT-hálók a „*kizáró vagy*” kapcsolatokon túl a „*megengedő vagy*” kapcsolatokat, valamint az „*és*” kapcsolatokat is tudják kezelni. A háló elágazásai jellemezhetők az adott ágak valószínűségeivel (annak a relatív gyakorisága, hogy az ág a háló része, vagyis mennyire valószínű, hogy az adott ág megvalósul), az adott ág elvégzéséhez szükséges időtartammal, vagy más tulajdonságokkal. Egy kidolgozott transzformációval a paraméterek egyesíthetők, így

^{xiii} **GERT**: Graphical Evaluation and Review Technique (Pritsker, 1966)

egyetlen paraméter képes leírni az egyes ágakat. A paraméterek alapján megbecsülhető, hogy az egyes kimeneti csomópontok megvalósulásának mekkora a valószínűsége, továbbá mennyi idő alatt hajtható végre. A GERT-hez kapcsolódóan készítettek egy számítógépes programot is, amely képes a sztochasztikus hálók érzékenységvizsgálatának elvégzésére is. A GERT-hálóban az ágak, élek tevékenységeket jelölnek, míg a csomópontok a logikai operátorokat jelenítik meg. Minden egyes csomópont egy bemenő és egy kimenő oldalból tevődik össze, amelyek jelöléseit szemlélteti a mellékletben a 6-7. táblázat. (Pritsker, 1966)

Pritsker úgy fogalmaz, hogy a PERT-típusú háló gyakorlatilag a GERT leegyszerűsített megjelenítése, egy sztochasztikus (GERT-típusú) háló csupa „ÉS” determinisztikus csomóponttal, ami azt jelenti, hogy minden ágot/tevékenységet meg kell valósítani a hálóban. (Pritsker, 1966)

A GERT-háló előnye, hogy megengedi és képes kezelni a hurkokat, a döntési eseményeket, az elágazásokat és a többszörös projekt végeredményt is. (Kerzner, 2009) Előnye még, hogy már a tervezés fázisában meg lehet határozni a projektterv megvalósulási valószínűségét és várható átfutási idejét a csomópontok és élek valószínűségeinek és időtartamának ismeretében. A módszer előnyei közé tartozik még, hogy mivel számítunk a tevékenység bizonytalan bekövetkezésére, illetve ismerjük is annak mértékét, előre fel tudunk készülni az esetleges projekt megvalósíthatóságát veszélyeztető buktatókra. Hátránya, hogy a GERT csak a tevékenységek időtartamát, illetve döntésszerű eseményeknél a lehetséges projekt-kimeneteket tekinti valószínűségi változóknak, a tevékenységek közötti kapcsolatokat nem. (Koh – Gunasekaran, 2006)

Az időtervezési technika megválasztása azért is fontos, mert az általa meghatározott projektterv képezi az erőforrás- és költségtervezés alapját. Az erőforrás- és költségkorlátok alapján, továbbá az erőforrások rendelkezésre állása alapján előfordulhat, hogy át kell gondolni, meg kell változtatni az ütemtervet. Azonban szükség esetén nem biztos, hogy az időterv, az ütemezés újragondolása elegendő a probléma megoldásához, szükség esetén vissza kell lépni a logikai tervezés szintjére. Meg kell vizsgálni, hogy mely tevékenységek megvalósítása lehetséges, mely tevékenységeket lehet helyettesíteni alternatív megoldásokkal, melyeket kell elhagyni a projekttervből (vagy jobb esetben későbbi projektekre halasztani), továbbá a projekt logikai struktúráját, a tevékenységek sorrendjét, rákövetkezéseit is lehet, hogy át kell gondolni. Ez különösen nagyobb bizonytalansággal terhelt projekt típusok esetén igaz.

2.4.3. Erőforrástervezés „hagyományos” módszerekkel

Általában egy projekt esetében nem lehet beérni az időtervezéssel, szükség van a költségek és erőforrások tervezésére is (Schwarze, 2006). A hálótér megmutatja az elvégzendő tevékenységeket és a közöttük levő kapcsolatokat, de nincs tekintettel az erőforrások rendelkezésre állására. A hálótérvek mégis hasznosak lehetnek az erőforrásallokációhoz, hiszen segítségükkel prioritizálhatók a tevékenységek. Az alacsonyabb tartalékidővel rendelkező tevékenységek kapnak magasabb prioritást, hiszen ezek csúszása hatással van a projekt befejezésére (Lock, 1998). A kritikus út

alapvető az erőforrás ütemezéshez és allokációhoz, mert a nem kritikus úton levő tevékenységek vagy események átütemezhetők másik időtartamban való végrehajtásra, így az erőforrások maximális kihasználása érhető el a kritikus út kibővítése nélkül (Kerzner, 2009).

Az **erőforrások** a projekt típusától függően lehetnek *materiálisak* vagy *szellemi* erőforrások. A manapság használatos projektmenedzsment szoftverek elsősorban csak a nagyjából homogénnek tekinthető emberi erőforrások allokációját tudják kezelni. Az erőforrások kezeléséhez két, a gyakorlatban is elterjedt és népszerű eszköz használható: az emberi erőforrások szakmai leltárának mátrixa²⁷ és a feladat/felelősség mátrix²⁸. (Görög, 1999).

Meg kell vizsgálni a rendelkezésre álló eszközöket, mint korlátokat is. Kapacitáskorlátok (például valamilyen eszköz-/munkaerőfelhasználási korlát) megléte esetén a tartalékidőket kihasználva elcsúsztatható az egyes tevékenységek végrehajtása, tehát a párhuzamos végrehajtás helyett a tevékenységek „*sorbakapcsolása*” jelentheti a jó megoldást. A kapacitásegyensúly fenntartása érdekében célszerű az erőforrások *elaszticitását* is megvizsgálni, például a munkaerő mennyire kezeli rugalmasan a túlórákat szükség esetén. (Papp, 1967)

Az erőforrások *helyettesíthetősége* is egy érdekes kérdés, például technológia megváltoztatása, tevékenységek elhagyása, bér munkában történő elvégeztetés tartozik ide. Ezen megoldások a hálótér strukturális átalakítását, megváltoztatását vonják maguk után, amely költségnövekedéshez vezethet. A példák alapján látható, hogy a hálótervezés biztosíthatja az erőforrások szempontjából reális, az idő és a költségek szempontjából pedig optimális terv létrehozását. (Papp, 1967)

Az **erőforrástervezésnek két fajtája** létezik a korlátoktól függően:

- *időkorlátos erőforrás-tervezés*: a projekt teljesítési időtartama kötött, azonban az erőforrások korlátlanul rendelkezésre állnak;
- *erőforrás-korlátos tervezés*: az erőforrások korlátozottak, a projekt időtartama az erőforrások rendelkezésre állásának függvénye.

Nagyon ritkán fordul elő még belső projektek esetén is, hogy korlátlanul álljanak rendelkezésre az erőforrások. Emiatt célszerű a szélsőségek helyett keresni az időterv kritikus útjának rövidítési lehetőségeit, illetve az erőforrás-kiegyenlítés lehetőségeit. Az erőforrás-kiegyenlítést nem csak egy projekten belül célszerű elvégezni, hanem több projekt esetén a szervezeten belül, továbbá a projektek és a szervezet nem projekt jellegű tevékenységeinek erőforrásszükségleteit figyelembe véve is. (Görög, 1999)

Papp (1969) kiemeli a RAMPS-módszer (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling: erőforrások elosztása és több terv együttes ütemezése) ismérveit. A módszer fő jellemzője a különböző kapacitások (gép, anyag, munkaerő) tervezése több, egyidejűleg végrehajtandó program esetén. Véleménye szerint a kapacitás egyenletes terhelése, az erőforrások egyenletes kihasználása gyakran fontosabb gazdasági érték, mint a költségek vagy az átfutási idő minimalizálása.

Témavezetőm, Kosztyán Zsolt Tibor (2005) doktori disszertációjában erőforrástervezéssel, erőforrás-allokációval foglalkozott, új módszereket dolgozott ki az

erőforrásokhoz kapcsolódó problémák megoldására. Egy lehetséges megengedett megoldásból kiindulva bebizonyította, hogy véges lépésben található optimális megoldás.

Az erőforrástervezéshez jó alapot nyújtanak az időtervezés, ütemezés során használható technikák, azonban nem biztos, hogy a tevékenységek tartalékideje képezi a legnagyobb mozgásteret a tevékenységek átütemezése során. Jobb és vélhetően költségkímélőbb megoldást jelentene, ha az adott projekt logikai terve képezné a módosítás alapját. Ehhez azonban elengedhetetlen a tevékenységek és kapcsolatok szintjén alkalmazott rugalmasabb tervezés. A későbbiekben ismertetésre kerülő, a kutatásom alapját képező módszer lehetőséget biztosít az erőforrások allokációja során a logikai tervek újragondolására is.

2.4.4. *Költségtervezés „hagyományos” módszerekkel*

A projekttervezés nagyon fontos szintje a költségtervezés, amely értelemszerűen kapcsolatban áll a tervezés más szintjeivel: a logikai tervvel, az időtervvel, illetve a munkaerőfelhasználás, anyagigény és -rendelkezésre állás tervezésével, vagyis a kapacitásstervezéssel (Schwarze, 2006). A 2-11. táblázat tartalmazza a projekt során felmerülő lehetséges költségek csoportosítását, összefoglalását.

2-11. táblázat: A projekt költségeinek csoportosítása

Közvetlen (változó) költségek	- a (nyers)anyagok és a munkaerő változó költségei; - kapcsolódnak az időbeli ütemezéshez a költséginfláció és egyéb okok miatt.
Közvetett (fix) költségek	- a menedzsment, az adminisztráció, a pénzkölcsönzés, a szolgáltatások, az általános hitelek, szállás, fűtési, világítási stb. fix költségek; - üzemek és felszerelések költségei (megvétel vagy bérlet); - kapcsolatban állnak az idővel.
A finanszírozás költségei	- idővel összefüggő költség, - hitelből vagy kölcsönből finanszírozott projekteknél kamatfizetés, - (biztosítási, pénzügyi vagy licenz szerződésekhez kapcsolódó) díjak, adók; - saját finanszírozású projekteknél alternatív költség (elesik a pénz máshova való befektetése során kapott kamat- vagy osztalékjövdelemtől)
Kötbér	- a késői megvalósítás esetén fizetendő egyfajta büntetésként

Forrás: (Litke, 2007; Lock, 1998; Turner, 1993; 2009)

A projekt költségeinek minél pontosabb becslése nagyon fontos a projekt költségvetésének megadása, illetve az esetleges árak kiszámítása miatt (Litke, 2007). Egy projekt költségeinek tervezése és ellenőrzése a kínálati árak önköltség alapú meghatározására (*előkalkuláció*) mellett a költségelszámoláshoz *információ* rendelkezésre állása miatt; a *terv-tény összehasonlításra* vagy a költségek *ellenőrzésére*; valamint a projekt információinak összegyűjtésére és *későbbi projektek tervezése* számára rendelkezésre bocsátásra szolgál. Belátható, hogy a projektek költségtervezése és –ellenőrzése (az elő- és utókalkuláció) lényegesen régebbre nyúlik vissza, mint a projektmenedzsment és a hálótervezési technikák. (Schwarze, 2006)

A költségtervezés során is használhatók a hálótervezési módszerek továbbfejlesztett változatai. Míg a PERT/cost eljárás a „költségvetés” szintjéig bővíti ki a határidőtervezést (nagyobb rugalmasságot biztosít az idő becslésében, ugyanakkor a költségtervezést attól függetleníti), addig a CPM-módszer lehetővé teszi a költség-idő

összehasonlítást, biztosítja a lehetséges programvariánsok közül a gazdasági szempontból optimális változat kiválasztását. A kétféle megközelítés párhuzamos használatával mindkét módszer előnye kihasználható. (Papp, 1969)

Ahogy a 2-3. táblázatban bemutattam, nemcsak hagyományos projektek léteznek. Agilis és extrém projektek esetén az előbbieken ismertetett eszköztár csak részben vagy egyáltalán nem is használható, ezért ezen projektekhez más módszertant kell alkalmazni.

2.5. Projekttervezés „agilis” módszerekkel

„Mi a jobb szoftverfejlesztés módjait fedezzük fel azáltal, hogy fejlesztünk és segítünk másokat fejleszteni. Ezen munkában értékesebbnek tartjuk:

- *Az egyént és a személyes kommunikációt, a módszertanoknál és az eszközöknél.*
- *A működő szoftvert, az átfogó dokumentációnál.*
- *A megrendelővel való együttműködést, a szerződéshez való merev ragaszkodással szemben.*
- *A változásra való reakciót, a tervek rigorózus követésével szemben.*

Noha, fontosak az utóbbiak is, mi fontosabbnak tartjuk az előzőeket.”

Agilis Szoftverfejlesztők Egyesülete

A fejezet nyitóidézte a „Kiáltvány az agilis szoftverfejlesztésért” (angolul: „Manifesto for Agile Software Development”) címet viselő dokumentumból származik (www.agilemanifesto.org, 2001).

2.5.1. Az agilis menedzselésű projektek és jellemzőik

Wysocki (2009) egy egyszerűsített felosztást alkalmazott a projektek tervezésére (a 2.3.2. alfejezetben a 2-3. táblázat), amelyek közül kutatásom során a hagyományos és agilis projektmenedzsment megközelítésekkel foglalkozok. Ezért a hagyományos projekttervezési módszereket bemutató alfejezet után írok az agilis projekttervezéshez kapcsolódó módszerekről, modellekről. Agilis megközelítés esetén a projekt célját világosan meghatározzák, ugyanakkor a megvalósítás módját nem, az bizonytalansággal terhelt. (Wysocki, 2009)

Wysocki (2009) a 2-3. táblázatban bemutatott négy projektmenedzsment megközelítéshez ötféle életciklus modellt dolgozott ki, amelyeknek az összegzése a 2-12. táblázatban található, míg az egyes modelleket bemutató 2-5. ábra a 2.2.3. alfejezetben látható. Agilis projektmenedzsment során az iteratív és az adaptív életciklus modellt célszerű követni. A projektmenedzsment az örökös változásokhoz való alkalmazkodásról szól, nem létezik egyetlen jó megoldás, folyamatosan képesnek kell lenni új „receptek” készítésére és alkalmazására. (Wysocki, 2009) Különösen agilis megközelítés esetén igaz ez az állítás, az ilyen projekteknél ugyanis mind az elvégzendő tevékenységek, mind a megvalósítási sorrend bizonytalan a projektre szánt rögzített időtartam, a korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások és költségkeret miatt (2-8. ábra – Dalcher, 2009), ezért a hagyományos projekttervezési módszerek csak korlátozottan használhatóak.

Ahogy az alfejezet nyitóidézetéből is látható, az agilis projektmenedzsmentet a 2.1.2. alfejezetben bemutatott projekttypusok közül alkalmazzák a szoftverfejlesztés, rendszerfejlesztés során is, általánosabban fogalmazva az agilis megközelítés *informatikai projektek* esetén figyelhető meg, azonban más, például termékfejlesztési, üzleti folyamat tervezési, folyamatfejlesztési projektek esetén is használják (Wysocki, 2009). Dolgozatomban elsősorban azon informatikai projektek logikai tervezésére fókuszálok, amelyekhez rugalmas módszerre van szükség a tevékenységek bekövetkezésének, valamint sorrendjének bizonytalanságának kezelésére. Ahogy az előző, 2.4. alfejezetben ismertetett módszerek korlátozott alkalmazhatóságából látható, agilis tervezés esetén szükség van egy új módszertanra. A 2.5.2. alfejezetben kiemelt problémák megoldására a 2.6. alfejezetben keresem a megoldást.

Az informatika igen széles terület, projektjeinek számos fajtáját különböztethetjük meg. A *műszaki tartalma szerint* létezik: (szoftver-) termékfejlesztési projekt²⁹, (egyedi) alkalmazásfejlesztési projekt³⁰, alkalmazásintegrációs projekt³¹, rendszerintegrálási projekt³², bevezetési projekt³³, infrastruktúrafejlesztési projekt³⁴, „tanulmánykészítési” projekt (előkészítés, felmérés, bevizsgálás), tesztelési projekt. Az informatikai projektek javarésze nem tartozik tisztán valamelyik csoportba, hanem leginkább ezek valamilyen *keveréke*. Például ritka az olyan bevezetési projekt, amelyhez ne társulna infrastruktúrafejlesztés, rendszerintegrálás, alkalmazásfejlesztés. (Langer, 2007)

Raffai (1996) az alábbi szoftverfejlesztési ágakat különítette el a rendszer jellegétől, a fejlesztés tárgyától függően: szoftverfejlesztés³⁵, rendszerfejlesztés³⁶, információrendszer tervezés³⁷ és tudástervezés vagy tudásalapú információfeldolgozás³⁸. Lényegét tekintve mindegyik esetén a cél egy szoftver elkészítése. Raffai (1996: 104.o.) megfogalmazása szerint: a fejlesztés „*ipari módon végzett termék előállítási feladat*”. Az elkészült termék elvárt színvonalának és minőségének biztosítása érdekében már a tervezés kezdetén egyértelműen meg kell határozni az elvárásokat, minőségi kritériumokat, majd meg kell adni „a fejlesztés során elvégzendő tevékenységeket, az alkalmazott módszereket és eszközöket” (Raffai, 1996: 74.o.).

Rendszerfejlesztés során három nagy fázis határolható el: a **rendszerelemzés** (mely a *funkcionális* kérdésekkel foglalkozik), a **rendszertervezés** (mely a *módszertani, szerkezeti* problémákra koncentrálna) és a **rendszerkivitelezési** fázis (mely a *végrehajtással* foglalkozik). A vállalatok változ(tat)ási kényszerére nyújt választ a három fázis, amelyek eredményeként létrejön az új szoftver vagy rendszer. A folyamat iteratív módon, ciklikusan ismétlődik. (Raffai, 1996)

Az információrendszer készítésekor három kérdésre kell választ adni: Mit? Hogyan? Kivel? Az első kérdés (**Mit?**) a rendszer céljának meghatározására utal, amelyet a környezethez, a körülményekhez és az igényekhez viszonyítva lehet megválaszolni. Tulajdonképpen a *funkcionalitásra* helyezi a hangsúlyt. A második kérdés (**Hogyan?**) a rendszer *technikai* megoldásainak tervezésére utal, a kifejlesztett szoftver szerkezetére, adatbázisstruktúrájára, ember és számítógép közötti kapcsolatra vonatkozik (hogyan kezelik, rögzítik, dolgozzák fel az információkat). A **Ki? Kivel?** kérdések a szoftver fejlesztésének, a fejlesztési folyamat végrehajtásának kérdéseire keresik a választ, a költségek és a működtetés emberi tényezőinek meghatározására irányulnak. A

rendszerfejlesztés fő kérdése: „Lehetséges-e egy elfogadható ráfordítású (végrehajtási aspektus), a felhasználói igényeket messzemenően kielégítő fejlesztési tevékenység (funkcionális aspektus) a rendelkezésre álló eszközökkel és lehetőségekkel (technikai aspektus)?” (Raffai, 1996: 83.o.)

A kérdésekre a logikai tervezés során is válaszolhatunk, hiszen dönteni kell a projekt során megvalósítandó funkciók és az elkészítésükhöz szükséges tevékenységek csoportba sorolásáról (fontos, kevésbé fontos, elhalasztható), továbbá a lehetséges tevékenységsorrendekről is. Ezt követően a (költség-, idő- és erőforrás-) korlátok figyelembe vételével a logikai tervezés során meghatározható lehetséges projekttervek közül ki kell választani a legjobb megoldást (ennek természetesen előfeltétele a terv költség-, idő- és erőforrásigényének ismerete).

Raffai (1996) szerint az információrendszer-fejlesztés³⁹ folyamatát projektként kell értelmezni, hiszen egyszeri feladat, amelyet több, egymástól viszonylag elkülöníthető, azonban egymásra épülő fázisban végeznek. (A fejlesztési projekt alapegysége a fázis.). A fejlesztés végrehajtásához szükség van az elvégzendő feladatok, fázisok egyértelmű meghatározására; a fejlesztési elvek rögzítésére; az elvégzendő tevékenységek és az elérendő célok ismeretére; az alkalmazandó módszerek, eljárások és technikák megadására; az alkalmazandó eszközök és segédanyagok rendelkezésre állására; az ellenőrzési, döntési pontok ismeretére; a termék elvárt minőségének biztosítására.

A tervek elkészítéséhez segítséget nyújthat az MDA (Model Driven Architecture) szabvány, amely a megvalósítás eszközeitől és módjától független (*platformfüggetlen*), valamint a megvalósítás módját figyelembevevő, a technikai részleteket leíró, az implementációt megvalósító (*platformspecifikus*) modelleket egyaránt tartalmaz. (Raffai, 2004) Az MDA szerint külön kell választani a különböző modelleket, ez azt is jelenti, hogy szét kell választani a projektvezetési és a szoftverfejlesztési módszertanokat. Ahogy a továbbiakban olvasható, különböző szoftverfejlesztési modellek, módszertanok léteznek, azonban a sajátosságaikat megfelelően kezelni és megjeleníteni képes, logikai tervezésre alkalmas módszerek nincsenek.

A szoftverfejlesztési projektek az informatikai projektek egy halmazát jelentik. Az informatikai projektek tartalmazhatnak kutatást, elemzést, új hardverek és szoftverek beszerzését és installálását változó mértékű szoftverfejlesztéssel. A projektek tartalmazhatnak kismértékű szoftvermódosítást (egy meglévő szoftver kibővítésére vagy más alkalmazással való integrálásra), míg más projektek nagymértékű szoftverfejlesztést foglalnak magukba. Schwalbe (2010) úgy fogalmazott, hogy a szoftverek fejlesztése során a hagyományos projektmenedzsment módszerek módosítása szükséges a termékéletciklustól függően. (Schwalbe, 2010)

Ez is alátámasztja, hogy a hagyományos projekttervezési módszerek alkalmazása informatikai projekteknél egyes esetekben egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan lehetséges. (Ezt mutatom be néhány modell esetén a 2.5.2. alfejezetben.)

A 2-12. táblázatban látható, hogy a szerzők projektmenedzsment (pl. Wysocki, 2009) és szoftverfejlesztési (pl. Benediktsson et al., 2006, Schwalbe, 2010) életciklus modelleket is megkülönböztetnek. Véleményem szerint Schwalbe (2010) „prediktív” életciklus modelljei, valamint Benediktsson és társai (2006) szekvenciális modelljei esetén

Wysocki (2009) felosztása alapján a hagyományos megközelítés érvényes, tehát a hagyományos tervezési módszerek használhatók. Ezzel szemben az „adaptív” modellek az agilis megközelítést követik.

2-12. táblázat: A projektmenedzsment és szoftverfejlesztési életciklus modellek csoportosítása

Szerző	Modellek csoportosítása
Wysocki, 2009	- Lineáris: A megoldás és a követelmények tisztán meghatározottak; nem várható túl sok változás a projekt terjedelmében; a projekt rutin jellegű és ismétlődő, használhatók korábbi sablonok. - Inkrementális: Hasonló feltételek, mint a lineáris modellnél, azonban az ügyfél növekvő üzleti értéket akar elérni. Lehetnek változtatások a terjedelemben. - Iteratív: A követelmények érezhetően nem teljesek vagy változhatnak; a projekt során merülhetnek fel új igények; a megoldás néhány jellemzője még azonosíthatatlan. /<i>evolúciós fejlesztési vízesés</i> (Evolutionary Development Waterfall), a <i>Scrum</i>, a <i>Rational Unified Process</i> (RUP) és a <i>dinamikus rendszerfejlesztési módszer</i> (DSDM – Dynamic Systems Development Method)/ - Adaptív: A megoldás és a követelmények csak részben ismertek; lehetnek funkcionálisok, amelyek még azonosíthatatlanok; számos változtatás várható a terjedelemben az ügyféltől; a projekt új termék kifejlesztésére vagy folyamat javítására irányul; a fejlesztési ütemezés szoros, nem megengedett az átdolgozás vagy az újratervezés. Az agilis projektmenedzsment extrém végét jelenti, amelyeket nagy bizonytalanság jellemez. - Extrém: A cél és a megoldás nem ismert pontosan; a projekt egy K+F típusú projekt.
Schwalbe, 2010	- A „prediktív” életciklus modellek (például a <i>vízesés</i>, a <i>spirál</i>, a <i>programnövesztési</i>, a <i>prototípus</i>, és a <i>gyors alkalmazásfejlesztési (RAD) modell</i>) esetén a projekt célja egyértelműen meghatározható, az ütemterv és a költségek pontosan megjósolhatók; - Az „adaptív” szoftverfejlesztési életciklus modellek feltételezik, hogy a szoftverfejlesztés egy alkalmazkodó megközelítést követ, ugyanis a követelmények nem határozhatók meg világosan az életciklus elején, így nagyobb szabadságot biztosítanak az előíró megközelítéshez képest. Fontos tulajdonsága, hogy a projektek komponens alapúak és időalapú ciklusokat használnak a határidők teljesítése, a mérföldkövek elérése érdekében. (<i>agilis szoftverfejlesztés</i>)
Benediktsson et al., 2006	- A szekvenciális fejlesztési modellek (például a <i>vízesés modell</i> vagy a <i>V-modell</i>) során a szoftverfejlesztés lépéseit egy ciklusban, sorosan egymás után hajtják végre. Ezek a modellek maximális ellenőrzést biztosítanak a folyamat felett, hiszen lineárisak, jól strukturáltak, azonban a változások, javítások és a tervek átdolgozása nehézkes. - Az inkrementális modell során több fázisban történik a fejlesztés, amelynek során a kibocsátott verziók lépcsőzetesen épülnek egymásra (általában az első verzió biztosítja az alapvető követelményeket, ez tartalmazza a magtermék funkcionálisát). A lépcsőzetes kibocsátás lehetővé teszi a folyamatos tanulást és visszacsatolást, ezáltal akár a vevői követelmények módosítását is. - Az evolúciós életciklus modellek nagyfokú technológiai kockázattal rendelkező projekteknel használhatók, amelyeknél a célok nem ismertek pontosan a projekt kezdetén, valamint a követelmények gyakran változ(hat)nak a projekt során. A folyamatos iterációk révén pontosíthatják a felhasználói igényeket, lehetővé teszik a folyamatos fejlődést, tanulást. - Az agilis modellek során jellemző a felhasználók folyamatos bevonása, támogatja a párhuzamos fejlesztés elképzelését, továbbá rövid határidőket szabnak a gyors teljesítés biztosítása érdekében („timeboxing”). Állandóan változó környezetben hasznos, ahol igény van a korai (részleges) megoldások kibocsátására.

A 2-5. ábra modelljei közül a lineáris modell tervezésére használhatók a hagyományos determinisztikus módszerek (pl. CPM, MPM), míg az inkrementális modellek esetén a rugalmasabb tervezési lehetőséget biztosító GERT-módszer jelenthet megoldást. Wysocki (2009) iteratív és adaptív modellek során különböző szoftverfejlesztési modelleket javasolt. Az adaptív modellek során egyre inkább az agilis modellek jelenthetnek a végrehajtásban segítséget.

2-13. táblázat: Az agilis módszerek jellemzői, előnyei és hiányosságai

Módszer neve	Fő jellemzői	Előnyei	Hiányosságai
ASD – Adaptive Software Development (Highsmith, 2000)	Alkalmazkodó kultúra, együttműködés, küldetés-vezérelt, komponens-alapú, iteratív fejlesztés.	A szervezeteket alkalmazkodó rendszereknek tekinti. Összekapcsolódó egyének hálózatából létrejövő szervezetet hoz létre.	Az ASD inkább elképzelésekről és kultúráról szól, mint szoftverfejlesztési gyakorlatról.
AM- Agile Modeling (Ambler, 2002)	Agilis alapelveket használ a modellezéshez: agilis kultúra és munkaszervezés a kommunikáció és az egyszerűsítés elősegítésére.	Agilis gondolkodás modellezésben is.	Jó kiegészítő elképzelés a magasszintű modellezéshez, azonban csak más módszerekkel együtt használható.
Crystal módszercsalád (Cockburn, 2002)	Módszercsalád, amelynek minden tagja ugyanazokkal az alapelvekkel és értékekkel rendelkezik, azonban a technikák, szabályok, eszközök és szabványok változóak.	A projekt mérete és fontossága alapján kiválasztható a megfelelő módszer.	Még csak két módszert dolgoztak ki a négyből, kiforratlan.
DSDM – Dynamic Systems Development Method (Stapleton, 1997)	Az irányítás felhasználása a gyors alkalmazás fejlesztéshez (RAD), időkeretek használata, DSDM csapat megbízása, aktív konzorcium a módszerfejlesztés irányításához.	Az első, igazán agilis szoftverfejlesztési módszer; prototípus-gyártás, különböző felhasználói szerepek (nagykövet, látnok, tanácsadó) az ügyfél nézőpontjának kifejezésére.	A módszer ugyan elérhető, azonban csak a konzorcium tagjainak van hozzáférése a módszer tényleges használatát leíró dokumentumokhoz.
XP- Extreme Programming (Beck, 1999)	Ügyfélorientált fejlesztés kis csapatokban.	A rendszer folyamatos újratervezése, újragondolása a teljesítmény és a használhatóság fejlesztésére.	Amíg az egyéni gyakorlatok alkalmazhatóak számos helyzetben, addig az átláthatóság és a vezetői gyakorlatok kisebb figyelmet kapnak.
FDD – Feature Driven Development (Palmer – Felsing, 2002)	Ötlépéses folyamat, objektum-orientált komponens alapú fejlesztés. Nagyon rövid iterációk, órától 2 hétig.	Egyszerű módszer, funkció alapú tervezés és megvalósítás, objektum modellezés.	Az FDD csak a kivitelezésre és megvalósításra fókuszál, a projekt kezdeti fázisait nem fedi le. Szükség van más támogató megközelítésekre is.
OSS – Open Source Software development (O'Reilly, 1999)	Önkéntes alapú, elosztott fejlesztés, gyakran a problémátér inkább kihívás, mint üzleti vállalkozás.	Jogdíjakat szednek; a forráskód bárki számára szabadon elérhető.	Az OSS nem egy önálló módszer; képesség arra, hogy az OSS közösség elvei alapján egy kereskedelmi szoftvert fejlesszenek.
PP – Pragmatic programming (Hunt – Thomas, 2000)	Az elmélettel szemben a gyakorlatra helyezi a hangsúlyt, a magasszintű automatizálás jellemzi a programozásban.	Konkrét és empirikusan alátámasztott tippek és javaslatok, tehát ez egy gyakorlatias megközelítése a szoftverfejlesztésnek.	A PP a fontos egyéni gyakorlatokra fókuszál, azonban ez nem egy olyan módszer, ami rendszerfejlesztésre is használható.
RUP – Rational Unified Process (Kruchten, 2000)	Teljes szoftverfejlesztési modell eszköztámogatással. Tevékenység-vezérelt szerep hozzárendelés.	Üzleti modellezés nagy eszköztárral. A szoftverfejlesztési projekt korai fázisait is támogatja.	A RUP modell számos területen használható, azonban a változó igényekhez nincs pontos leírás.
Scrum (Schwaber, 1995)	Projektmenedzsment megközelítés; független, kicsi, önszervező fejlesztő csapat; 30 napos kibocsátási ciklusok (sprintek).	Paradigmaváltást jelent a „jól meghatározott és megismételhető” helyett a „scrum új termékfejlesztési nézetére”.	Részletesen meghatározza a 30 napos szoftverkibocsátások ciklusát; de az integrációs és a jóváhagyási teszteket nem részletezi.

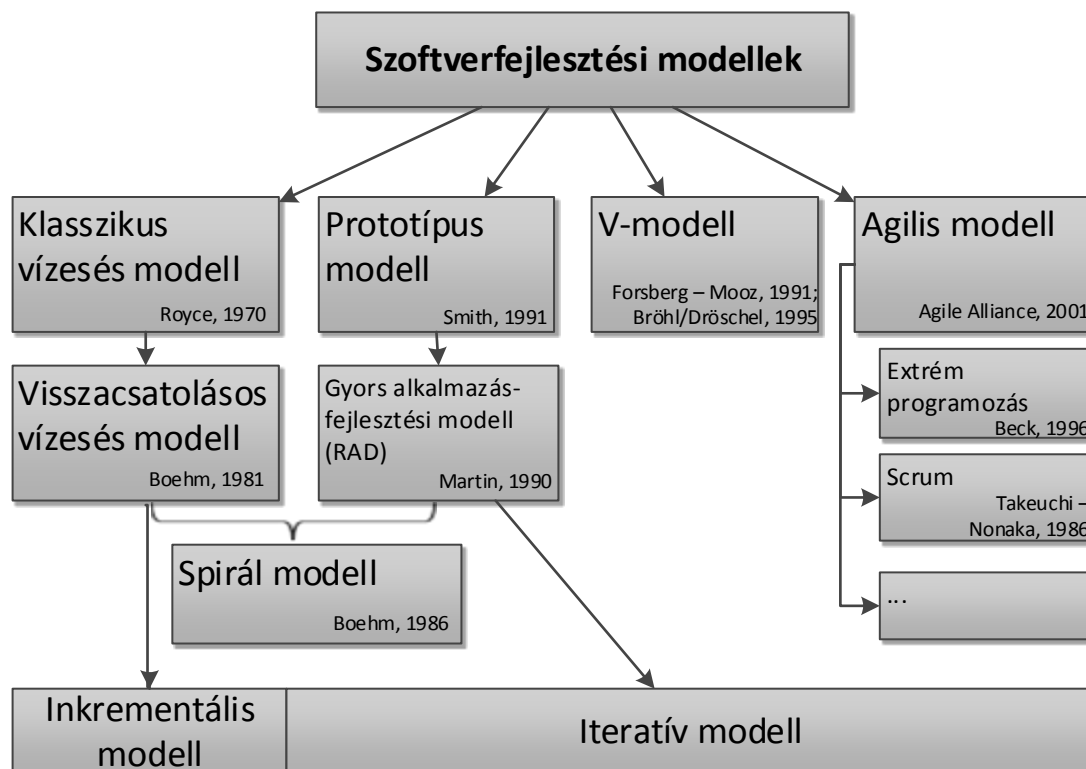
Forrás: Abrahamsson és társai (2002: 89-90.o.) alapján

Mind a hagyományos, mind pedig az agilis megközelítésnek vannak gyakorlatban követői, azonban nincs köztük egyetértés, hogy melyik a jobb megoldás, és melyik módszertan mikor használható jobban. Abrahamsson és társai (2002) szerint a hagyományos modellek nem alkalmazhatók megfelelően a gyakorlatban fejlesztési projektek során, inkább az agilis modellek alkalmazása célszerű, hiszen ezek a módszerek rugalmasak, alkalmazkodóak, lehetővé teszik a specifikációk változásának követését. Logikai tervezés szempontjából a követelmények módosulása, új követelmények megjelenése vagy meglévők elhagyása a projekt életciklusa során komoly nehézségeket jelent a 2.4. alfejezetben bemutatott módszerek számára. A MoSCoW-elemzés alkalmas lehet az elvégzendő tevékenységek csoportosítására, amely segítséget jelenthet abban, hogy az agilis megközelítés esetén a legfontosabb funkciókat fejlesszék ki minél gyorsabban. A megszerzett információk, tapasztalatok hozzájárulnak a hasonló projektek tervezéséhez, végrehajtásához.

Abrahamsson és társai (2002) publikációjukban összefoglalják és összehasonlítják az agilis szoftverfejlesztési megközelítéseket, módszereket (2-13. táblázat). Ezek az agilis modellek a fejlesztési folyamat során nyújtanak hasznosítható gyakorlati tanácsokat, elveket a szoftverfejlesztés rugalmasabbá tétele, gyorsabb végrehajtása, követhetősége érdekében, azonban projekttervezési szempontból nem nyújtanak segítséget. A hagyományos tervezési módszerek ezeknél a projekteknél csak részben használhatók, hiszen a tevékenységek és rákövetkezéseik bizonytalanságát nem tudják megfelelően kezelni, ahogy a korábbi fejezetekben bemutattam. A továbbiakban a szoftverfejlesztési modelleket és tervezhetőségüket, a tervezés problémáit ismertetem röviden.

Schwalbe (2010) szerint a szoftver típusa és az információs rendszer komplexitása határozza meg, hogy a fejlesztés során melyik életciklus modell használata célszerű. Raffai (1996) szerint is nehéz feladat az adott problémához legalkalmasabb modell kiválasztása, a döntésnél a költségek minimalizálását, valamint a magas színvonalú szoftvertermék kifejlesztését kell célként szem előtt tartani.

Benediktsson és társai (2006) elvégezték egy kísérletet különböző szoftverfejlesztési életciklus modellek összehasonlítására. Tizenöt csapat fejlesztett összehasonlítható szoftvertermékeket négy különböző fejlesztési megközelítés (V-modell, mint egy vízésés típusú modell; inkrementális; evolúciós és extrém programozás, mint egy agilis megközelítés) alkalmazásával. A kísérlet alapján megállapították, hogy a megfelelő életciklus modell kiválasztása a megoldandó probléma típusához kapcsolódik. *Agilis* módszereket célszerű használni, ha feltehetően a fejlesztők kisebb csapatokban dolgoznak, azonnali visszacsatolások és tudásmegosztás érhető el. Az, hogy a feladatokat kisebb iterációkban hajtják végre és a dokumentációkat korlátozzák, ideálissá teszi ezeket a megközelítéseket a tanulásra és az ügyfélnek való megfelelésre. (Benediktsson et al., 2006)



2-10. ábra: A szoftverfejlesztési modellek összefoglaló ábrája

A mellékletben a 6-9. táblázatban összefoglaltam a különböző szoftverfejlesztési modellek tulajdonságait, előnyeiket, hátrányaikat, mikor célszerű használni őket, valamint a 6-10. táblázatban vizuálisan is megjelenítettem az egyes életciklusmodellek felépítését, fázisait és a közöttük létrejövő kapcsolatokat. Az említett modellek támogatják ugyan az agilis végrehajtást, azonban a projektek logikai tervezéséhez, ütemezéséhez nem nyújtanak kvantitatív módszertant. A következő alfejezetben röviden mutatok néhány példát, hogy a szoftverfejlesztési modellekhez milyen logikai tervek készíthetők, továbbá a logikai tervezés során milyen problémákkal kell szembenézni.

2.5.2. Szoftverfejlesztési modellek logikai tervezése

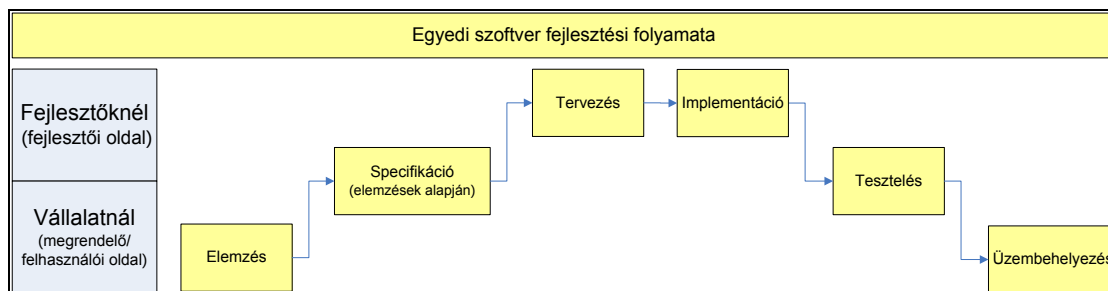
Az informatikai projekteket két oldalról is meg kell vizsgálni, egyrészt a fejlesztők oldaláról, másrészt a felhasználók oldaláról. Egyáltalán nem biztos, hogy mindkét részből ugyanazt a modellt használják, hiszen többnyire a két oldalon lévő elvégzendő feladatok is jelentősen eltérnek egymástól, csak néhány olyan pont van, ahol a fejlesztők és a leendő felhasználók (kezdetben megrendelők) közösen dolgoznak. A fejlesztők szemszögéből úgy gondolom, hogy leginkább a szoftverek fejlesztési folyamata emelendő ki, hiszen egy informatikai projekt során általában egy szoftver játssza a főszerepet, hiszen annak bevezetése a projekt fő célja. Az előzőekben bemutatott modellek közül a vízesés, V-modell, prototípuson alapuló, valamint a programnövesztési modell inkább a felhasználói oldal igényeinek felel meg, míg az újrafelhasználható komponenseken alapuló, a magasszintű nyelveken alapuló, a spirál modell, az operációs folyamatmodell, az agilis és az extrém programkészítés a fejlesztői szabadságot helyezi előtérbe. (Kiss, 2009)

A szoftverfejlesztés élelciklusa hasonlít a 2-2. táblázatban ismertetett projektmenedzsment élelciklus modellekhez. Raffai (1996) az alábbi kiemelt **fázisokat** azonosította a fejlesztési ciklusban: Problémadefiniálás, célkitűzés; Elemzés; Tervezés; Megvalósítás, kivitelezés; A rendszer próbaüzeme, átadása, működtetése; Rendszerfelügyelet, minőségellenőrzés, korszerűsítés. (Raffai, 1996) A továbbiakban bemutatott, a szoftverfejlesztési modellek leegyszerűsítése során általánosságban a következő 6 fázisról beszélhetünk: Elemzés, Specifikáció, Tervezés, Implementáció, Tesztelés és Üzembe helyezés. *Elemzés* során méri fel az igényeket, milyen rendszert szeretnének bevezetni, mire legyen képes, milyen előírásoknak feleljen meg. *Specifikáció* során meghatározzák, milyen bemenetekre, kimenetekre van szükség, mit tartalmazzanak és hogy nézzenek ki a modulok, hogyan kapcsolódjanak egymáshoz, tehát a szükséges dokumentáció (szoftver- és hardverigény terv és felhasználói kézikönyv) elkészítése tartozik ebbe a fázisba. A *tervezés* során a specifikáció alapján a fejlesztők elkészítik a szoftver tervét, majd az *implementáció* során meg is valósítják a terveket. Ezt követi a *tesztelés* fázisa (fejlesztői, megrendelői, illetve közös tesztelés), majd ha megfelelően működik a szoftver, akkor következhet az *üzembe helyezés*. (Kiss, 2009)

A továbbiakban röviden ismertetem és értékelem a szoftverfejlesztés, azon belül is specifikusan az információs rendszerek fejlesztésének menetét, a kapcsolódó tevékenységeket, majd a fázisokra épülő lehetséges szoftverfejlesztési módszereket. Saját készítésű ábrákkal teszem szemléletesebbé a modellek összehasonlítását.

Az alábbi két ábrán a szoftverfejlesztés két szélsőséges esetét – az egyedi és a standard szoftver fejlesztési folyamatát – mutatom be a vízesés modell segítségével. Majd a fő fázisok alapján bemutatok néhány szoftverfejlesztési modellt is saját készítésű ábrákon. A szaggatott vonal azt mutatja, hogy nem biztos, hogy van kapcsolat az adott fázisok között, vagy bizonytalan az adott fázis részvétele a folyamatban, illetve az is előfordulhat, hogy a megszokottól eltérő lesz a fázisok végrehajtási sorrendje. (Ilyen esetek kezelésére, tervezésére nem alkalmasak a hagyományos folyamatszerkezési, projektütemezési módszerek, azonban a kutatásom során kidolgozott, a későbbiekben ismertetett, általam kidolgozott mátrix-alapú módszer már tudja kezelni az előbbieken leírt problémákat.) (Kiss, 2009)

Egyedi szoftverfejlesztés (2-11. ábra) esetén a fejlesztők a vállalat igényei alapján hozzák létre a kért szoftvert, végigjárva a fejlesztés folyamatának szakaszait. Ilyen lehet például egy vállalat igényei szerint kialakított egyedi nyilvántartási rendszer. (Kiss, 2009)

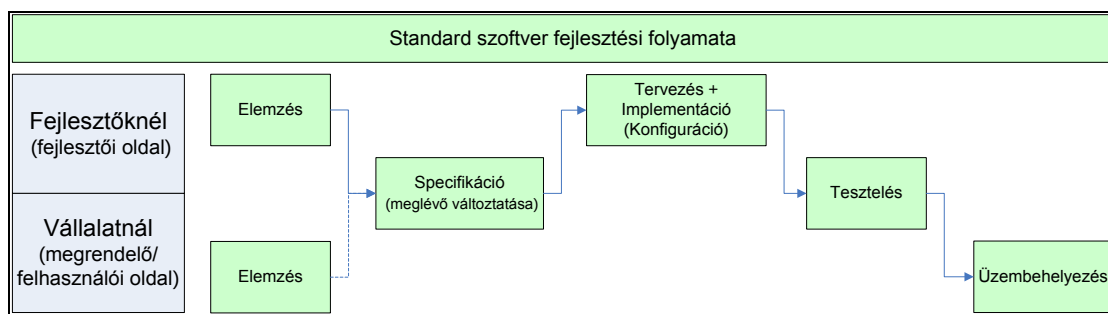


2-11. ábra: Az egyedi szoftverfejlesztés folyamata

Forrás: (Kiss, 2009)

Standard szoftverfejlesztés (2-12. ábra) esetén a fejlesztők már előzetesen elkészítették a szoftvert, amelyet a fejlesztő cég minél nagyobb körben akar értékesíteni szinte változtatás nélkül. Ilyenkor a tervezés és implementáció fázisokat össze lehet vonni, hiszen egy új rendszer kifejlesztéséhez képest kisebb változtatásokat, konfigurálást kell csak végezni a szoftveren, hogy jobban illeszkedjen a vállalati folyamatokhoz. (Kiss, 2009)

A fejlesztők elemzést végeznek, ez a fejlesztési folyamat kiindulópontja. A vállalatnál is történik elemzés, azonban nem biztos, hogy ezt követően közösen végzik a specifikációt, hiszen az általános használatra szánt szoftvert valamilyen szinten a vállalat igényeihez kell igazítani. Előfordulhat olyan eset is, hogy a vállalati elemzési fázis után másik szoftvert választanak, így a korábbi szoftver további fejlesztési fázisaiban már nem vesznek részt a megrendelők/felhasználók. (A 2-12. ábra szaggatott vonallal jelölt rákövetkezése jelöli ezt a bizonytalanságot.) Ilyen lehet például amikor egy ERP-rendszer bevezetését tervezik, ehhez kapcsolódóan elemzéseket végeznek, aztán mégis egy másik rendszert vezetnek be. (Kiss, 2009)

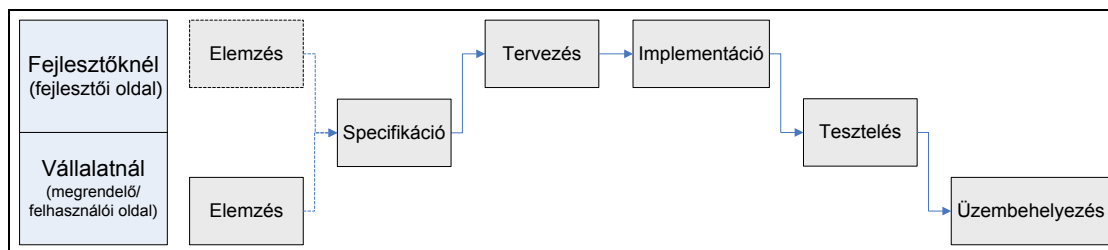


2-12. ábra: A standard szoftver fejlesztési folyamata

Forrás: (Kiss, 2009)

A továbbiakban egyszerűsíttem a folyamatábrát, majd segítségével bemutatok néhány tipikus szoftverfejlesztési modellt, pontosabban a modellek logikai terveinek leegyszerűsített ábráit a fejlesztők és a megrendelő szemszögéből.

Először is a *vízesés modell* általánosított felépítését mutatja a 2-13. ábra különválasztva a fejlesztőknél, illetve a megbízó vállalatnál elvégzendő tevékenységeket. (Kiss, 2009)



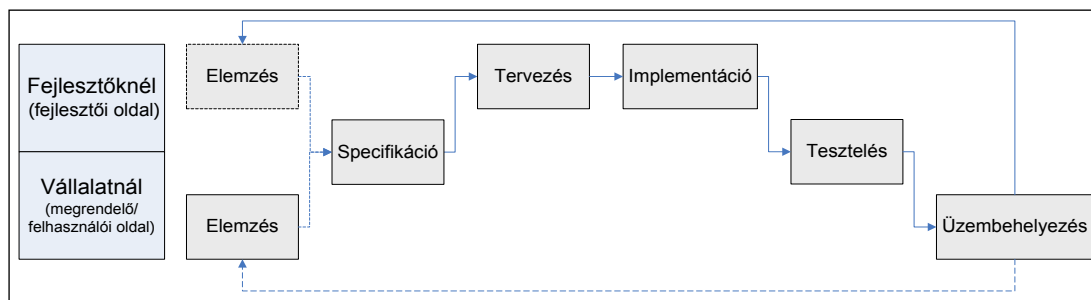
2-13. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata vízesés modellel

Forrás: (Kiss, 2009)

Ezen az ábrán már nem csak egyes rákövetkezések, hanem egyes tevékenységek is szaggatott vonallal vannak jelölve, ez fejezi ki az adott kapcsolat és tevékenység megvalósításának bizonytalanságát.

*Spirál modell*nél a fejlesztési folyamat folyamatosan újra és újra lefut. Az egyes ciklusok lezárását követően újra elemzés következik a szoftver folyamatos fejlesztése,

javítása, esetleges hibák kijavítása, új igények felmerülése miatt. Így biztosítják a szoftver folyamatos megfelelőségét. (Kiss, 2009)

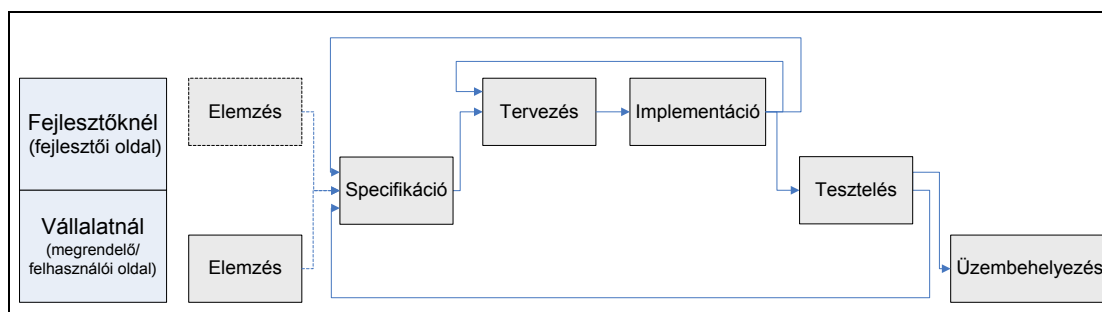


2-14. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata spirál modellel

Forrás: (Kiss, 2009)

Hagyományos logikai tervezési módszerek segítségével nem kezelhetők a visszacsatolások, különösen a visszacsatolás bizonytalansága (szaggatott vonallal jelölve). A GERT-módszerrel ugyan a körfolyamatok megjeleníthetők, továbbá a visszacsatolás valószínűségének és időtartamának ismeretében kalkulálható a terv várható átfutási ideje, azonban a módszer nem terjedt el nagy számításigénye és bonyolultsága miatt.

V-modell esetén folyamatos visszacsatolásokat végeznek a korábbi fázisokra, különösen az elemzési, specifikációs és tervezési szakaszokra, hiszen a fejlesztési folyamat előrehaladtával problémák merülhetnek fel, amelyeket meg kell oldani, illetve újabb ötletek támadhatnak, melyekkel javíthatják a szoftvert, de az is előfordulhat, hogy megváltozik a szoftver rendeltetése vagy felhasználása. (Kiss, 2009)

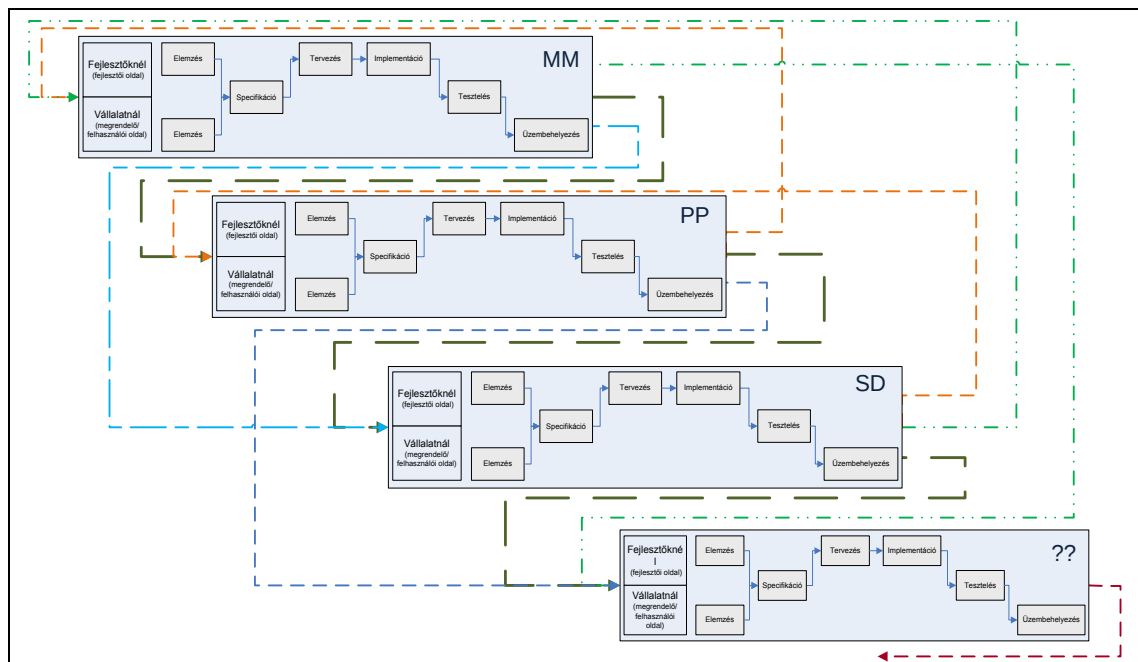


2-15. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata V-modell alapján

Forrás: (Kiss, 2009)

Programnövesztésre jó példa egy dobozos ERP-rendszer kifejlesztése, melyet általában modulonként végeznek. A modulok fejlesztése végezhető sorosan, de akár párhuzamosan is, a sorrendjük többféle lehet. Például először az MM (anyagszükséglettervezési) modult fejlesztik ki, majd a PP (termelésstervezés), ezt követi az SD (értékesítéstervezés) modul, és így tovább. A fejlesztési folyamathoz hasonlóan akár tekinthetjük egy vállalatnál történő ERP-bevezetés folyamatát is programnövesztésként, feltételezve, hogy modulonként vezetik be a rendszert. Először például a logisztikai modulokat (MM, PP, SD), majd a későbbiek során egyéb területre is ki akarják terjeszteni a rendszer használatát. A később szándékolt bevezetéseket szaggatott vonallal jelöltem, hiszen azok – akár jelenlegi költségkorlát miatt – később esedékes tervek. (Kiss, 2009) Azonban az ábrázolt modulok sorrendje sem kötött. A

lehetséges bevezetési sorrendeket egyidejűleg nem képesek áttekinthetően megjeleníteni a hagyományos logikai tervezési módszerek, ezért látható sok egymást keresztező szaggatott vonal az összes lehetséges megoldás egyidejű reprezentálására (2-16. ábra).



2-16. ábra: A szoftverfejlesztés folyamata programnövesztési modellel

Forrás: (Kiss, 2009) alapján

Az alfejezetben ismertettem az informatikai projektek sajátosságait más projektekhez képest, valamint néhány példán keresztül bemutattam a szoftverfejlesztés, illetve -bevezetés során használatos/használható modelleket. Utaltam rá, hogy ezen projektek logikai tervezése során nem használhatók megfelelően a rendelkezésre álló módszerek, hiszen néhány **problémát** nem tudnak kezelni:

- vannak olyan tevékenységek, amelyeket nem biztos, hogy végrehajtanak, vagy előfordulhat, hogy új tevékenység, feladat, funkció szükséges;
- a tevékenységek között léteznek lehetséges kapcsolatok, tehát nem biztos rákövetkezések jellemezhetik; bizonytalan tevékenységsorrendek is elképzelhetők (például 2-16. ábra),
- lehetnek visszacsatolások például bizonyos fejlesztési modellek során, amelyek kezelésére az említett módszerek nem alkalmasak.

Mind a tevékenységek, mind a rákövetkezések bizonytalanságát szaggatott vonallal jelöltem az ismertett szoftverfejlesztési modell sémáknál. A bemutatott példákból és felsorolt problémákból is látható, hogy agilis projektek logikai tervezése során miért nem használhatók a hagyományos projekttervezéshez kidolgozott módszerek. Az agilis projekt tervezéséhez, ütemezéséhez nincsenek hatékony módszerek, pusztán elvek, modellek léteznek.

A 2.4. alfejezetben ismertettem a hagyományos projektek tervezésére kidolgozott módszerek hátrányait is kiemelve, hogy többnyire képtelenek a körök, iterációk kezelésére, ugyanazon tevékenységsor közötti egyetlen végrehajtási sorrendet tudnak megjeleníteni. Az agilis projektek logikai tervezésének problémáit még a legfejlettebb

hálótervezési módszerek, mint a GERT-módszer sem tudja kielégítően kezelni, hiszen ugyan az iterációkat tudja kezelni, a bizonytalan rákövetkezések kezelése, mint döntési helyzet, bizonyos korlátok között még megoldható, azonban a tevékenységek bizonytalanságának kezelése már meghaladja ezen módszer alkalmazhatóságának kereteit. Ezen korlátok leküzdése érdekében figyelmem a mátrix-alapú módszerek felé fordult, a következő alfejezetben azt vizsgálom, hogy ezen technikák alkalmasak lehetnek-e mind a hagyományos, mind az agilis projektek logikai tervezésére, ütemezésére, majd ezek alapján erőforrás- és költségtervezésére.

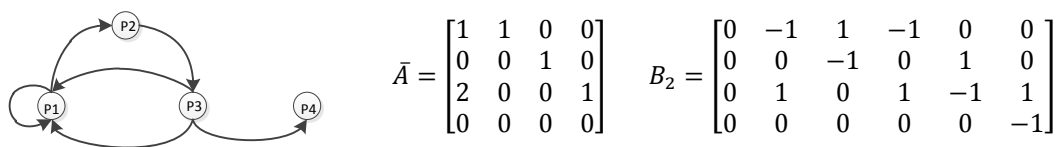
2.6. Projekttervezés mátrix-alapú módszerekkel

A gráfok ábrázolhatók mátrix formában is, vagyis a „hagyományos” módszerek megjeleníthetők mátrix-alapú módszerek felhasználásával is. A 2.4. alfejezet felosztásához hasonlóan mutatom be, hogyan valósítható meg a logikai tervezés, az ütemezés, illetve az erőforrás- és költségtervezés mátrix-alapú módszerek segítségével. Mivel ezen módszerek kevésbé ismertek, azonban a kutatásom során kidolgozott módszer alapját képezik, ezért kicsit részletesebben ismertetem őket.

2.6.1. Logikai tervezés mátrix-alapú módszerekkel

A 2.4.1. alfejezet alapján kijelenthető, hogy egy projekt logikai tervének elkészítéséhez ismerni kell a projekt során elvégzendő tevékenységeket és a közöttük lévő rákövetkezéseket, kapcsolatokat. A fejezet során bemutatom, hogyan lehet a gráfokat mátrix formában megjeleníteni. Ahogy az ábrákon is látható, a mátrixok visszavezethetők gráf formára, valamint a gráfok is ábrázolhatók mátrix alakban.

A két legismertebb mátrix az incidencia- és az adjacenciamátrix, amelyek mind irányítatlan, mind irányított gráfokhoz elkészíthetők (a hálótervekre való tekintettel irányított gráfokról és mátrixokról van szó dolgozatomban.). A 2-17. ábra tartalmaz egy példát, hogyan jeleníthető meg egy gráf adjacencia- és incidenciamátrix segítségével.



2-17. ábra: A gráf megjelenítése adjacencia- és incidenciamátrixszal

Forrás: (Andrásfai, 1983: 132,137.o.)

Az *élmátrix*, más szóval *illeszkedési* vagy *incidenciamátrix* „azt fejezi ki, hogy a gráf élei miként illeszkednek pontjaihoz.” A gráf csomópontjai szerepelnek a sorokban, míg az élei az oszlopokban vannak feltüntetve. Minden esetben 0 oszlop jelöli a hurokél (azonban nem jelenik meg, hogy melyik csomópontnál helyezkedik el a hurokél); irányított gráf esetén 1 mutatja, hogy két pont (i és j) között létezik nem hurokél p_i kezdőponttal, és -1 mutatja, ha létezik nem hurokél p_j végponttal (Andrásfai, 1983; 137.o.). Ez a mátrix nem a legjobb megoldás projektek logikai tervezéséhez.

A *csúcsmátrix*, más szóval *szomszédossági*, vagy *adjacenciamátrix* egy kvadratikus mátrix, amelynek a_{ij} eleme a p_i kezdőpontú és p_j végpontú irányított élek számát jelenti (Andrásfai, 1983; 132.o.). A mátrix cellájának értéke 1, ha létezik egy él a csomópontok között; és 0, ha nincs él (Rogers, 1999). Az átlóban elhelyezkedő 1-es érték jelöli a hurokért. Egyértelműen látszik, hogy melyik csomópontoz tartozik.

Kutatási témámhoz kapcsolódóan érdemes kiemelni a *precedencia mátrix*okat, amelyeket az 1960-as években projekteknél használtak (Fernando, 1969; Hayes, 1969; Steward, 1987; Browning, 2001, 2010; dsmweb.org). Az adjacenciamátrixhoz hasonlóan a *precedencia mátrix* szintén egy négyzetes mátrix. A főátlót (*) jelöli, az átlón kívüli cellákban 'X' mutatja, ha létezik él két csomópont között, üres cella, ha nem létezik. (Rogers, 1999).

Ha a gráfot egy tevékenység csomópontú hálónak tekintjük, akkor mindkét módszer (az adjacencia- és a precedencia mátrix is) alkalmas lehet a gráf logikai tervének megjelenítésére. Azonban véleményem szerint egy nagyobb gráf esetén már nehéz átlátni, hogy melyik él és csúcs között milyen irányú kapcsolat van. A csúcsok közötti élek száma többet elárul egy gráfról, ezért az adjacenciamátrixot gyakorlatban jobban alkalmazhatónak tartom logikai tervezésre. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy több, négyzetes mátrix-alapú módszer is fellelhető a szakirodalomban, amelyek alkalmasak a gráf reprezentáció helyettesítésére. Ezeket ismertetem a továbbiakban. A mátrix-alapú módszerek mellett szól az az érv is, hogy a bemutatott hálótervezési módszerek többségével ellentétben felépítésük révén képesek a körfolyamatok, iterációk kezelésére is (Browning, 2001).

A bináris DSM-mátrix

Az MIT (Massachusetts Institute of Technology) és a TUM (Technische Universität München) kutatói által összeállított és karbantartott „dsmweb.org” című honlapon találtam rá egy mátrix-alapú módszert sokoldalúan bemutató gyűjteményre. A módszer egyre nagyobb ismeretségnek örvend, amelyet az évente megrendezett DSM konferencia (eddig 15 volt) is alátámaszt. Eppinger és Browning (2012) jóvoltából könyv is készült a DSM-hez kapcsolódóan.

A **DSM** elnevezés több módszer „gyűjtőnevének” tekinthető: *Design Structure Matrix*, *Decision Structure Matrix*, *Dependency Structure Matrix*, *Dependency Source Matrix*, *Dependency Structure Method*, *Dependency map*, *Interaction matrix*, *Incidence matrix*, *Precedence matrix*, *Problem Solving Matrix (PSM)*, N^2 -*matrix*, *Design Precedence Matrix* (Browning, 2001; Browning, 2010). Magyarul talán a *függőségi struktúra mátrix* a legjobb fordítás az én értelmezésemben (DSM=„Dependency Structure Matrix”).

A kutatók és vállalati szakemberek a DSM-módszerhez különféle algoritmusokat dolgoztak ki, számos alkalmazási lehetőségét ismertették a konferenciákon. A felhasználhatóság a folyamattervezés és a projekttervezés területére is kiterjed. Az alábbi táblázat néhány példát tartalmaz arra, hogy a DSM-módszert milyen gyakorlati alkalmazások során használták.

2-14. táblázat: A DSM-módszer gyakorlati alkalmazási területei

Ipari szektor	Szerző(k)
építőipar	Austin et al., 1998; Austin et al., 2000; Austin et al., 1996; Huovila et al., 1995; Kähkönen et al., 1997; Koskela et al., 1997
félvezető ipar	Eppinger, 2001; Osborne, 1993
autógyártás	Malmström et al., 1999; Rushton – Zakarian, 2000; Sequeira, 1991; Smith – Eppinger, 1997a,b
fényképészet	Ulrich – Eppinger, 2000
repülőgépgyártás	Ahmadi et al., 2001; Ahmadi – Wang, 1994; Andersson, 1999; Browning, 1996; 1998 a,b,c; Clarkson – Hamilton, 2000; Danilovic, 1999; Grose, 1994; Makins – Miller, 2000; Nour – Scanlan, 2000
telekommunikáció	Pinkett, 1998
kissorozat gyártás	Lewis – Cangshan, 1997
gyárfelszerelés	Hameri et al., 1999
elektronikai ipar	Carrascosa et al., 1998

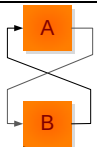
Forrás: (Browning, 2001)

Az alap, **bináris DSM** az adjacenciamátrixhoz hasonlóan egy **négyzetes mátrix**, amely *soraiban és oszlopaiban* ugyanabban a sorrendben tartalmazza az *elemeket*, a mátrix *diagonálison kívüli celláiban* pedig az *elemek közötti kapcsolatokat* mutatja valamilyen szimbólummal. Mindkét elrendezés elképzelhető, de a továbbiakban is a sorok jelentik majd a *bemeneteket (megelőzéseket)*, míg az oszlopokban levő elemek mutatják a *kimeneteket (rákövetkezéseket)*. A mátrix lehet szimmetrikus, amikor az oda-vissza kapcsolatok is elképzelhetők (gráf reprezentáció esetén ez az irányítatlan gráf esete); illetve aszimmetrikus, amikor fontos a kapcsolat iránya (az irányított gráfnak feleltethető meg) (Browning, 2010). Ahogy a háló definíciója is kimondja („irányított, körmentes gráf”), projekttervezésnél célszerű meghatározni a kapcsolatok irányát, ezért a továbbiakban *aszimmetrikus* mátrix-alapú módszerekről lesz szó. A DSM soha nem lehet visszaható, vagyis egy tevékenységből ugyanazon tevékenységbe irányuló kapcsolat, az úgynevezett hurokél nem megengedett. A továbbiakban ismertetett módszereknél is érvényes ez a kijelentés.

A DSM algoritmusai

A DSM-módszer a hagyományos módszerek többségétől eltérően háromféle kapcsolatot képes kezelni a mátrix elemei között. Ezek a *soros* kapcsolatok, a *párhuzamos* kapcsolatok, illetve az *iteratív* kapcsolatok, amelyeket a megfelelő cellába tett ('X') jel mutat (2-15. táblázat). (Eppinger – Browning, 2012; dsmweb.org)

2-15. táblázat: Kapcsolatok jelölése DSM-mátrixban

Soros kapcsolat	Párhuzamos kapcsolat	Iteratív kapcsolat																											
<table border="1"> <tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> </table> 	↑	A	B	A		X	B			<table border="1"> <tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> </table> 	↑	A	B	A			B			<table border="1"> <tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td></td></tr> </table> 	↑	A	B	A		X	B	X	
↑	A	B																											
A		X																											
B																													
↑	A	B																											
A																													
B																													
↑	A	B																											
A		X																											
B	X																												

Forrás: (dsmweb.org Browning, 1999 alapján)

A hagyományos hálótervezési módszerek alkalmasak soros és párhuzamos kapcsolatok megjelenítésére, azonban iterációk esetén nem használhatók (kivéve a GERT-módszert). Az iteratív kapcsolat azt jelenti, hogy az iterációban részt vevő elemekhez többször vissza kell térni, újra (és újra) el kell végezni őket, ami a tervezési folyamatot

nehezíti, különösen abban az esetben, ha nem lehet előre megmondani, hányszor kell megismételni az adott feladatokat, tevékenységeket. Az ilyen elemek felderítése fontos lehet, mert ez az iteráció az adott projekt csúszásához vezethet, hiszen a többszöri végrehajtás jelentősen megnövelheti az átfutási időt, továbbá erőforrások felhasználását is igényli. Egy iterációban, körfolyamatban természetesen több tevékenység is részt vehet. (dsmweb.org)

A DSM-mátrix elemeit célszerű átrendezni a rákövetkezők egyszerűbb, átláthatóbb megjelenítése, valamint a mátrixnak gráf formában történő ábrázolása, illetve a gráf topologikus rendezhetősége érdekében. Az átrendezés a körfolyamatok, iterációk felderítése érdekében is fontos lehet. Ha a terv nem tartalmaz körfolyamatot, akkor topologikusan rendezhető, vagyis a projekt DSM-mátrixa úgynevezett felsőháromszög mátrixba rendezhető. A szakirodalomban ezt **sorbarende**zésnek („sequencing”) nevezik; egy példa látható a 2-16. táblázatban, (tevékenység- és paraméter-alapú DSM esetén használják). (Eppinger et al. 1994; Chen et al. 2003; Danilovic – Browning, 2007)

2-16. táblázat: Elemek (topologikus) sorba rendezése

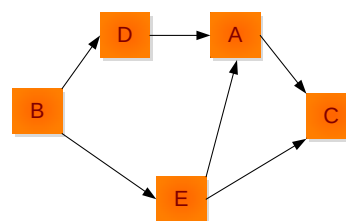
↑	A	B	C	D	E
A			X		
B				X	X
C					
D	X				
E	X		X		

Kiinduló DSM-mátrix

↑	B	D	E	A	C
B		X	X		
D				X	
E				X	X
A					X
C					

Rendezett DSM-mátrix

Forrás: (Eppinger – Browning, 2012; dsmweb.org)



Tevékenység csomópontú logikai háló

A felsőháromszögbe rendezés nem lehetséges, ha a terv tartalmaz körfolyamatot. Ekkor úgy kell átrendezni az elemeket, hogy az alsőháromszögbe kerülő kapcsolatokat megjelenítő 'X'-ek minél közelebb kerüljenek a diagonálhoz, főátlóhoz azért, hogy jobban azonosíthatók legyenek a körök. Ez a módszer a felosztás vagy **partícionálás** („partitioning”). (Eppinger et al. 1994; Chen - Lin, 2002; Chen et al., 2003)

Többféle **algoritmus** is készült a **körök, iterációk meghatározására**:

- Gebala és Eppinger (1991) *útkereső* („Path Searching”) algoritmus,
- Maurer (2007) *hatványmódszere* („Powers of the Adjacency Matrix Method”),
- Warfield (1973) *elérhetőségi mátrix módszere* („Reachability Matrix Method”),
- valamint Kusiak és társai (1994) *háromszögelési módszere* („Triangularization Algorithm”). Természetesen minden módszernek megvannak a maga korlátai.

A partícionáló módszer továbbfejlesztéseként nemcsak meghatározható, hogy mely elemek alkotják a körfolyamatokat, hanem bizonyos esetekben össze is vonhatók, ezáltal kivitelezhető a felsőháromszögbe rendezés. (Gebala – Eppinger, 1991).

2-17. táblázat: Elemek átrendezése, körfolyamatok detektálása

Kiinduló mátrix							
	A	B	C	D	E	F	G
A			X				
B			X	X			
C	X				X		
D	X						X
E							
F			X		X		X
G		X	X				

Particionált mátrix							
	F	B	D	G	C	A	E
F				X	X		X
B			X		X		
D				X		X	
G		X			X		
C						X	X
A					X		
E							

Forrás: (Eppinger – Browning, 2012; dsmweb.org)

Az iteráció megléte esetén az alsóháromszögben a kapcsolatot ábrázoló jel eltávolítható szükség esetén. A visszacsatolási jelek eltávolítása, „kiszakítása” után a mátrix újra particionálhatóvá és felsőháromszögbe rendezhetővé válik. A Steward (1981b, 1987) által kidolgozott „**kiszakító**” **algoritmus** („tearing”) nem rendelkezik optimális megoldást biztosító módszerrel, azonban két fontos kritériumot javasolt betartani. Törekedni kell a „kiszakítások” számának minimalizálására, valamint a visszacsatolásokat reprezentáló jeleket közelíteni kell a főátlóhoz, hogy a visszacsatolások, iterációk csak kisebb blokkokat érintsenek. (dsmweb.org; Steward, 1981a,b továbbfejlesztése alapján Yassine et al., 1999)

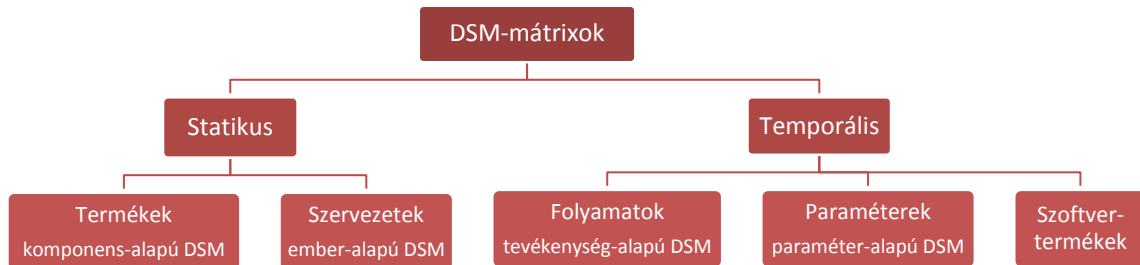
A Grose (1994) által kidolgozott algoritmus a „**sávozás**” („banding”) nevet kapta. Az algoritmus világos és sötét sávok váltakozásával mutatja a független, vagyis párhuzamosítható elemeket, tevékenységeket. Egy sáv egy szintnek feleltethető meg. Amennyiben két tevékenység vagy elem nem függ egymástól, akkor ugyanahhoz a szinthez, ugyanabba a sávba tartoznak. „Sávozás” során a particionált mátrix alsóháromszögébe eső visszacsatolási jeleket nem veszik figyelembe. A lehető legkevesebb sáv létrehozása a kedvező, hiszen ez hozzájárul a rendszer vagy projekt maximális párhuzamosításához. (dsmweb.org)

Az előbbieken bemutatott algoritmusok idő-alapú DSM-ek esetén alkalmazhatók, ahol a mátrix felosztása, particionálása a körök, iterációk felderítése miatt fontos. Azonban azoknál a feladatoknál, amelyek során a DSM elemei egy fejlesztési projekt komponensei vagy csoportjai, a cél a mátrix átrendezése a DSM elemeiből álló olyan halmazok, klaszterek vagy modulok megtalálása érdekében, amelyek egymást kölcsönösen kizárják, vagy csak minimálisan hatnak egymásra. Eredményként olyan halmazok, csoportok képezhetők, amelyek elemei egymással kapcsolatban állnak, azonban a rendszer többi részéhez alig kapcsolódnak. Ezt hívják **klaszterezésnek** („clustering”). (dsmweb.org)

Dolgozatomban nem használok ki a DSM-módszer azon tulajdonságát, hogy körök kezelésére is használható, pusztán reprezentációs eszköznek tekintem. Kutatásomban a DSM-hez kidolgozott algoritmusok lehetőségeit sem használtam ki, azonban a 3. fejezetben ismertetett alaplómódszerem más projekt típusokra való kiterjesztése során hasznosak lehetnek.

A DSM-mátrixok osztályozása

A DSM-mátrixok két fő típusra oszthatók. Az egyes típusoknál különböző algoritmusokat célszerű alkalmazni. A 2-18. ábra foglalja össze a DSM-mátrixok csoportosítását.



2-18. ábra: A DSM-mátrixok osztályozása

Forrás: (Browning, 2010) szerint ((Browning, 1999, 2001) továbbfejlesztése)

A **statikus DSM**-nél az elemek kapcsolatai nem idő-alapúak, a rendszerelemek egyidejűleg léteznek. A **klaszterezés** (clustering) a tipikus elemzési módja. A **temporális** vagy **idő-alapú DSM**-nél az elemek kapcsolatai idő-alapúak, a sorok és oszlopok elrendezése az idő folyását mutatja, mely lehet előre- és visszafelelemutató. Tipikus elemzési módja az elemek **sorbarendezése** és **átrendezése**. (Browning, 2001; Browning, 2010; Sharif – Kayis, 2007) A DSM két fő típusának négy alkalmazása a termékfejlesztőknek, projekttervezőknek és –menedzsereknek, rendszermérnöknek és szervezettervezőknek egyaránt hasznos lehet. A 2-18. táblázat tartalmazza az egyes DSM típusok jellemzőit, alkalmazási területeit. (Browning, 1999; 2001)

2-18. táblázat: DSM típusok összehasonlítása

DSM adattípus	Reprezentáció	Alkalmazás
Komponens-alapú vagy architektúra DSM (termék)	(multi)komponens; kapcsolatok komponens- és/vagy alrendszer-alapú rendszer architektúrák modellezésére alkalmas a közöttük levő kapcsolatok feltüntetésével	rendszerépítés, -tervezés
Csoport-alapú vagy szervezeti DSM (szervezet)	több csoport közötti összekötő jellemzők/ szervezeti egység kapcsolatok; emberek és/vagy csoportokon alapuló szervezeti struktúrák modellezésére használható a közöttük levő interakciók feltüntetésével	szervezettervezés, összeköttetés menedzsment, csapat integráció
Tevékenység-alapú vagy ütemező DSM (folyamat, projekt)	tevékenység input/output kapcsolatok; tevékenységekből és a közöttük levő információáramlás és más függőségek alapján felépülő folyamatok és tevékenység-háló modellezésére használható	folyamatfejlesztés, projektütemezés, iterációkezelés, információáramlás kezelése
Paraméter-alapú vagy alacsony szintű ütemező DSM (alacsony szintű folyamat)	paraméter döntési pontok és szükséges precedenciák / tervezési paraméter kapcsolatok; tervezési döntések és paraméterek, egyenletrendszerek, szubrutin paraméter változások, stb. közötti alacsony szintű kapcsolatok modellezésére alkalmas	alacsony szintű tevékenységek sorbarendezése és folyamatépítés, tervezési döntések sorbarendezése

Forrás: (Browning, 1999; 2001; Eppinger – Browning, 2012)

Browning (2010) újabb alkalmazási területtel bővítette a felsorolást, mégpedig a **szoftvertermékekkel**. Ezen alkalmazások a komplex rendszerek (elemeire való) felbontására, majd integrálására (az elemek közötti kapcsolatok meghatározása által), illetve reintegrálására (elemek csoportosítására) használhatók. (Pimmler – Eppinger, 1994)

2-19. táblázat: A különböző DSM-típusokhoz tartozó publikációk összesítése

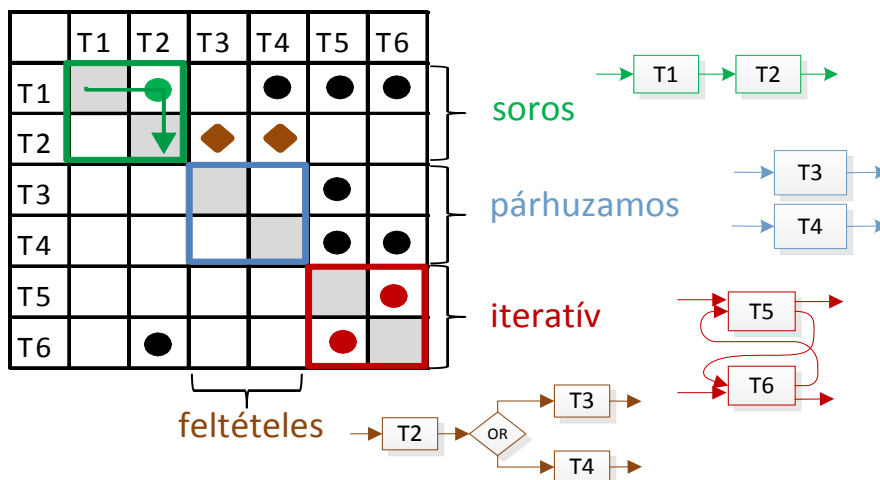
DSM típus	Publikáció
Komponens-alapú vagy architektúra DSM (termék)	Ulrich – Eppinger, 2000; Baldwin – Clark, 2000; Sanchez – Mahoney, 1997; Henderson – Clark, 1990; Rechten, 1991; Alexander, 1964; Lano, 1979; Altus et al., 1996; Kusiak - Wang, 1993a; Michelena – Papalambros, 1995; Pimmler – Eppinger, 1994; Fernandez, 1998; Kusiak, 1999; Yager, 2000
Csoport-alapú vagy szervezeti DSM (szervezet)	Eppinger, 2001; Browning, 1996 (Boeing); Danilovic, 1999 (Saab)
Tevékenység-alapú vagy ütemező DSM (folyamat, projekt)	Whitney, 1990; Browning, 2001; Browning – Eppinger, 2002; von Hippel, 1990; Browning et al., 2002; Womack – Jones, 1996; Burns - Stalker, 1961; Clark – Wheelwright, 1993; Eppinger, 2001; Ulrich -Eppinger, 2000; Browning, 1998b,c; Denker et al., 1999; Gebala - Eppinger, 1991; Kehat – Shacham, 1973; Kusiak - Wang, 1993b; Steward, 1981b; Tang et al., 2000; Warfield, 1973; Warfield, 1976; Weil – Kettler, 1971; Eppinger et al., 1994; Singh et al., 1992
Paraméter-alapú vagy alacsony szintű ütemező DSM (alacsony szintű folyamat)	Krishnan et al., 1997, Rask – Sunnersjö, 1998; Amen et al., 1999; Black et al., 1990; Cesiél, 1993; Rogers et al., 1998

Forrás: (Browning, 2001)

A DSM típusoktól függően eltérő elemek kezelhetők a módszer segítségével, ahogy a 2-18. táblázatban is látható. Kutatásom szempontjából a **tevékenység-alapú/ütemező DSM** fontos, hiszen ez a típus foglalkozik projektek tervezésével, ütemezésével. Tevékenység-alapú DSM esetén a *mátrix elemei* a projekt során elvégzendő *tevékenységek*.

A tevékenység-alapú DSM-mátrix lehetséges kapcsolattípusai

Tevékenység-alapú DSM esetén négyféle kapcsolattípus különíthető el, ahogy az alábbi ábrán is látható. A tevékenységek között lehetnek soros vagy függő rákövetkezők (sequential, dependent); párhuzamos kapcsolatok vagy tevékenységek közötti függetlenség (concurrent, independent); összefüggő, iteratív kapcsolatok (coupled, interdependent); valamint létezik feltételes rákövetkezés is (conditional, contingent) a döntési helyzetek kezelésének támogatására. (Browning, 1999)



2-19. ábra: A négy lehetséges kapcsolattípus tevékenység-alapú DSM esetén

Forrás: (Browning, 1999)

A szakirodalomban a DSM-módszer során a mátrix elemei közötti kapcsolat alatt többen információáramlást értettek (Yassine et al., 1999; Browning, 2002; Maheswari – Varghese, 2005; Kao et al., 2006; Gärtner et al., 2009), míg Pimmler és Eppinger (1994) emellett az energia-, vagy anyagáramlást, vagy a fizikai térre való asszociációt is fontos interakciótípusnak véli. Dolgozatomban a DSM-mátrix elemei tevékenységeket jelölnek, míg a mátrixban szereplő jelek a *tevékenységek közötti függőségeket, logikai rákövetkezéseket, kapcsolatokat* jelentik.

A tevékenység-alapú DSM előnyei a hálótérvezési módszerekhez képest, hogy tömör vizuális megjelenítést és elemzési lehetőséget biztosít, alkalmas az iterációk és visszacsatolások kiemelésére. A hagyományos hálótérvezési módszerekkel (mint a CPM- vagy a PERT-módszer) ellentétben a mátrix-alapú módszerek képesek iteratív tevékenységek kezelésére, ami egyes tevékenységek átdolgozását, megismétlését jelenti. Az iterációk hátránya, hogy nehezen előrejelezhető a körök száma; a körfolyamatok kezdőtevékenységét is nehéz meghatározni; a projekt időtartamának és erőforrásigényének növekedéséhez vezet. (Browning, 2001) A körök kezelésére létezik már néhány algoritmus, ahogy korábban (a 53. oldalon) már említettem. A meglévő alkalmazások továbbgondolása, szélesebb körben való használhatóságához új elképzelések, módszerek kidolgozása egy újabb kutatás alapját képezheti, ezért dolgozatomban a körök, iterációk kezelésétől, vizsgálatától eltekintek.

A tevékenység-alapú DSM-nek is vannak hátrányai, korlátai. Az egyszerű DSM csak egy folyamatot, tevékenységsorrendet képes ábrázolni (ahogy a hagyományos módszerek többsége is), nem képes megjeleníteni az összes lehetséges utat, kapcsolatot (Larson – Kusiak, 1996). Azonban a DSM képes lehet feltételes információ áramlások megjelenítésére, vagyis döntési alternatívák kezelésére, ahogy a 2-19. ábra is szemlélteti. Így lehetőség van valamilyen szinten többféle végrehajtási sorrend kezelésére, vagy megoldások közötti választásra. A 3. fejezetben részletesen bemutatott logikai tervezési módszeremnél logikai operátorokat javaslok a döntési helyzetek megjelenítésére és kezelésére (a 3.1.4. alfejezetben). A DSM nem képes megjeleníteni a tevékenységek közötti átfedéseket, átlapolásokat, így a Gantt-diagram a legjobb megoldás ilyen célra. (Browning, 2001) Ennek a problémának a kiküszöbölésére is végeztek kutatásokat, Minogue (2011) továbbgondolta a DSM-et, hogy képes legyen kezelni a tevékenység csomópontú hálók különböző kapcsolattípusait, valamint a késleltetéseket, átfedéseket. Az így létrehozott, kifinomult rákövetkezéseket tartalmazó DSM segítségével pontosabban leírhatók a projekt tevékenységei közötti kapcsolatok, továbbá a kritikus út is feltüntethető a mátrixon belül. (Minogue, 2011)

A Numerikus DSM-mátrix

A bináris DSM-mátrixban a mátrix elemei közötti szigorú rákövetkezést vagy függetlenséget/párhuzamosítást lehet ábrázolni a kapcsolatot ábrázoló jel megléte vagy hiánya segítségével. Azonban arról semmiféle információt nem nyújt a módszer, hogy a kapcsolatok, rákövetkeзések egyenértékűek-e, egyforma súllyal rendelkeznek-e. A bináris DSM továbbgondolásaként létrehozott **Numerikus DSM (NDSM)** részletesebb információt nyújt az elemek közötti kapcsolatokról az átlón kívüli cellákban, ezáltal

többet lehet megtudni az elemek összességéről is. A kutatók többféle lehetséges kategóriát, értéktartományt is meghatároztak a kapcsolatok jellemzésére, mérésére, súlyozására.

Steward (1981a,b) **szintszámokat** („*Level Numbers*”) határozott meg 1 és 9 közötti tartományban az 'X'-ek helyett. A szintszámok segítségével meghatározható a mátrix átrendezése után, hogy melyik visszacsatolást kell kiszakítani (a legnagyobb számúval kell kezdeni). Ezt a folyamatot addig kell ismételni, míg el nem tűnik az összes visszacsatolás, vagyis felsőháromszögbe nem rendezhető a mátrix. Léteznek még **fontossági osztályok** („*Importance Ratings*”) is, amelyek különböző fontossági szinteket határoznak meg verbális skálák alapján (például magas függőség – 3, közepes függőség – 2, alacsony függőség – 1). (dsmweb.org) Eppinger és társai (1994) lehetségesnek tartották alternatív tevékenységsorrendek meghatározását. Ehhez használhatók az imént leírt fontossági szintek, azonban más értékek is rendelhetők az egyes kategóriákhoz. Platanitis és társai (2009) az erős függőséghez 0,5-es értéket rendeltek, míg a közepes rákövetkezéshez 0,25-öt, a gyenge függőséghez pedig 0,05-öt.

Egyes tulajdonságok a DSM típusától függenek. A tevékenység-alapú DSM esetén a következők használhatók Browning és Eppinger (2002) alapján: a függőségi erősség („*Dependency Strength*”), az információ átadás mértéke („*Volume of Information Transferred*”), az információcsere változékonysága („*Variability of Information Exchanged*”) (Yassine et al., 1999), az ismétlés valószínűsége („*Probability of Repetition*”), a hatás erőssége („*Impact strength*”). (dsmweb.org)

A kapcsolatok, függőségek súlyai lehetnek akár különböző kategóriák, ahogy az előbbiek alapján is látszik, de néhány esetben 0 és 1 közötti számok is kifejezhetik a súlyokat. A **függőségi erősség** esetén minél nagyobb az érték (0 és 1 között), a súly, annál erősebb a kapcsolat. A mátrix átrendezése során a függőségi erősségek főátló alatti összegének minimalizálása a cél. Ez a módszer azonban nem elsősorban projektek elemzésére, tervezésére, hanem rendszerelemzési, termékfejlesztési folyamatok támogatására lett kidolgozva. (dsmweb.org)

A sztochasztikus hálótervezési módszer

A sztochasztikus hálótervezési módszer (SNPM) különlegessége, hogy a bizonytalanságok kezelésének kiterjesztésével képes a tevékenységek közötti rákövetkezési sorrend bekövetkezési valószínűségeinek figyelembevételével a lehetséges lefutási variációk kezelésére (Kosztyán et al., 2008). Minden tevékenység közötti kapcsolathoz tartoznak valószínűségi értékek, amelyek tulajdonképpen a kapcsolódó tevékenységekhez tartozó relációk erősségét mutatják meg.

Az SNPM az egyes tevékenységek közötti kapcsolatok erősségének figyelembevételével képes meghatározni a projekt lehetséges megoldásainak halmazát. A valószínűségi változók a kapcsolati erősségeken keresztül a döntéshozók preferenciáit is tükrözhetik, de ezt a modellt bizonyos megszorításokkal a bekövetkezési valószínűségek kezelésére is lehet alkalmazni.

A tevékenységek közötti kapcsolatok valószínűségi változóként kezelendők, amelyek változtatásával a lehetséges megoldások halmaza, illetve egy adott célfüggvény esetén (például legrövidebb megvalósítási idő, legkevesebb összköltség, stb.) a megvalósítható projektek adott célfüggvény szerinti sorrendje is változik. Az összes lehetséges megoldásból a menedzsment által meghatározott célfüggvényekkel optimális megoldás(ok) határozható(k) meg. (Kosztyán et al., 2008)

Az SNPM-módszer ismertetése

Mivel a legtöbb projektmenedzsment szoftver is tevékenység-csomópontú hálót (AoN) használ, továbbá AoN-hálóknál a nyilak reprezentálják a tevékenységek közötti kapcsolatokat, amelyek erősségével foglalkozik elsősorban az SNPM, ezért a módszer ismertetése is tevékenység-csomópontú hálókkal történik.

Az SNPM-nél csak olyan gráf használható, amely irányított, körmentes, többszörös és hurokért nem tartalmaz, egy kezdő és egy befejező ponttal rendelkezik. A módszerben a kapcsolat erősségének értéke -1 és 1 közötti valós szám lehet.

A és B tevékenység közötti rákövetkezési reláció erősségét ($\rho(A, B)$) jelöli, amely az A és B tevékenység közötti kapcsolaterősség nevet kapta. $\rho(A, B)$ értéke -1 és 1 között bármely valós számot felvehet ($\rho(A, B) \in [-1, 1] \subset \mathbb{R}$). Ha az A és B tevékenység közötti kapcsolat abszolút értéke 1, akkor 100% annak a valószínűsége, hogy A tevékenység rákövetkezési relációban van B-vel; azonban ha az A és B tevékenység közötti kapcsolat erőssége 0, akkor B tevékenység független A-tól, ezért ekkor nem jelöljük közöttük a kapcsolatot. Az abszolút értékben 0 és 1 közötti kapcsolaterősség ($\rho(A, B)$) esetén elképzelhető, hogy létezik rákövetkezés a két tevékenység között (valószínűsége: ρ) és az is, hogy nem létezik (valószínűsége: $1-\rho$). A dolgozatomban csak pozitív, 0 és 1 közötti számokat használok a kapcsolaterősség kifejezésére.

A tevékenységek közötti kapcsolat milyensége nincs hatással a lehetséges megoldások halmazára. A lehetséges megengedett megoldásokra csak az a kikötés vonatkozik, hogy topologikusan rendezhetők legyenek (irányított, körmentes), illetve a kapott gráf egy kezdő és egy végponttal rendelkezzen.

A technológiailag megengedett megoldásoknál korlátozó feltételként megemlíthető, hogy a menedzsment szempontjából nem mindegyik lehetséges megoldás megvalósítása célszerű, például a feleslegesen túl sok rákövetkezési relációt tartalmazók, amelyek a menedzsment döntése alapján kihagyhatók a megoldások közül. A menedzsment szempontok érvényesítésével a lehetséges megoldások halmazát hatékonyan szűrhetjük. A háló tulajdonságai is lehetnek korlátozó feltételek, hiszen az irányított kört tartalmazó, ezáltal topologikusan nem rendezhető esetekkel sem foglalkozunk.

A megengedett megoldások közül a korlátozó feltételek figyelembevételével egy meghatározott célfüggvény alapján lehet választani. Célfüggvény lehet például a legrövidebb átfutási idő. A (Kosztyán et al., 2008) cikkben a szerzők egy példán szemléltetik a módszert.

Egy n elemű gráfban az összes lehetséges megoldást a következő képlettel lehet kiszámítani, ha a tevékenységek között van lehetséges megoldás. Amennyiben a két

tevékenység között nincs rákövetkezési reláció, illetve biztos rákövetkezési reláció van köztük (vagyis a kapcsolat erőssége nulla, illetve egy), akkor ezek nem jelentenek variációs lehetőséget.

Az n csúcs között összesen maximum $n(n-1)$ él lehet (a lehetséges megoldások között lehet egy i -ből j -be és egy j -ből i -be mutató élünk is, ha a többszörös éleket és a hurokéleket nem engedjük meg). A lehetséges megoldások közül i számú élt kell kiválasztani, ahol $0 \leq i \leq n(n-1)$. Ezt pedig $\binom{n(n-1)}{i}$ -féleképpen lehet megtenni. A

lehetséges megoldásokat összeadva megadható az összes lehetséges megoldás felső becslése n csúcs esetén: $\sum_{i=0}^{n(n-1)} \binom{n(n-1)}{i} = 2^{n(n-1)}$. Az i értékét $n-1$ alá nem érdemes választani, mert a kapott gráf nem megengedett lesz. (Kosztján et al., 2008)

Abban az esetben, ha technológiailag megvalósítható egy tevékenységsorrend felcserélése is, például A tevékenységet B követi 0,7 valószínűséggel, B-t követi A 0,3

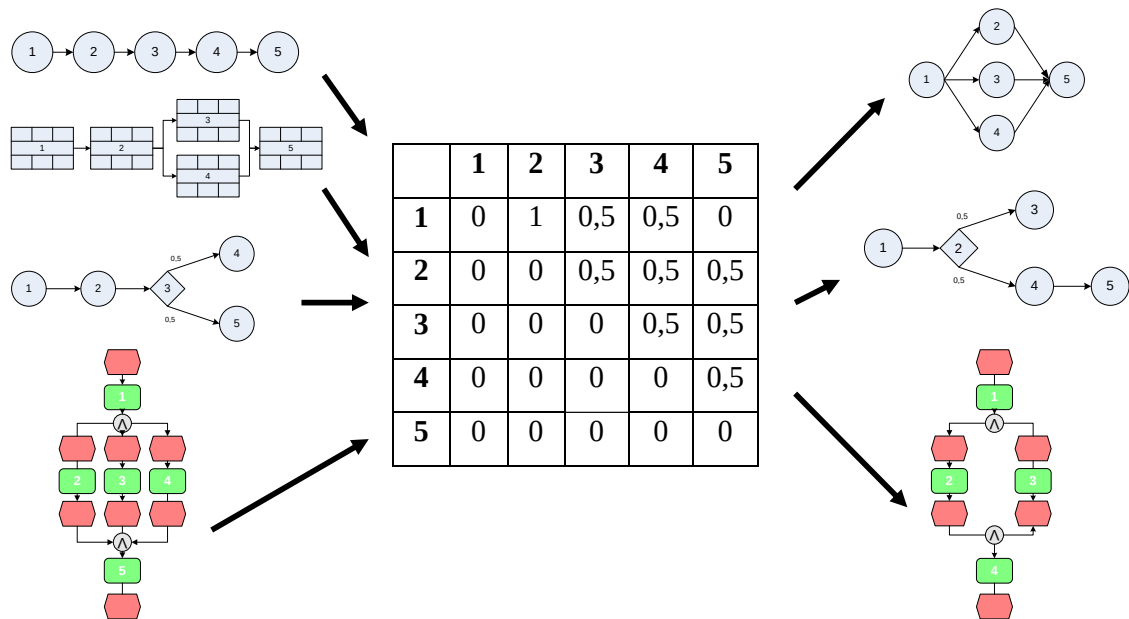
valószínűséggel (az ehhez tartozó kapcsolati mátrix $\rho = \begin{bmatrix} 0 & 0,7 \\ 0,3 & 0 \end{bmatrix}$), akkor ezt a két lehetőséget külön lehetséges megoldásként kell számolni, azonban egyszerre a két kapcsolat egyidejűleg nem teljesülhet (ugyanis akkor nem lenne körmentes a gráf). (Kosztján et al., 2008)

Az SNPM-módszer gráf-reprezentációja

Az SNPM-mátrix a tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatokat 0 és 1 közötti számok segítségével reprezentálja, ahol 0 mutatja a tevékenységek közötti függetlenséget, az 1-es érték a tevékenységek közötti szigorú rákövetkezést, míg a 0 és 1 közötti kapcsolaterősségi érték a lehetséges végrehajtási módokra utal. A lehetséges kapcsolaterősség (például 0,5-ös érték) esetén elképzelhető, hogy a két tevékenységet párhuzamosan, vagy sorosan hajtják végre. A lehetséges megoldások a 2.4.1. alfejezetben bemutatott hálótervezési módszerek vagy akár folyamatszerkezési módszerek (például eEPC – extended event-driven process chain – kibővített folyamatlánc diagram (Scheer, 2000) segítségével is megjeleníthetők. Amennyiben rendelkezésre állnak korábbi, hasonló projektekből származó tapasztalatok, a korábbi sablonok felhasználásával elkészíthető az SNPM-mátrix, majd a mátrix lehetséges értékei alapján tetszőleges módszer segítségével megjeleníthetők a lehetséges megoldások. (Kiss – Török, 2008)

Az SNPM-módszer előnye tehát a korábban ismertetett módszerekhez képest, hogy egyetlen mátrixban képes több lehetséges megoldást megjeleníteni, amelyek generálhatók a lehetséges kapcsolaterősségek alapján. Az ismertetett módszerekhez hasonlóan az SNPM-módszer esetén is elmondható, hogy a használata *korlátozott*, ugyanis minden egyes megoldás ugyanazokat a tevékenységeket tartalmazza. A módszerrel nem kezelhető a tevékenységek priorizálása, nem használható olyan (agilis) projektek megjelenítésére, tervezésére, amelyek esetén a projekt során meghatározott

korlátok megléte miatt bizonyos tevékenységeket el kell hagyni a projektből, vagy későbbre kell halasztani.



2-20. ábra: Az SNPM-módszer reprezentálása

Forrás: (Kiss – Török, 2008)

Összefoglalásként elmondható, hogy egy projekt adott tevékenységlistája esetén az SNPM segítségével elvégezhető a *szintézis*, vagyis a *lehetséges megengedett megoldások meghatározása*, amelyek közül az előre meghatározott feltételeknek megfelelően kivethetők a technológiai és/vagy a menedzsment számára nem megfelelő megoldások. Majd az *analízis* feladata az SNPM-ből megállapítani az (adott célfüggvényre nézve) *optimális megoldást*. Ezt a feladatot a Török Orsolyával közösen készített Tudományos Diákköri Konferenciára szánt munkánkban oldottuk meg (Kiss – Török, 2007; 2009).

2.6.2. Ütemezés, erőforrás- és költségtervezés mátrix-alapú módszerekkel

Az előző példák elsősorban a logikai tervezés segítségét mutatták. Azonban mind a DSM-, mind pedig az SNPM-módszer alkalmas lehet nem csak logikai tervezésre, hanem idő-, költség- és erőforrás-tervezésre, illetve újratervezésre is. Ekkor a diagonálisban vagy külön oszlopban fel lehet tüntetni a tevékenységek idő- és/vagy erőforrás-szükségeit is, a kapcsolatoknál pedig számokkal jelölni lehet a tevékenységek közötti késleltetéseket, kapcsolattípusokat (Minogue, 2011).

2.7. A szakirodalmi áttekintés összefoglalása

A kutatásom megalapozásához szükséges szakirodalmi feldolgozás összefoglalásaként röviden összegzem, hogy az egyes projekttypusok esetén mely módszereket célszerű használni tervezéshez, az egyes módszerek milyen esetekben hasznosak, illetve mikor szembesülnek megoldhatatlan problémákkal.

A 20. század közepéig kidolgozott módszerek (mint például a ciklogram, a Gantt-diagram és a hálótervezési módszerek többsége) determinisztikus megoldásokat képesek megjeleníteni, ezért elsősorban beruházási, építési, kivitelezési projektek esetén alkalmazhatók. Az említett módszerek a projektek logikai és időtervezését egyaránt támogatják, továbbá alapot képeznek a projekt erőforrás- és költség-szükségletének meghatározásához. Ezek az úgynevezett hagyományos projektek, az említett technikák pedig a hagyományos projekttervezési módszerek.

Az 1970-es évektől egyre jobban fejlődött a számítástechnika, informatika, így egyre inkább elterjedtek az informatikai és innovációs projektek, amelyekre jellemző, hogy inkább sztochasztikus terveket igényelnek. A tevékenységek időtartamai sztochasztikusak, ezt részben képes kezelni a PERT-módszer, a döntési helyzetek esetén pedig a GERT-módszer használható.

Fontos kiemelni, hogy a végrehajtási sorrend informatikai projektek esetén kevésbé kötött, mint a hagyományos projektek esetén, hiszen kisebb a jelentősége a technológiai sorrendnek. Informatikai projekteknél előfordul, hogy egyes tevékenységek, tevékenység-csoportok felcserélhetők, párhuzamosíthatók, de akár ismétlődhetnek is, például egy ERP-rendszer több leányvállalatnál történő bevezetése során. Az ilyen, úgynevezett agilis menedzselésű projektek esetén ezen sajátosságok kezelésére a hagyományos projekttervezési módszerek csak részben, vagy egyáltalán nem alkalmasak, emiatt szükség van egy új módszertanra. (Kiss – Kosztyán, 2009; Kosztyán – Kiss, 2009) Az agilis projektekhez csupán elveket, modelleket dolgoztak ki, amelyek a tervezési fázis támogatására nem használhatók teljeskörűen.

2-20. táblázat: Különböző projektek esetén használható módszerek

Módszer megnevezése	Logikai tervezés jellege	Alkalmazhatóság
CPM, MPM és PERT	determinisztikus	hagyományos projektek
GERT	sztochasztikus (lefutási variációk)	hagyományos projektek és agilis projektek egy része
DSM	determinisztikus	hagyományos projektek
SNPM	kapcsolatok szintjén sztochasztikus	hagyományos projektek és agilis projektek egy része
?	kapcsolatok és tevékenységek szintjén sztochasztikus	hagyományos és agilis projektek, esetleg extrém projektek egy részénél

A projekteket nagyon ritkán hajtják végre a terveknek megfelelően, szükségesek lehetnek változtatások: tevékenységsorrendek újraütemezése, erőforrás-szükséglet és költségbecslés felülvizsgálata, a tervek kiigazítása. (PMI, 2006a) A bemutatott módszerek, technikák nem támogatják a projektek újragondolását, újratervelését, nem biztosítanak jelentős mozgásteret ezen a területen. Inkább az időtartamok,

erőforrásszükségletek, esetleg a projektre szánt költségkeret módosítható szükség esetén természetesen a projektszervezet lehetőségeihez mérten. Számos esetben azonban célszerű lenne inkább a tevékenységek és rákövetkezések szintjén átgondolni a projektet, hiszen a logikai tervek képezik a projekttervezés alapját. Az előbbiek összefoglalását tartalmazza a 2-20. táblázat.

Ahogy látható a szakirodalmi áttekintés és a 2-20. táblázat alapján, a hagyományos projekttervezési technikák számos esetben csak részben, vagy egyáltalán nem is használhatók agilis projektek esetén. A logikai tervezés fázisában inkább mátrix-alapú módszerek használhatók, de ezeknek a módszereknek is megvannak a korlátaik.

Kutatásom a projekttervezési technikák hiányosságainak a kiküszöbölésére, megoldására irányult új módszerek kidolgozásával (ilyen hiányosságok például: csak egy adott tevékenységlistát és kötött tevékenységsorrendet tudnak értelmezni; több lehetséges megoldás egyidejű megjelenítése problémás; a terv változtatása, módosítása nehézkes; korábbi, sikeres projektek tapasztalatait nehéz újrafelhasználni).

A 3. fejezetben részletesen ismertetett, általam kidolgozott „modell” és a hozzá kapcsolódó algoritmusok mind hagyományos, mind pedig agilis projektek esetén segítséget nyújtanak a tervezési fázisban. A korábbiakban bemutatott módszerek hiányosságait kiküszöbölve rugalmasabb tervezést tesz lehetővé, hozzájárul a bizonytalanság kezeléséhez már a logikai tervezés szintjén.

A tervezés során elkerülhetetlen különböző módszerek, algoritmusok használata. A gráfok és a mátrixok is jó alapot képeznek a projektek logikai és időtervezéséhez, azonban a megengedett és optimális megoldás megadásához különböző algoritmusokra⁴⁰ van szükség. Az általam kidolgozott algoritmusokat pszeudokód⁴¹ segítségével is leírom az egyszerűbb megjelenítés érdekében a 3.2.1., 3.2.2., 3.3.1. és 3.3.2. alfejezetekben. A pszeudokód elkészítése során igyekeztem a definíciókban szereplő jelöléseket alkalmazni, valamint megjegyzésekkel megkönnyíteni az algoritmus leírásának megértését.

Amennyiben nem lehet algoritmust kidolgozni az adott probléma megoldására, akkor célszerű heurisztikus módszereket készíteni. Optimalizálási feladatok megoldására gyakran alkalmazott heurisztikus módszerek a **genetikus algoritmusok**⁴², amik nagyon hatékony sztochasztikus algoritmusok. Segítségükkel több (NP-nehéz) problémára találhatunk gyorsan megoldást, ilyen például az órarendtervezés probléma vagy az utazó ügynök probléma, de különböző területeken használják őket ütemezésre is (Fang, 1994; Feng – Yeh, 2006; Hartmann, 1998; Sakawa, 2000; Boyd – Savory, 2001; Rick et al, 2006). Borbás István (2010) diplomadolgozatának keretében készített egy programot genetikus algoritmusok felhasználásával a kutatásom során kidolgozott módszertan számítógépes támogatására. A program folyamatábrája és leírása a mellékletben (a 6.3. alfejezetben) található, a 3.3.3. alfejezetben pedig az általam készített számítógépes programokkal való összehasonlítása olvasható.

3. EGY ÚJ PROJEKTTERVEZÉSI MODELL: A PROJEKT SZAKÉRTŐI MÁTRIX (PEM)

„A terv semmi, a tervezés minden.”

D. Eisenhower (Hobbs, 2000: 36.o.)

A projekttervezéshez kapcsolódó kutatásom az Intézményi Tudományos Diákköri Konferencián való részvétellel kezdődött, továbbá a témához kapcsolódóan írtam diplomadolgozatot is. Török Orsolya szaktársammal közösen készített TDK dolgozatunkban először az SNPM-mátrix segítségével meghatároztuk a kapcsolati mátrixokat, majd ezek alapján megrajzoltuk a lehetséges hálókat, a megengedett megoldásokat. Ezek közül kiválasztottuk az átfutási idők függvényében az optimális megoldást a korlátozó feltételek figyelembevételével.

Dolgozatunk során egy vállalat integrált vállalatirányítási rendszer bevezetési projektjén keresztül mutattuk be módszerünket. Ezen projekt egy részét, pontosabban a végrehajtáshoz kapcsolódó tevékenységeket vizsgáltuk munkánk során. Azonos kezdési és befejezési időket határoztak meg a tevékenységekre, ugyanakkor nem tervezték meg az egyes tevékenységek végrehajtási sorrendjét. Munkánk során ezt a hiányosságot oldottuk meg, vagyis megadtuk a lehetséges logikai hálókat; és a korlátozó feltételek, valamint a célfüggvény (jelen esetben a legrövidebb átfutási idő) figyelembevételével kiválasztottuk az optimális megoldást, tehát elvégeztük az analízis feladatát. Ezen feladat elvégzéséhez két fogalmat kellett definiálnunk.

A kiinduló SNPM-mátrixból a lehetséges megengedett megoldásokat struktúra mátrixok segítségével határoztuk meg. Definíciónk szerint (hasonlóan a DSM-mátrixhoz) „a **struktúra mátrix** egy lehetséges megoldás adjecencia mátrixa.” Előfordulhat olyan eset, amikor a tevékenységek tetszőleges sorrendben végrehajthatók (például egy információs rendszer bevezetése során a modulok bevezetésének sorrendje felcserélhető), ilyenkor célszerű a tényleges megoldások helyett pusztán a lehetséges struktúrákat meghatározni a tevékenységek megnevezésének/azonosítójának feltüntetése nélkül.

Ehhez kapcsolódik második definíciónk: „a **megoldás struktúra** a tevékenységek egymáshoz való kapcsolódásának módját/szerkezetét határozza meg, de a konkrét kapcsolódási sorrendet nem.” Az egyes struktúrákhoz meghatározhatók az átfutási idők, melyek alapján eldönthető, hogy melyik struktúra tekinthető megengedett megoldásnak, majd ezek közül kiválasztható a célfüggvénynek (legrövidebb átfutási idő) megfelelő optimális megoldás. Ha átfutási időre optimalizálunk, akkor a tevékenységek maximális párhuzamosítása biztosítja a legjobb megoldást. (Kiss – Török, 2007; 2009).

Az előző fejezetben ismertetett módszerek a projektek tervezésének egy-egy részére koncentrálnak, a bemutatott technikák korlátozottsága fedezhető fel alkalmazhatóságuk feltételeinek, a felhasználási területek, valamint a projekt típusok tekintetében. Kutatásom elsősorban a projekttervezés alapját képező logikai tervezésre koncentrálnak. Ez a terület jelenti ugyanis az alapot a tervezés további lépései számára. A logikai tervezés

leegyszerűsítve a projekt során elvégzendő tevékenységek, feladatok, valamint az egyes tevékenységek közötti sorrendek, rákövetkezések, kapcsolatok meghatározását jelenti.

A továbbiakban a kutatás leírásába ágyazva ismertetem a feltételezéseimet és igazolásukat, majd az egyes alfejezetek végén összefoglalom eredményeimet, következtetéseimet, továbbá utalást teszek az eredményeket összegző tézisére. A kutatásom újdonságait és újszerűségeit tartalmazó téziseimet a dolgozat 4.1. alfejezetében foglalom össze. Téziseimet szimulációkkal igazolom, kisebb példákon mutatom be a modell és a hozzá kidolgozott algoritmusok alkalmazhatóságát. A kifejlesztett módszerek validálását pedig esettanulmányok segítségével végzem el (ezek leírása a 4.2.1., 4.2.3. és 4.2.4. alfejezetekben található).

A 2.4. alfejezetben bemutatott, „hagyományos” néven emlegetett projekttervezési módszerek alkalmazásával egyetlen projektterv, egyetlen logikai struktúra jeleníthető meg az adott módszer jellemzőinek, jelölésrendszerének segítségével. Tulajdonképpen a projekt során végrehajtandó tevékenységeket az előre meghatározott sorrendben jelenítik meg ezen technikák. Az elkészített logikai terv időtengelyre helyezésével végezhető el a tevékenységek ütemezése, majd emberi és anyagi erőforrások hozzárendelésével az időtervezés mellett vagy annak folytatásaként végrehajtható a projekt erőforrás- és költségtervezése is. Némely esetben a tervezést kiterjesztik a kockázatok felmérésére, kezelésére is.

A projektek tervezhetősége nagyban függ többek között az adott projekt összetettségétől, komplexitásától, méretétől, irányultságától, típusától. A projektek csoportosításánál például Aggteleky és Bajna tipologizálása esetén jobbról balra növekszik a projektek bizonytalanságának foka (2-3. ábra). Minél összetettebb, minél bizonytalanabb egy projekt, annál nehezebb a tervek elkészítése. Ez különösen igaz a projektek logikai tervezésére. A bizonytalanság kezelésére mind idő-, mind erőforrástervezés tekintetében rendelkezésre állnak módszerek, gondoljunk csak például a sztochasztikus hálótervezési vagy az erőforrás-allokáló technikákra. Az előbbieknél során ismertetett módszerek azonban korlátozottan, sok esetben egyáltalán nem is használhatók a logikai tervezés bizonytalanságának csökkentésére.

Ahogy számos esetben hangsúlyoztam, a projekt végrehajtása során sok esetben módosítják az időterveket, átütemezik az erőforrásokat, további erőforrásokat vonnak be; azonban a bemutatott módszerek egyike sem képes arra, hogy a projektterv alapját képező tevékenységstruktúrát vegye alapul a tervek átgondolása során.

A kutatásom folyamán kifejlesztett módszer segítségével célom volt ezt a hiányosságot kiküszöbölni. Első feltételezésem szerint létrehozható egy olyan módszer, amely a projekt tervezése és végrehajtása során jelenlevő bizonytalanságot már a logikai tervek szintjén képes megjeleníteni. Ezáltal a rugalmasságot hordozó logikai terv valóban alapot jelent az idő-, erőforrás- és költségtervezéshez. Ezek szem előtt tartásával fogalmaztam meg első feltételezésemet.

F1: Készíthető olyan mátrix-alapú modell, amely tartalmazza a lehetséges tevékenység előfordulásokat, valamint az egyes tevékenységek közötti lehetséges rákövetkezési relációkat, amelyek segítségével az összes lehetséges megoldás meghatározható.

Az első feltételezésem igazolásaként megalkotott modellem a **Projekt Szakértői Mátrix** (angolul Project Expert Matrix; röviden a **PEM**) nevet kapta. A fejezet során bemutatom, hogyan épül fel a PEM-mátrix, mik az elemei, milyen értékeket vehetnek fel, milyen kapcsolódó algoritmusok készültek a mátrixon alapuló optimalizáció végrehajtásához.

3.1. A PEM felépítése

A Projekt Szakértői Mátrix egy $n \times n$ -es mátrix, amelynek soraiban és oszlopaiban azonos sorrendben helyezkednek el a projekt során elvégzendő tevékenységek (n a tevékenységek számát jelöli). A mátrix (fő)átlójában találhatók (δ -val jelölve) az úgynevezett **tevékenység előfordulások**; az átlón kívüli cellák értékei – a szakirodalmi feldolgozásban ismertetett SNPM-módszerhez (Kosztján et al, 2008) hasonlóan – a (ρ -val jelölt) **kapcsolaterősségeket** mutatják. A 3-1. ábra a PEM-mátrix egyszerűsített ábrázolását tartalmazza az alábbiakban olvasható definíciójának megfelelő jelölések alkalmazásával.

PEM	t_1	...	t_i	t_j	...	t_n
t_1	δ_1					
$\vdots$		$\ddots$				
t_i			δ_i	ρ		
t_j			ρ	δ_j		
$\vdots$					$\ddots$	
t_n						δ_n

3-1. ábra: A Projekt Szakértői Mátrix (PEM)

Az alábbi definíció formalizálja a PEM-mátrix felépítését, képletszerűen leírja a mátrix elemeit, valamint az egyes cellák lehetséges értékeit.

Definíció: Legyen $\mathbf{T}$ a tevékenységeket tartalmazó halmaz, $n = |\mathbf{T}|$ a tevékenységek száma. $\mathbf{P} \in [0,1]^{n \times n}$ elnevezése: **Projekt Szakértői Mátrix (PEM)**. A PEM-mátrix elemei a következők:

$$t_{i,j} = \begin{cases} \delta(t_i, t_j) \in [0,1] & \text{ha } i = j \\ \rho(t_i, t_j) \in [0,1] & \text{ha } i \neq j \end{cases}$$

($\delta: \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a tevékenység előfordulási bizonytalanságát és $\rho: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a tevékenységek közötti kapcsolaterősséget megadó függvények; $i, j \in \mathbb{N}_n$).

Megjegyzés: logikusan hangzana az a feltételezés, miszerint ha a mátrix átlón kívüli celláiban a tevékenységek közötti rákövetkezéseket tüntetem fel, akkor a mátrix főátlójában az önmagukba visszatérő hurkok lennének megjelenítve. A módszer alkalmazása során ez a lehetőség nem alkalmazható, az ilyen hurkok feltüntetése felesleges lehet; ha a tevékenység tervezése során kalkulálják az ismétléshez szükséges időtartamot, erőforrásokat és költségigényt, akkor ez nincs hatással a logikai tervezésre.

A mátrix főátlójában található valószínűségi vagy fontossági értékek a tevékenység előfordulásokat jellemzik, míg az átlón kívüli cellák értékei a tevékenységek közötti rákövetkezések vagy kapcsolatok erősségét fejezik ki. A PEM-mátrix celláinak értékei kvalitatív és kvantitatív jellemzők is lehetnek. A *kvalitatív jellemzők* is képesek különbséget tenni a különböző tevékenység, illetve kapcsolat kategóriák között. Ezzel szemben a *kvantitatív jellemzők* konkrét számértékeket rendelnek a mátrix elemeihez (a PEM definiálása során is feltüntettem az értékkészletet). A PEM-mátrix elemeinek lehetséges értékeit mutatja be részletesen a következő alfejezet.

3.1.1. A PEM elemeinek lehetséges értékei

A gyakorlatban elterjedt módszerekkel (például Gantt-diagram, hálótervezési módszerek) ellentétben a PEM nemcsak a biztos tevékenység előfordulást, illetve a tevékenységek közötti szigorú rákövetkezést vagy függetlenséget képes megjeleníteni, hanem képes meghatározni azon tevékenységeket és kapcsolatokat is, amelyek bekövetkezése nem biztos. *Tevékenységek esetén* ez azt jelenti, hogy egyes tevékenységek szükség esetén elhagyhatók a projektből (vagy későbbre halaszthatók), azonban ezen tevékenységeket jelölni kell a tervekben. *Kapcsolatok esetén* ez azt jelenti, hogy a tevékenységek között nem biztos, hogy létezik szigorú technológiai vagy logikai sorrend, ezen tevékenységek egymással párhuzamosan (egymástól függetlenül), vagy akár sorosan (egymást követően) is végrehajthatók. Az ilyen lehetséges rákövetkezéseket szintén fel kell tüntetni a tervekben.

Természetesen a PEM-mátrixban is ábrázolható az a szélsőséges eset, amit a szakirodalmi áttekintésben ismertetett módszerek is képesek megjeleníteni; vagyis az az eset, amikor minden tevékenység és a közöttük feltüntetett kapcsolatok biztosan bekövetkeznek, megvalósulnak. Ezt az esetet mutatja a következő, 3-2. ábra is.

↑	A	B	C	D	E
A	1	1	1	1	1
B	0	1	0	1	1
C	0	0	1	0	1
D	0	0	0	0	1
E	0	0	0	0	1

3-2. ábra: A PEM-mátrix determinisztikus megoldása

Az előbbi, szélsőséges értékeket tartalmazó PEM-mátrix (3-2. ábra) megjeleníthető más mátrix-alapú és hálótervezési módszer segítségével is, ahogy az alábbi, 3-1. táblázatban látható néhány példa (a D jelű tevékenység biztosan nem következik be a projekt során, ezért ezt a tevékenységet – a hozzá tartozó sort és oszlopot is – törölni kell a tervekől).

3-1. táblázat: Az előző PEM-mátrix megjelenítése más módszerek segítségével

<u>SNPM-mátrix</u>					
	↑	A	B	C	E
A		0	1	1	1
B		0	0	0	1
C		0	0	0	1
E		0	0	0	0

Tevékenység csomópontú háló (MPM)

```

graph LR
    A[A] --> B[B]
    A[A] --> C[C]
    B[B] --> E[E]
    C[C] --> E[E]
  
```

<u>DSM-mátrix</u>					
	↑	A	B	C	E
A			X	X	X
B					X
C					X
E					

Tevékenység nyíl háló (CPM)

```

graph LR
    A((A)) --> B((B))
    A((A)) --> C((C))
    B((B)) --> E((E))
    C((C)) --> E((E))
    E((E)) --> End(( ))
  
```

A biztos bekövetkezés és be-nem-következés mellett a bizonytalanság is megjeleníthető a PEM-mátrix segítségével. A tevékenység előfordulás tehát az adott projekttevékenység biztos megvalósulását, annak lehetőségét (vagy bizonytalanságát), illetve elhalasztását is jelölheti. A kapcsolaterősség pedig a tevékenységek közötti rákövetkezés, technológiai sorrend, logikai kapcsolat meglétét, lehetőségét vagy hiányát fejezi ki.

A lehetséges tevékenység előfordulások és lehetséges rákövetkezések megjelenítése többféleképpen is történhet. Ha a feladat az összes lehetséges megoldás megtalálása, meghatározása, akkor nem szükséges számértékeket rendelni a *lehetséges tevékenység előfordulásokhoz* és a *lehetséges kapcsolatokhoz*, akár „?”-jellel is megjeleníthetők utalva a tevékenységek és kapcsolatok bizonytalanságára. A *biztos* tevékenység előfordulás, illetve szigorú rákövetkezés pedig „X”-szel jelölhető, míg a projektből biztosan kimaradó tevékenységeket, illetve tevékenységek közötti függetlenséget (*nincs* kapcsolat) *üres* cella mutatja (3-3. ábra).

A jelek helyett 0 és 1 közötti számok is használhatók a tevékenység előfordulások és kapcsolaterősségek értékének meghatározására (ahogy a PEM-mátrix definíciója is mutatja). A legegyszerűbb megoldás, ha háromféle értéket jelenítünk meg a mátrixban: 1-et; 0,5-et és 0-t. Vagyis ha biztosan bekövetkezik a tevékenység, illetve biztosan létezik kapcsolat, rákövetkezés a tevékenységek között, akkor **1-es** értéket (az 'X' helyett); ha biztosan nem, akkor **0-s** értéket (az üres cella helyett) célszerű hozzárendelni, ahogy a 2.2.2. alfejezetben Hamburg (1970) is alátámasztja. Amennyiben a lehetséges tevékenység előfordulás, illetve lehetséges kapcsolaterősség megléte a kérdés, akkor az előbbieken említett '?'-jel helyett **0,5-ös** érték írható.

Amennyiben fontos különbséget tenni az egyes lehetséges tevékenységek és lehetséges kapcsolatok között, célszerű ezt különböző számértékekkel kifejezni (3-3. ábra). A PEM-mátrix cellaértékei 0 és 1 között bármilyen tetszőleges értéket felvehetnek. A

főátlóban az **1**-es érték jelenti a tevékenységek *biztos bekövetkezését*, míg a **0**-s érték (vagy az üres cella) azt mutatja, hogy a tevékenység kimarad a projektből („biztos be nem-következés”). Ezzel szemben az átlón kívüli cellákban az **1**-es érték a *szigorú rákövetkezéseket* jeleníti meg, míg a **0**-val fejezhető ki, hogy a tevékenységek között *nincs kapcsolat*. A **0 és 1 közötti** tetszőleges érték az átlóban a *lehetséges tevékenység előfordulásokra*, az átlón kívüli cellákban a *lehetséges kapcsolatokra* utal.

↗	A	B	C	D	E
A	?	X	?	?	?
B		X		?	?
C			?		?
D					?
E					?

↗	A	B	C	D	E
A	0,8	1	0,8	0,2	0,1
B	0	1	0	0,4	0,9
C	0	0	0,1	0	0,1
D	0	0	0	0	0,3
E	0	0	0	0	0,7

3-3. ábra: Lehetséges tevékenység előfordulások és lehetséges kapcsolatok megjelenítése „X”- és „?”-jelek, illetve 0 és 1 közötti számok feltüntetésével

Tisztáztam, hogy a PEM-mátrix elemeinek jelentése elhelyezkedéstől függően kétféle lehet: az átlóban található a tevékenység előfordulások, az átlón kívüli cellákban pedig a tevékenységek közötti kapcsolatok erőssége látható. Az 'X'-szel jelölt biztos tevékenység előfordulás és biztos kapcsolaterősség mellett a '?'-jelek segítségével megjeleníthető a tervekben a *bizonytalanság*, vagy ha másként értelmezzük, akár a *lehetőség* is a tevékenységek prioritizálására, sorba rendezésére, valamint a tevékenységek közötti sorrendek rugalmas meghatározására. Ahogy a 3-3. ábra színei is hangsúlyozzák, a jelek helyett 0 és 1 közötti számok alkalmazása még inkább árnyalja a képet, még inkább alkalmazható az előbbieken leírt lehetőség.

3.1.2. A PEM-mátrix értékeinek meghatározási módjai

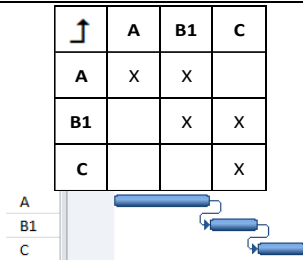
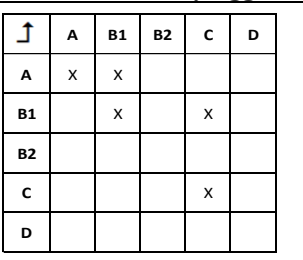
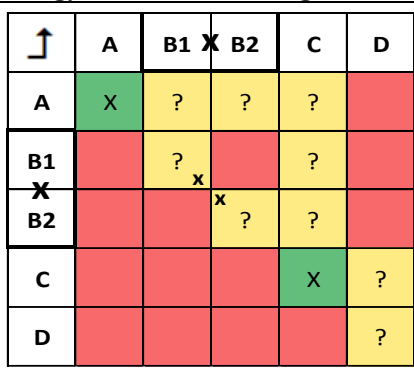
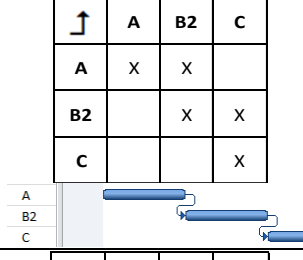
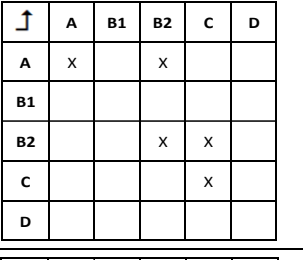
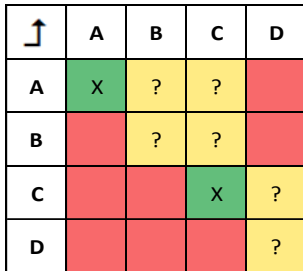
A 0 és 1 közötti értékek különböző jelentéstartalommal rendelkezhetnek (a definíciók során jelölésben különbséget is teszünk a különböző jelentések között). Az egyes cellák értékei kifejezhetnek:

- *valószínűséget* (az értékek meghatározásának módjától függően beszélhetünk objektív, szubjektív és szintetikus valószínűségről),
- *(relatív) prioritást* vagy *fontosságot* (a tevékenységek egymáshoz viszonyításával képezhető rangsor, fontossági sorrend a lehetséges tevékenységek végrehajtása között),
- *(relatív) gyakoriságot* (korábbi hasonló projektek tapasztalataira építve).

A PEM-mátrix lehetséges értékeinek meghatározása többféleképpen történhet, ez is befolyásolhatja az értékek jelentését, értelmezését. Először a mátrix főátlójában szereplő elemeknek, a tevékenység előfordulások értékének megadási módjait ismertetem. Egyes módszerek esetén ugyanazon eljárás alkalmazható a kapcsolaterősségek esetén is.

Amennyiben rendelkezésre állnak *korábbi, hasonló jellegű projektek tervei*, ezek sablonokként felhasználhatók a projekt terveinek elkészítéséhez, ahogy ez többek között a PMI (2006a) által készített PMBoK-ban is olvasható. A 3-2. táblázat erre az esetre mutat egy egyszerű példát. A PEM elkészítésekor a korábbi projektek során a nyomon követés folyamán rögzített terveket kell összehasonlítani a logikai tervek szintjén. Át kell gondolni továbbá, hogy a korábbi tervekben szereplő tevékenységek közül várhatóan melyek fognak szerepelni a tervezett projektben, valamint milyen sorrendben.

3-2. táblázat: PEM-mátrix készítése korábbi, hasonló projekttervek alapján

Korábbi projekttervek	Projekttervek kiegészítése az összes tevékenységgel	PEM-mátrix készítése a tervek egyszerű számtani átlagaként
		
		A PEM-mátrix egyszerűsítése az alternatív tevékenységek (B1 és B2) összevonásával: 

A rendelkezésre álló tervek alapján – ha számszerűsítve vannak a tevékenység előfordulások és a kapcsolaterősségek – akár egyszerű vagy súlyozott, számtani vagy geometriai átlag alapján kiszámolhatók a PEM-mátrix értékei. Előfordulhat, hogy egyes tevékenységek nem szerepelnek az összes tervben, vagy alternatív tevékenységek vannak feltüntetve, a számításnál ebben az esetben a többi tervhez készített mátrix (célszerű a determinisztikus terveket DSM-mátrixban megjeleníteni) adott celláiban ezt 0 értékkel kell jelölni.

A példában nem konkrét értékeket, hanem kategóriákat jelenítettem meg a tevékenységekhez és a kapcsolatokhoz (X a biztos, ? a bizonytalan a 3-4. táblázatban), a 3-5. táblázatban viszont konkrét értékkel (1-es) jelenítettem meg a biztos tevékenységeket és kapcsolatokat a korábbi tervekben, melyekből egyszerű számtani átlag segítségével határoztam meg a PEM-mátrix értékeit. A kiinduló tervek között láthatók alternatív tevékenységek, ezeket összevonva is megjelenítettem a második PEM-mátrixban(x-ek segítségével jelöltem az első PEM-ben).

3-3. táblázat: PEM-mátrix készítése korábbi, hasonló projekttervek alapján

Korábbi projekttervek				Projekttervek kiegészítése az összes tevékenységgel						PEM-mátrix készítése a tervek egyszerű számtani átlagaként																																																																																																	
↑ A B2 C <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table> A B1 C				A	1	1	0	B2	0	1	1	C	0	0	1	↑ A B1 B2 C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>						A	1	1	0	0	0	B1	0	1	0	1	0	B2	0	0	0	0	0	C	0	0	0	1	0	D	0	0	0	0	0	↑ A B1 B2 C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>0,33</td><td>0,33</td><td>0,33</td><td>0</td></tr><tr><td>B1</td><td>0</td><td>0,33</td><td>0</td><td>0,33</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>0</td><td>0,33</td><td>0,33</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0,33</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0,33</td></tr></table> A PEM-mátrix egyszerűsítése az alternatív tevékenységek (B1 és B2) összevonásával: ↑ A B C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>0,67</td><td>0,33</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td>0,67</td><td>0,67</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0,33</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0,33</td></tr></table>						A	1	0,33	0,33	0,33	0	B1	0	0,33	0	0,33	0	B2	0	0	0,33	0,33	0	C	0	0	0	1	0,33	D	0	0	0	0	0,33	A	1	0,67	0,33	0	B	0	0,67	0,67	0	C	0	0	1	0,33	D	0	0	0	0,33
A	1	1	0																																																																																																								
B2	0	1	1																																																																																																								
C	0	0	1																																																																																																								
A	1	1	0	0	0																																																																																																						
B1	0	1	0	1	0																																																																																																						
B2	0	0	0	0	0																																																																																																						
C	0	0	0	1	0																																																																																																						
D	0	0	0	0	0																																																																																																						
A	1	0,33	0,33	0,33	0																																																																																																						
B1	0	0,33	0	0,33	0																																																																																																						
B2	0	0	0,33	0,33	0																																																																																																						
C	0	0	0	1	0,33																																																																																																						
D	0	0	0	0	0,33																																																																																																						
A	1	0,67	0,33	0																																																																																																							
B	0	0,67	0,67	0																																																																																																							
C	0	0	1	0,33																																																																																																							
D	0	0	0	0,33																																																																																																							
↑ A B2 C <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table> A B2 C				A	1	1	0	B2	0	1	1	C	0	0	1	↑ A B1 B2 C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>						A	1	0	1	0	0	B1	0	0	0	0	0	B2	0	0	1	1	0	C	0	0	0	1	0	D	0	0	0	0	0																																																								
A	1	1	0																																																																																																								
B2	0	1	1																																																																																																								
C	0	0	1																																																																																																								
A	1	0	1	0	0																																																																																																						
B1	0	0	0	0	0																																																																																																						
B2	0	0	1	1	0																																																																																																						
C	0	0	0	1	0																																																																																																						
D	0	0	0	0	0																																																																																																						
↑ A C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table> A C D				A	1	1	0	C	0	1	1	D	0	0	1	↑ A B1 B2 C D <table><tr><td>A</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>						A	1	0	0	1	0	B1	0	0	0	0	0	B2	0	0	0	0	0	C	0	0	0	1	1	D	0	0	0	0	1																																																								
A	1	1	0																																																																																																								
C	0	1	1																																																																																																								
D	0	0	1																																																																																																								
A	1	0	0	1	0																																																																																																						
B1	0	0	0	0	0																																																																																																						
B2	0	0	0	0	0																																																																																																						
C	0	0	0	1	1																																																																																																						
D	0	0	0	0	1																																																																																																						

A korábbi, hasonló jellegű, sikeresnek nevezhető projektek alapján készített PEM-mátrix értékei az előbbi példán bemutatott módon kiszámolva (*relatív*) *gyakoriságokat* vagy *objektív valószínűségeket* is reprezentálhatnak.

A projektek *egyediségéből* és *újszerűségéből* adódik, hogy sok esetben nem állnak rendelkezésre projekttervek, hiszen az adott projekthez hasonló feladatsort korábban még nem hajtottak végre. Az ilyen logikai tervek létrehozásánál szakértők véleménye alapján határozzák meg a tevékenységeket és a közöttük lehetséges kapcsolatokat, melyekhez *szubjektív valószínűségi értékeket* rendelnek. Némely esetben a mátrix értékei modellezett, ún. *szintetikus valószínűségeket* is lehetnek.

Agilis projektek esetén, ahogy az irodalmi áttekintésben ismertettem, a projekt célját az előre meghatározott időtartam-, erőforrás- és/vagy költségkorláton belül kell elérni. A projekt során elvégzendő feladatokat, tevékenységeket emiatt priorizálni kell, vagyis meg kell határozni köztük egyfajta *fontossági sorrendet*. Ahogy a későbbiekben ismertetem, a 0 és 1 közötti számok alkalmasak a tevékenységek prioritásainak megállapításához. Ez igaz a rákövetkezések/kapcsolatok közötti fontosságok, prioritások meghatározására is.

A szintén a szakirodalomban ismertetett, ún. *MoSCoW-elemzés* segítségével *kategóriák* képezhetők. A tevékenységekhez rendelt értékek alapján eldönthető, hogy a tevékenységek melyik kategóriába tartoznak. Erről majd a 3.3.2. alfejezetben írok részletesebben.

Fontos kiemelni, hogy a PEM-mátrix értékeinek meghatározása érdekes terület, azonban a továbbiakban ismertetett módszerek esetén adottnak feltételezzük a PEM-mátrix értékeit, ugyanis ezek jelentik a további lépések alapját.

3.1.3. A PEM-mátrix elemeihez kapcsolódó definíciók

Az átlón kívüli cellákban jeleníthetők meg a tevékenységek közötti kapcsolaterősségek, míg a mátrix diagonálisában helyezkednek el a tevékenység előfordulások. Ezekhez kapcsolódnak az alábbi definíciók, amelyek a PEM-mátrix definíciójában szereplő fogalmakat tisztázzák felhasználva az ott alkalmazott jelöléseket.

A PEM-mátrix átlón kívüli elemeihez kapcsolódó definíciók

Először a kapcsolaterősségekhez tartozó definíciókat ismertetem.

Definíció: Jelölje $\mathbf{T}$ a tevékenységek halmazát. A $\mathbf{T}$ halmaz tevékenységeinek száma $n = |\mathbf{T}|$. Jelölje $\rho: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a *tevékenységek közötti kapcsolaterősséget*, mely tetszőleges $\rho(t_i, t_j) \in [0, 1]$; $i, j \in \mathbb{N}_n := \{1, 2, \dots, n\}$ $i \neq j$ esetén

- a.) *biztos rákövetkezési kapcsolat* van t_i és t_j között, ha $\rho(t_i, t_j) = 1$,
 - b.) *bizonytalan rákövetkezési kapcsolat* van t_i és t_j között, ha $0 < \rho(t_i, t_j) < 1$,
 - c.) *nincs rákövetkezési kapcsolat* van t_i és t_j között, ha $\rho(t_i, t_j) = 0$.
-

Megjegyzés: az a.) eset a tevékenységek közötti szigorú (soros) rákövetkezést mutatja, amely származhat akár erőforráskorlát meglétéből; míg a c.) eset a tevékenységek közötti függetlenséget, a párhuzamos végrehajtás lehetőségét írja le, ami időkorlát megléte esetén jelenti a legjobb végrehajtási sorrendet.

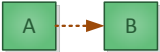
A kapcsolaterősségek jelentéstartalmuktól függően kifejezhetnek valószínűségeket vagy fontosságokat, ehhez kapcsolódik az alábbi definíció, amely különböző jelölésmódot vezet be a különböző értelmezésekhez.

Definíció: Jelölje $\mathbf{T}$ a tevékenységek halmazát. Jelölje $p: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a *tevékenységek közötti rákövetkezési relációk megvalósulási valószínűségét*; jelölje $q: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a *tevékenységek közötti kapcsolatok fontosságát*.

Példa: az alábbi, 3-4. táblázat mátrix és gráf formában is szemlélteti az előbbi definíciók tartalmát. Biztos kapcsolat esetén a mátrixban 1-es érték (vagy 'X'-jel) szerepel, a tevékenység csomópontú hálón nyíl jelöli az 'A' és 'B' tevékenység közötti kapcsolatot, vagyis a 'B' tevékenység csak 'A' tevékenység végrehajtását követően valósítható meg. A bizonytalan kapcsolatot 0 és 1 közötti érték (vagy '?'-jel) fejezi ki, a bizonytalanságot a példában a 0,5-ös értékkel jelöltem a mátrixban, míg szaggatott vonallal ábrázoltam a

gráfon (a gyakorlatban nem tüntetnek fel lehetséges rákövetkezéseket a hálóban, tervezéskor dönteni kell: van kapcsolat két tevékenység között, vagy nincs). A tevékenységek közötti függetlenséget (*nincs kapcsolat* közöttük) 0 érték (vagy üres cella) fejezi ki a mátrixban, a gráfon pedig nincs nyíl a két tevékenység között.

3-4. táblázat: A kapcsolaterősségek megjelenítése mátrix és gráf formában

Biztos kapcsolat			Bizonytalan kapcsolat			Nincs kapcsolat		
↑	A	B	↑	A	B	↑	A	B
A		1	A		X	A		
B	0		B			B	0	
								

A fenti táblázat tartalma a gráfos jelölés segítségével hozzájárul a mátrixban való ábrázolás könnyebb értelmezéséhez.

A PEM-mátrix átlójában szereplő elemeihez kapcsolódó definíciók

Az alábbiakban a tevékenység előfordulásokhoz kapcsolódó definíciókat mutatom be.

Definíció: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz. A T halmaz tevékenységeinek száma $n = |T|$. Ekkor jelölje $\delta: T \rightarrow [0,1]$ a *tevékenység előfordulási bizonytalanságát*.

Tetszőleges $t_i \in T$, $i \in \mathbb{N}_n$ esetén a $\delta(t_i)$ értéket

- biztos tevékenység előfordulásnak* nevezzük, ha $\delta(t_i) = 1$,
- bizonytalan tevékenység előfordulásnak* nevezzük, ha $0 < \delta(t_i) < 1$,
- tevékenység elő-nem-fordulásnak* nevezzük, ha $\delta(t_i) = 0$.

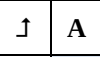
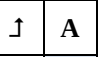
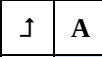
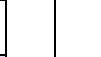
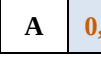
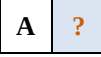
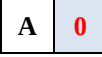
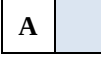
A kapcsolatokhoz hasonlóan a tevékenység előfordulások is lehetnek valószínűségek és (relatív) fontosságok is, ezek jelölésmódját írja le a következő definíció.

Definíció: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz. Jelölje $P: T \rightarrow [0,1]$ a *tevékenységek előfordulási valószínűségeit*; jelölje $Q: T \rightarrow [0,1]$ a *tevékenységek megvalósításának relatív fontosságait*.

Példa: az alábbi táblázat a lehetséges tevékenység előfordulások háromféle megnyilvánulását szemlélteti. Ha az adott tevékenység biztosan megvalósul a projekt során, akkor 1-es érték (vagy 'X') jelöli a mátrixban, a gyakorlatban ezen tevékenységek jelennek meg a hálótervekben. A lehetséges vagy bizonytalan tevékenység előfordulásokat 0 és 1 közötti érték (vagy '?') jelöli, az egyszerűség kedvéért az alábbi mátrixban 0,5-ös értéket tüntettem fel, a tevékenység csomóponton

pedig szaggatott vonallal jelöltem a bizonytalanságot. Ha az adott tevékenység nem valósul meg az adott projekt során, akkor azt 0 (vagy üres cella) jelöli a mátrixban, amit gráf formában nincs értelme feltüntetni (vagy akár körvonal nélküli alakzat is jelölheti).

3-5. táblázat: A tevékenység előfordulások megjelenítése mátrix és gráf formában

Biztos tevékenység előfordulás		Bizonytalan tevékenység előfordulás		Tevékenység elő-nem-fordulás	
					
					
					

Az előbbi példák előrevetítik, hogy a mátrix formában megadott megoldások speciális tevékenység csomópontú logikai hálók, gráfok formájában is megjeleníthetők.

3.1.4. A PEM-mátrix kiegészítése logikai operátorokkal

A projekttervezés során számos esetben érdemes logikai operátorokat használni (ahogy a 4.2.1. alfejezet esettanulmányában is látható). A 3-6. táblázatban található logikai műveletek (vagy más néven logikai operátorok) egy projekten belül a tevékenységek közötti, vagy akár többszintű projekttervezés esetén az egyes (al)projektek közötti összefüggések jelölésére használhatók. Segítségükkel kifejezhető, hogy mely tevékenységek/(al)projektek esetén áll fenn konjunkció, diszjunkció, implikáció, ekvivalencia vagy negáció.

3-6. táblázat: A logikai műveletek megnevezése, jelölése és értelmezése

Megnevezése	Jele	Értelmezése
negáció , tagadás	$\neg A$	<i>nem A</i>
konjunkció , logikai és ⁴³	$A \wedge B$	<i>A és B (mindkettő)</i>
diszjunkció , megengedő vagy	$A \vee B$	<i>A vagy B</i> (legalább az egyik, esetleg mindkettő)
kizáró vagy ⁴⁴	$A \times B$	<i>vagy A, vagy B (csak az egyik)</i>
implikáció , kondicionális	$A \rightarrow B$	<i>ha A, akkor B</i>
ekvivalencia , bikondicionális	$A \leftrightarrow B$	<i>akkor és csak akkor A, ha B</i> (vagy mindkettő, vagy egyik sem)

Forrás: (Szendrei, 2006) alapján

Néhány esetben akár a tevékenységek/(al)projektek közötti kapcsolatok/rákövetkezések esetén is érdemes ezen logikai operátorokat használni.

3.1.5. A PEM megjelenítése gráf formában

A PEM-mátrix számos elterjedt technikával (például hálótervezési módszerek, Gantt-diagram, DSM-módszer) szemben tehát nemcsak a biztos, hanem a lehetséges vagy bizonytalan tevékenység előfordulásokat és lehetséges kapcsolatokat is meg tudja jeleníteni. A PEM-mátrix ábrázolható gráf formában is, a mátrixhoz elkészíthető az

úgynevezett *Projekt Szakértői Gráf* (angolul Project Expert Graph – **PEG**), melyben szaggatott vonallal jeleníthető meg a tevékenységek és a kapcsolatok bizonytalansága.

Definíció: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz, $n = |T|$ a tevékenységek száma. A $\overrightarrow{PEG} = (V, \vec{E})$ speciális irányított gráf elnevezése **Projekt Szakértői Gráf** (PEG), ahol V a csúcsok halmaza, $\vec{E}$ az irányított élek halmaza. A PEG-gráf elemei a következők:

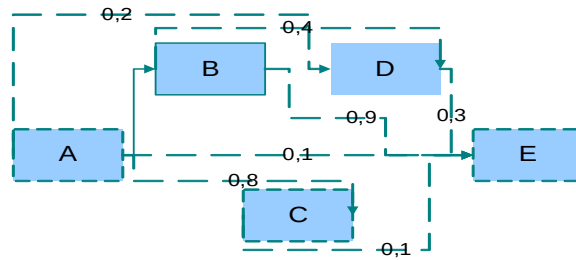
- $V_i \in [0,1]$;

$$V_i = \begin{cases} 1, & \text{ha } V_i \text{ tevékenység biztosan megvalósul (biztos tevékenység előfordulás),} \\]0,1[, & \text{ha } V_i \text{ nem biztos, hogy megvalósul (bizonytalan tevékenység előfordulás),} \\ 0, & \text{ha } V_i \text{ nem valósul meg (tevékenység elő-nem-fordulás).} \end{cases}$$
- $E_{i,j} \in [0,1]$;

$$E_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között létezik él (biztos kapcsolat),} \\]0,1[, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között létezik él (bizonytalan kapcsolat),} \\ 0, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között nem létezik él (nincs kapcsolat).} \end{cases}$$

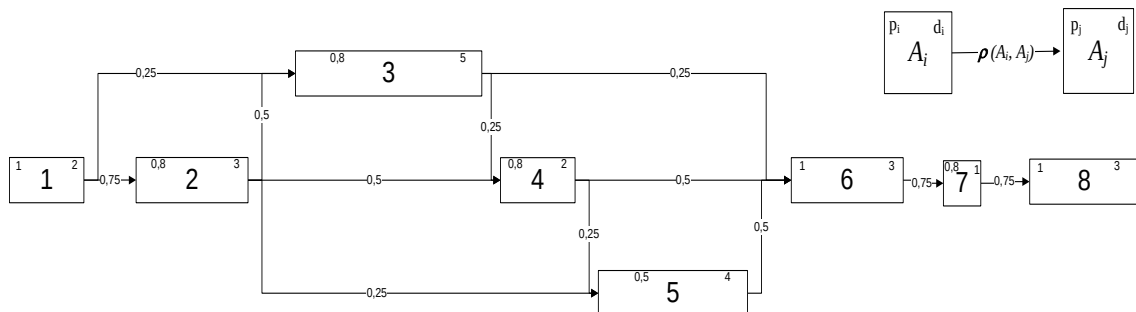
(i és j a tevékenységek indexei, $i, j \in \mathbb{N}_n := \{1, 2, \dots, n\}$).

Példaként a korábbiakban (3-3. ábra) bemutatott PEM-mátrixhoz tartozó PEG-gráf látható az alábbi ábrán (3-4. ábra).



3-4. ábra: A Projekt Szakértői Gráf (PEG)

A gráf formában való megjelenítés pusztán reprezentációs célt szolgál, segíti a mátrix tartalmának vizuális prezentálását. A gráf gyengesége ugyanakkor a mátrixszal szemben, hogy míg a kapcsolaterősségek feltüntethetők a tevékenységek közötti nyilakon, addig a tevékenység előfordulások bizonytalanságát (p) szaggatott vonallal ugyan tudja ábrázolni, azonban az értékének szemléltetése már körülményes, bár megoldható, ahogy a 3-5. ábra szemlélteti (d időtartamot jelöl).



3-5. ábra: Projekt Szakértői Gráf időadatokkal

Forrás: (Kiss – Kosztyán, 2009)

3.1.6. A kiterjesztett PEM-mátrix

A kiterjesztett PEM-mátrixban (angolul enhanced Project Expert Matrix - **ePEM**) a tevékenység előfordulások fontossága mellett az átlóban feltüntethetők a tevékenység elvégzéséhez szükséges idő-, erőforrás- és költségadatok. A rákövetkezők (kapcsolaterősségek) mellett az ePEM átlón kívüli celláiban megjeleníthető a kapcsolat típusa (a befejezés-kezdés mellett befejezés-befejezés, kezdés-kezdés, ritka esetben kezdés-befejezés), illetve az esetleges késleltetések is (általánosságban: 3-7. táblázat; egy példa: 3-6. ábra).

3-7. táblázat: A projekt szakértői mátrix kiterjesztése

ePEM	A tevékenység		B tevékenység	
A tevékenység	Fontosság	Időigény	Kapcsolat-erősség	Késleltetés
	Költségigény	Erőforrásigény		
B tevékenység	Kapcsolat-erősség	Késleltetés	Fontosság	Időigény
			Költségigény	Erőforrásigény

A kibővített PEM-mátrix átlójában tehát egy 0 és 1 közötti érték mutatja az adott tevékenység fontosságát, továbbá feltüntethető a tevékenység elvégzéséhez szükséges időtartam (például napban), a költség- (például forintban) és erőforrás-szükséglet (például szakemberek száma).

↑	A		B		C		D		E	
A	0,8	4	1	BK	0,8	BB	0,2	KK	0,1	BK
	2400	2								
B			1	2			0,4	KB	0,9	BK
			1800	3						
C					0,1	4			0,1	KK
					9600	8				
D							0	10	0,3	BK
							42000	14		
E									0,7	3
									900	1

3-6. ábra: Példa a kibővített PEM-mátrixra (ePEM)

Ezen adatok akár külön oszlopban vagy sorban is megjeleníthetők a mátrix mellett vagy alatt. Az átlón kívüli cellákban pedig 0 és 1 közötti számok jelentik, hogy van-e, illetve lehet-e kapcsolat két tevékenység között, továbbá a tevékenységek hogyan (milyen kapcsolattípus szerint) követik egymást.

3.1.7. Eredményeim összefoglalása, következtetés

A projekt szakértői mátrix kidolgozása során az volt a cél, hogy olyan új tervezési eszköz készüljön, mely a hagyományos hálótervezési módszerek hiányosságait képes kiküszöbölni. A módszer nevéből adódóan a tevékenységek hálós diagramban történő megjelenítése helyett egy $n \times n$ -es mátrixban tartalmazza a projekt lehetséges tevékenységeit (n a tevékenységek számát jelöli), továbbá a tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatokat, az idő-, erőforrás- és költségadatokat. A mátrix-alapú megközelítés számos előnyét az alábbi, 3-8. táblázat foglalja össze.

3-8. táblázat: Különböző tervezési eljárások összehasonlítása

Szemponatok	Hálós megközelítés alkalmazása	Mátrixos megközelítés alkalmazása
Tevékenységek idő-, költség- és erőforrásigényének kezelése	Determinisztikus és sztochasztikus idő-, költség- és erőforrásigények kezelése. (pl. MPM, MPM/COST, ERALL, ERALL-OPT)	Determinisztikus és sztochasztikus idő-, költség- és erőforrásigények kezelése. (PEM, ePEM)
Lehetséges projektváltozatok kezelése	Csak valószínűségi alapon (pl. GERT)	Valószínűségek és prioritások alkalmazása is lehetséges (PEM)
Lehetséges végrehajtási sorrendek kezelése	–	Valószínűségek és prioritások alkalmazása is lehetséges (PEM)
Tevékenység prioritásának kezelése	–	A prioritások kezelésének lehetősége (PEM)
Többszintű projekttervezés	Többszintű hálótervezési módszerek (pl. GERT)	Többszintű mátrixos tervezési módszerek (mPEM)
Ismétlődő tevékenységek, körfolyamatok kezelése	Csak megjelenítési cézzal (pl. GERT)	Körök detektálása, a körfolyamatok kezelése (DSM, PEM)
Projektek és üzleti folyamatok egyidejű kezelése	Külön hálótervezési módszerek projektekre (pl. CPM, MPM, GERT) és üzleti folyamatokra (pl. ARIS – eEPC)	Mind az üzleti folyamatok, mind pedig a projekttevékenységek ugyanabban a módszerben kezelhetők (PEM)

Forrás: (Bognár–Kosztján–Kiss–Gáspár, 2011)

A hagyományos, valamint a szakirodalomban fellelhető projekttervezési technikák hiányosságainak kiküszöbölésére szolgáló, rugalmasabb logikai tervezést lehetővé tevő mátrix-alapú módszerem, a PEM-mátrix felépítését, elemeit, valamint a mátrix elkészítését és a mátrix értékeinek a meghatározását mutattam be ebben az alfejezetben. A 4.1. alfejezetben olvasható **1. tézisé**m, melynek alátámasztására szolgál a 3.1. alfejezet, különösen a 3.1.2. alfejezete, melyben a PEM-mátrix értékeinek megadási módjait részletezem. Egy projekt logikai terve korábbi, hasonló jellegű projektek tapasztalatai alapján készített projektsablonok, vagy ezek hiányában szakértői vélemények egyetlen mátrixba történő aggregálásával is elkészíthető.

A dolgozatban a Projekt Szakértői Mátrixra **PEM**-ként hivatkozok az angol elnevezés alapján, kiterjesztését pedig **ePEM**-nek hívom. A Projekt Szakértői Gráf (**PEG**) segítségével is megjeleníthetők a lehetséges tevékenység előfordulások és kapcsolaterősségek szaggatott vonallal.

3.2. A lehetséges megoldások meghatározása

A szakirodalmi feldolgozás során bemutatott módszerek (például Gantt-diagram, CPM, MPM, PERT, DSM) által ábrázolt determinisztikus projekttervek megjeleníthetők PEM-mátrix segítségével is (ennek ellentettjére – PEM-ből egyéb technikákkal reprezentált tervek – mutattam példát a 3-1. táblázatban). Ilyen esetekben azonban minden tevékenység előforduláshoz 1-es értéket kell rendelni a mátrix átlójában. Ahol létezik kapcsolat két tevékenység között, ott 1-es érték szerepel; ahol nincs kapcsolat, tehát független egymástól a két tevékenység, ott 0-s érték vagy üres cella szerepel a PEM-mátrix átlón kívüli cellájában (ugyanaz igaz az SNPM-mátrixra is leszámítva, hogy annál a módszernél az átlóban nem szerepelnek értékek).

A korábbiakban bemutatott hagyományos tervezési módszerek többségével ellentétben létezhet olyan módszer, amely alapján nem csak egyetlen determinisztikus megoldás, hanem többféle különböző projektterv is készíthető. Ezt tartalmazza 2. feltételezésem.

F2.: Megalkotható egy olyan projekttervezési módszer, amelynek segítségével az összes lehetséges projektterv leképezhető, továbbá különböző szempontok alapján sorbarendeázhető.

A Projekt Szakértői Mátrix az előző fejezetben bemutatott módon a biztos tevékenység előfordulások és biztos rákövetkezések reprezentálásánál (tehát a korábbiakban bemutatottaknál) fejlettebb módszer. A PEM képes az 'X'-szel vagy 1-es értékkel jelölt biztos tevékenységek és kapcsolatok mellett a bizonytalan (lehetséges) tevékenység előfordulásokat és kapcsolaterősségeket is megjeleníteni a celláiban feltüntetett '?'-jelek vagy 0 és 1 közötti számok segítségével. Az így kapott PEM-mátrix cellaértékeit felhasználva különböző lehetséges megoldások készíthetők.

Értelemszerűen az 'X'-szel vagy 1-essel jelölt tevékenységek és kapcsolatok a projekt során minden esetben bekövetkeznek, míg a 0-val jelöltektől el kell tekinteni. A lehetséges megoldásokat tehát a '?'-jellel vagy 0 és 1 közötti értékkel jelölt lehetséges tevékenység előfordulások és lehetséges kapcsolaterősségek határozzák meg. Az összes lehetséges megoldás a PEM-mátrix elemeinek *lehetséges értékei alapján* két kérdésre válaszolva két lépésben adható meg. Az első kérdés arra keresi a választ, hogy **MIT**, milyen tevékenységeket kell, illetve lehet elvégezni a projekt során. A második kérdés pedig arra vonatkozik, hogy **HOGYAN**, milyen sorrendben kell, illetve lehet végrehajtani a meghatározott tevékenységeket.

A lehetséges megoldások meghatározásának lépései:

- 0. lépés:** a Projekt Szakértői Mátrix (PEM) elkészítése,
- 1. lépés:** az elvégzendő tevékenységek kiválasztása (projektváltozatok),
- 2. lépés:** a lehetséges végrehajtási sorrendek meghatározása (projektstruktúrák),
- 3. lépés:** a determinisztikus megoldások megjelenítése (háló vagy mátrix formában).

A 3-9. táblázat bemutatja, hogy a PEM-mátrix lehetséges értékei alapján hogyan határozható meg az összes lehetséges megoldás. Első lépésként a PEM átlójában szereplő tevékenység előfordulások értékei alapján képezhetők úgynevezett lehetséges

projektváltozatok. A biztosan elvégzendő ('X'-szel jelölt) tevékenységek az összes lehetséges megoldásban jelen lesznek, míg a '?'-jellel jelölt lehetséges tevékenység előfordulások egyik megoldásban szerepelnek, másokban nem. A példán az SNPM-mátrixszal ábrázolt első projektváltozat esetén mindkét tevékenység szerepel a projekttervben, a második projektváltozatban viszont csak az 'A' jelű biztos tevékenység.

3-9. táblázat: A Projekt Szakértői Mátrix által meghatározható lehetséges megoldások

PEM	SNPM projektváltozatok	DSM projektstruktúrák	Háló																											
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td>X</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td></tr></table>	↑	A	B	A	X	?	B		?	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A		?	B			<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A		X	B			
	↑	A	B																											
	A	X	?																											
	B		?																											
↑	A	B																												
A		?																												
B																														
↑	A	B																												
A		X																												
B																														
		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A			B			 																		
↑	A	B																												
A																														
B																														
	<table><tr><td>↑</td><td>A</td></tr><tr><td>A</td><td></td></tr></table>	↑	A	A		-																								
↑	A																													
A																														
	MIT?	HOGYAN?																												

A második lépésben minden egyes projektváltozathoz elkészíthetők az úgynevezett lehetséges projektstruktúrák. Az előbbiekhöz hasonlóan a szigorú rákövetkezést mutató, 'X'-szel jelölt kapcsolatok minden esetben szerepelnek a projekttervben, míg a lehetséges kapcsolatok ('?') esetén kétféle kimenet képzelhető el: vagy létezik a kapcsolat vagy nem.

A példa esetén a második projektváltozat egyetlen tevékenységénél nincs értelme kapcsolatokat vizsgálni. Az első projektváltozat 'A' és 'B' tevékenysége között létezik egy lehetséges kapcsolat ('?'), ami kétféle projektstruktúrát eredményezhet. Az első projektstruktúránál rákövetkezés, soros végrehajtás határozható meg 'A' és 'B' tevékenység között, ahogy a DSM-mátrix, illetve a tevékenység csomópontú háló is mutatja. A második projektstruktúránál viszont eltekintünk a kapcsolat meglététől, így a két tevékenység párhuzamosan, egymástól függetlenül is végrehajtható.

Az előbbi egyszerű példán bemutatott lépések nagyobb projekttervek esetén is használhatók az összes lehetséges megoldás meghatározására. A biztos tevékenységek, illetve kapcsolatok minden lehetséges projektváltozatban, illetve projektstruktúrában szerepelnek, míg a lehetséges tevékenység előfordulások, illetve kapcsolaterősségek esetén vagy létezik az adott tevékenység a projektváltozatban, illetve a kapcsolat a projektstruktúrában, vagy nem. A lehetséges megoldások meghatározásának lépéseit mutatom be a továbbiakban részletesebben definíciókkal és példákkal szemlélítve.

3.2.1. Lehetséges projektváltozatok meghatározása

A Projekt Szakértői Mátrix átlójának értékei 0 és 1 között tetszőleges értéket felvehetnek, azonban a mátrix lehetséges értékei alapján végül meg kell határozni determinisztikus megoldásokat. Vagyis a lehetséges tevékenység előfordulások esetén dönteni kell, hogy az adott tevékenység *megvalósul* („realizálódik”), vagy *nem* az adott projekt során. Az így meghatározott (tevékenységek tekintetében) determinisztikus megoldásokat hívom **projektváltozat**nak, hiszen különböző tevékenység-összetételű projekttervek képezhetők.

Definíció: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz.

Jelölje $R: T \rightarrow \{0,1\}$ a **tevékenység realizációját**, ahol $\forall t \in T$ esetén

$$R = \begin{cases} 0, & \text{ha a tevékenység nem valósul meg,} \\ 1, & \text{ha a tevékenység megvalósul.} \end{cases}$$

Példa: az alábbi, 3-10. táblázatban látható, hogy a definícióban megfogalmazott tevékenység realizáció hogyan valósul meg a gyakorlatban (a megoldások képzésénél nincs jelentősége, hogy a cellákban számok vagy jelek szerepelnek). Tegyük fel, hogy két ('A' és 'B') tevékenységből áll a projektterv, melyek közül az 'A' biztos tevékenység, míg a 'B' bizonytalan. Ebből az következik, hogy az 'A' tevékenység mind a két lehetséges projektváltozatban jelen lesz. Ezzel szemben a 'B' lehetséges tevékenység egyik projekttervben szerepelni fog (ilyen esetben meg kell tartani a két tevékenység közötti lehetséges rákövetkeztetést is az átlón kívüli 'A-B' cellában); másikból viszont el kell hagyni. A második megoldáson látható, hogy az elhagyás miatt a 'B' tevékenységhez tartozó sort és oszlopot törölni kell a mátrixból. A két lehetséges projektváltozat megjelenítésére használható egy-egy SNPM-mátrix, melynek átlón kívüli cellái mutatják a lehetséges kapcsolaterősségeket, míg az átló cellái a PEM-mátrixszal ellentétben üresek.

3-10. táblázat: A lehetséges projektváltozatok meghatározása

PEM-mátrix			SNPM-mátrixok – Projektváltozatok																				
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td>X</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td></tr></table>			↑	A	B	A	X	?	B		?	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>			↑	A	B	A		?	B		
↑	A	B																					
A	X	?																					
B		?																					
↑	A	B																					
A		?																					
B																							
			<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>			↑	A	B	A		?	B											
↑	A	B																					
A		?																					
B																							

Az előbbi ábra magyarázataként az alábbi definíciók meghatározzák, mit jelent az SNPM-mátrix, illetve a reprezentációs gráf, majd ismertetem a projektváltozatok fogalmát is.

Összegzés: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz, $n = |T|$. $P \in [0,1]^{n \times n}$ a **Projekt Szakértői Mátrix** (PEM) $\delta: T \rightarrow [0,1]$ a tevékenységek előfordulási bizonytalanságát és $\rho: T \times T \rightarrow [0,1]$ a tevékenységek közötti kapcsolaterősséget megadó függvényekkel.

Definíció: $S \in [0,1]^{s \times s}$ mátrixot P projekt szakértői mátrix *részmátrixának* nevezzük, ha $s \leq n$; $T_s \subseteq T$; $\delta_s: T_s \rightarrow [0,1]$; $\rho_s: T_s \times T_s \rightarrow [0,1]$, ahol s a részmátrix sorainak és oszlopainak (vagyis a mátrix elemeinek) számát mutatja. Ekkor $S \subseteq P$ jelölést alkalmazunk.

A következő definíció a PEM-mátrix részmátrixát, név szerint az SNPM-mátrixot ismerteti, vagyis a lehetséges megoldások meghatározásának első lépéseként kapott eredményt: **mit** kell végrehajtani, *mik lesznek a projekt során elvégzendő tevékenységek*, továbbá milyen lehetséges sorrendben, lehetséges kapcsolatok alapján hajthatók végre a kiválasztott tevékenységek, vagyis milyen **projektváltozatok** határozhatók meg.

Definíció: Egy $S \subseteq P$ mátrix a **Sztochasticus Hálótervezési Módszer** (SNPM) **mátrixa** a P Projekt Szakértői Mátrixnak a részmátrixa, ha tartalmazza a biztos tevékenység előfordulásokat, és nem tartalmazza a biztos tevékenység elő-nem-fordulásokat ($S \subseteq P | T_s \subseteq T; \forall t_k \in T_s$ esetén $\delta(t_k) > 0$; $\delta(t_k) := 1$; $k = (1, 2, \dots, s)$). Ekkor azt mondjuk, hogy T_s egy **lehetséges projektváltozat** tevékenységeit tartalmazza; $S \in [0,1]^{s \times s}$ pedig a projektváltozat tevékenységei közötti kapcsolatokat reprezentáló SNPM-mátrix.

A Sztochasticus Hálótervezési Módszer mátrix gráf formában történő megjelenítése a **reprezentációs gráf**.

Definíció: Legyen T a tevékenységeket tartalmazó halmaz, $n = |T|$ a tevékenységek száma. Az $\overrightarrow{RG} = (V, \vec{E})$ speciális irányított gráf elnevezése **reprezentációs gráf**, ahol V a csúcsok halmaza, $\vec{E}$ az irányított élek halmaza. A reprezentációs gráf elemei a következők:

- $V_i = 1$,
 ha V_i tevékenység biztosan megvalósul (biztos tevékenység előfordulás)
 - $E_{i,j} \in [0,1]$;
 $E_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között létezik } i \rightarrow j \text{ él (biztos kapcsolat),} \\]0,1[, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között létezik } i \rightarrow j \text{ él (bizonytalan kapcsolat),} \\ 0, & \text{ha } V_i \text{ és } V_j \text{ között nem létezik } i \rightarrow j \text{ él (nincs kapcsolat).} \end{cases}$
 (i és j a tevékenységek indexei, $i, j \in \mathbb{N}_n := \{1, 2, \dots, n\}$).
-

A reprezentációs gráf a Projekt Szakértői Gráfnak azon speciális esete, amelyben az összes tevékenység biztosan megvalósul a projekt során, azonban alkalmas a lehetséges

kapcsolatok/rákövetkezések megjelenítésére is szemben a gyakorlatban elterjedt hálótervezési módszerekkel (melyek mindössze a biztos rákövetkezéseket képesek ábrázolni).

A módszer lépéseinek leírása

A projektváltozatok meghatározása, vagyis az elvégzendő tevékenységek kiválasztása az alábbiak szerint történik.

1.0. lépés: A PEM-mátrix átlójában szereplő értékek közül a lehetséges értékek figyelembe vétele (0 és 1 kivételével).

***Megjegyzés:** Az 1-essel jelölt biztos tevékenységek az összes projektváltozatban szerepelnek, a 0-val jelölt tevékenységek egyikben sem.*

1.1. lépés: Az összes lehetséges projektváltozat meghatározása a lehetséges tevékenység előfordulások összes lehetséges kombinációja által.

***Megjegyzés:** Az összes lehetséges projektváltozat maximális száma k darab lehetséges, egymástól független tevékenység előfordulás esetén 2^k (hiszen minden tevékenység esetén két kimenet lehetséges: vagy megvalósul az adott tevékenység a projekt során, vagy nem).*

Az egyes projektváltozatok SNPM-mátrix vagy reprezentációs gráf formában is ábrázolhatók, így egy projektváltozat a meghatározott tevékenységek lehetséges végrehajtási sorrendjeit egyidejűleg képes ábrázolni.

Az algoritmus lépései egyszerűnek tűnhetnek, de részletesebb magyarázatra szorulnak.

Az első lépés a PEM-mátrix átlójában szereplő tevékenység előfordulásokon alapul. A biztos (1-essel jelölt) és a projektből kimaradó (0-val jelölt) tevékenységek nem számítanak bele a lehetséges projektváltozatok meghatározásába, azok ugyanis a lehetséges vagy bizonytalan tevékenység előfordulások alapján képezhetők.

Ha k jelöli a bizonytalan tevékenység előfordulások számát, akkor 2^k a lehetséges projektváltozatok száma. Már néhány bizonytalan tevékenység előfordulás esetén is sok lehetséges projektváltozat határozható meg, ami már 5-10 lehetséges tevékenység esetén is jelentős számot jelent. Az összes lehetséges tevékenységkombináció megalkotása komoly feladatot és odafigyelést igényel. Ennek megkönnyítése érdekében érdemes az alábbiak szerint eljárni.

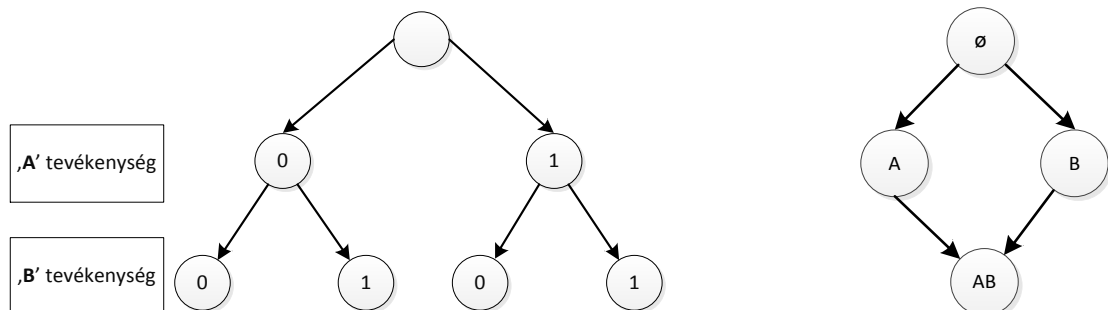
Egy bizonytalan tevékenység előfordulásnak kétféle kimenete (realizációja) lehet: vagy végrehajtják az adott tevékenységet a projekt során, vagy nem. Meg kell vizsgálni az összes bizonytalan tevékenység előfordulásnak mindkét lehetséges kimenetét, majd venni kell az összes lehetséges tevékenységkombinációt. Legegyszerűbben ez úgy kivitelezhető, ha a PEM-mátrix leegyszerűsítését vesszük, eltekintünk a biztos és kimaradó tevékenységektől, így a mátrix csak a bizonytalan tevékenységeket tartalmazza. Ezt követően célszerű sorban haladni a tevékenységkombinációk képzése során. Ezen probléma megoldására Németh Anikó (2009) dolgozatában található egy algoritmus, amely az RPL-módszer nevet kapta, ahol 'R' a biztosan megvalósuló (required) tevékenységeket, 'P' a lehetséges (possible) tevékenységeket, míg 'L' az

elhagyandó (leavable) tevékenységeket jelöli. A lehetséges megoldások képzéséhez egy bináris alapon nyugvó rendszert használ. Az összes lehetséges vagy bizonytalan tevékenységet sorba rendezi, és megadja a tevékenységek összes lehetséges kombinációját bináris alapon.

Az így kapott lehetséges projektváltozatok megjeleníthetők SNPM-mátrixok formájában, így egyetlen mátrix képes ábrázolni a kiválasztott tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatokat, rákövetkezéseket. (Az így kapott SNPM-mátrixok képezik a következő lépés bemeneteit).

A módszer bemutatása egy példán keresztül

Az alábbi példában két bizonytalan tevékenység ('A' és 'B') és egy biztos tevékenység ('C') található, tehát összesen $2^2=4$ lehetséges projektváltozat képezhető a két bizonytalan tevékenység alapján (a biztos tevékenység mindegyik projektváltozatban biztosan szerepel, ezért nem befolyásolja a lehetséges megoldások számát). A bináris kombinációképzés során az első számjegy az 'A' tevékenység megvalósulását (1) vagy meg-nem-valósulását (0) jelenti, míg a második szám a 'B' tevékenységét. Az alábbi bináris fa⁴⁵, valamint hatványhalmaz⁴⁶ készíthető ehhez a feladathoz, ami arra szolgál, hogy segítséget nyújtson az összes lehetséges megoldás meghatározásához a lehetséges projektváltozatok alapján (a hatványhalmaznál természetesen a 'C' tevékenység minden esetben szerepel a projektváltozatokban, de most a lehetséges megoldások képzésének megértése érdekében az ábrán nem jelenítettem meg).



3-7. ábra: A feladathoz tartozó bináris fa, valamint a lehetséges tevékenységek hatványhalmaza

A lehetséges kombinációk a következők:

- 00: egyik sem valósul meg 'A' és 'B' közül (üres halmaz);
- 01: 'A' nem valósul meg, 'B' igen (csak 'B');
- 10: 'A' megvalósul, 'B' nem (csak 'A');
- 11: mindkettő megvalósul ('A' és 'B' is).

3-11. táblázat: A lehetséges projektváltozatok meghatározása egy példán keresztül

PEM-mátrix	Bináris kombinációk	SNPM-mátrixok, Projektváltozatok																																				
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	↑	A	B	C	A	?	?	?	B		?	?	C			X	00	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>  <table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		?	?	B			?	C				↑	C	C	
	↑	A	B	C																																		
	A	?	?	?																																		
	B		?	?																																		
C			X																																			
↑	A	B	C																																			
A		?	?																																			
B			?																																			
C																																						
↑	C																																					
C																																						
01	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>  <table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		?	?	B			?	C				↑	B	C	B		?	C														
↑	A	B	C																																			
A		?	?																																			
B			?																																			
C																																						
↑	B	C																																				
B		?																																				
C																																						
10	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>  <table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		?	?	B			?	C				↑	A	C	A		?	C														
↑	A	B	C																																			
A		?	?																																			
B			?																																			
C																																						
↑	A	C																																				
A		?																																				
C																																						
11	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		?	?	B			?	C																								
↑	A	B	C																																			
A		?	?																																			
B			?																																			
C																																						

A 3-10. táblázat és a 3-11. táblázat egyszerű példákon keresztül szemlélteti, hogy a lehetséges tevékenység előfordulások alapján milyen lehetséges projektváltozatok képezhetők. Az egyes projektváltozatokat SNPM-mátrixok szemléltetik, melyek tartalmazzák az adott lehetséges megoldáshoz tartozó biztosan végrehajtandó tevékenységeket, valamint a kiválasztott tevékenységek közötti lehetséges rákövetkezéseket. A tervből kimaradó tevékenységeket az érintett kapcsolataikkal együtt el kell hagyni, ez az ábrázolásban azt jelenti, hogy törölni kell az érintett tevékenységekhez tartozó sorokat és oszlopokat az SNPM-mátrixból.

A módszer leírása pszeudokóddal

Az összes lehetséges megoldás meghatározásához nyújt jelölésben segítséget az alábbi táblázat, mely az egyes mátrixokat hasonlítja össze. A lehetséges megoldások képzése során 1. lépésben a PEM-mátrix átlójában szereplő tevékenység előfordulások alapján készíthetők projektváltozatok (lehetséges tevékenységkombinációk) SNPM-mátrixok formájában. A DSM-mátrixokra majd a 2. lépés során lesz szükség, azok reprezentálják a végső, determinisztikus megoldásokat.

Összefoglalásként tehát a **PEM**-mátrix átlójában található a tevékenység előfordulások, melyek 0 és 1 közötti valós számok lehetnek. Egy **SNPM**-mátrix a PEM egy részmátrixa, mely azokat a tevékenységeket tartalmazza, amelyek megvalósulnak a

projekt során, a többit pedig a kapcsolatokkal együtt, tehát az egész sort és oszlopot is törölni kell a kiinduló mátrixból. Amennyiben az összes tevékenységet meg akarjuk jeleníteni, akkor a megvalósuló tevékenységeket 1-essel; a meg-nem-valósulókat pedig 0-val kell jelölni az átló megfelelő celláiban (ez utóbbi esetben a tevékenység sorait és oszlopait is nullázni kell). Egy **DSM**-mátrix egy **SNPM**-mátrix részmatrice, mely az **SNPM**-mátrixban szereplő tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatok bekövetkezését vagy be-nem-következését mutatja determinisztikus formában 1 vagy 0 értékkel jelölve.

3-12. táblázat: Az algoritmusok bemutatása során használt definíciók rendszerezése

Mátrix-megnevezése	PEM	SNPM	DSM																											
Mátrix felépítése	<table> <tr> <td>$\curvearrowright$</td> <td>t_i</td> <td>t_j</td> </tr> <tr> <td>t_i</td> <td>δ_i</td> <td>$\rho_{i,j}$</td> </tr> <tr> <td>t_j</td> <td>$\rho_{j,i}$</td> <td>δ_j</td> </tr> </table>	$\curvearrowright$	t_i	t_j	t_i	δ_i	$\rho_{i,j}$	t_j	$\rho_{j,i}$	δ_j	<table> <tr> <td>$\curvearrowright$</td> <td>t_i</td> <td>t_j</td> </tr> <tr> <td>t_i</td> <td></td> <td>$\rho_{i,j}$</td> </tr> <tr> <td>t_j</td> <td>$\rho_{j,i}$</td> <td></td> </tr> </table>	$\curvearrowright$	t_i	t_j	t_i		$\rho_{i,j}$	t_j	$\rho_{j,i}$		<table> <tr> <td>$\curvearrowright$</td> <td>t_i</td> <td>t_j</td> </tr> <tr> <td>t_i</td> <td></td> <td>$r_{i,j}$</td> </tr> <tr> <td>t_j</td> <td>$r_{j,i}$</td> <td></td> </tr> </table>	$\curvearrowright$	t_i	t_j	t_i		$r_{i,j}$	t_j	$r_{j,i}$	
$\curvearrowright$	t_i	t_j																												
t_i	δ_i	$\rho_{i,j}$																												
t_j	$\rho_{j,i}$	δ_j																												
$\curvearrowright$	t_i	t_j																												
t_i		$\rho_{i,j}$																												
t_j	$\rho_{j,i}$																													
$\curvearrowright$	t_i	t_j																												
t_i		$r_{i,j}$																												
t_j	$r_{j,i}$																													
Mátrix jelölése	$\mathbf{P} \in [0,1]^{n \times n}$	$\mathbf{S} \in [0,1]^{s \times s}$	$\mathbf{D} \in \{0,1\}^{s \times s}$																											
Átlón kívüli értékek	$\rho(t_i, t_j) \in [0,1], i \neq j$	$\rho(t_i, t_j) \in [0,1], i \neq j$	$r(t_i, t_j) \in \{0,1\}, i \neq j$																											
Átló értékei	$\delta(t_i) \in [0,1]$	-	-																											

A lehetséges projektváltozatok meghatározásának folyamata az alábbi *pseudokóddal* írható le, melynek lényege a következő. A bemenet maga a PEM-mátrix, melynek elemei közül az algoritmus kiválasztja a tevékenységeket. Ezt követően elkülöníti a bizonytalan tevékenység előfordulásokat, hiszen ezek határozzák meg a lehetséges projektváltozatok számát. Tehát mellőzi a biztos (1) és elhagyandó tevékenységeket (0). A kiválasztás gyakorlatilag úgy történik, hogy azokat az elemeket írja ki egy tömbbe (vektorba), amelyeknél a sorok és oszlopok száma megegyezik (átló).

A következő lépés az összes lehetséges projektváltozat leképezése bináris alapon a bizonytalan tevékenységek alapján. Kiíratásnál ki kell egészíteni a tevékenységlistát a biztos tevékenységekkel, majd mátrix formában, a lehetséges rákövetkezéseket is feltüntetve kell megadni a megoldásokat.

```

1 beolvas  $\mathbf{P} \in [0,1]^{n \times n}$  //PEM-mátrix:( $n \times n$ );  $n$  a tevékenységek száma
2 kiválaszt  $\mathbf{T}_n$  //  $\mathbf{T}_n$  a PEM-mátrix összes tevékenységének halmaza
3  $\mathbf{T}_1 := \emptyset$  //  $\mathbf{T}_1$  a biztos tevékenységek halmaza ( $\delta = 1$ )
4  $\mathbf{T}_0 := \emptyset$  //  $\mathbf{T}_0$  az elhagyandó tevékenységek halmaza ( $\delta = 0$ )
5  $\mathbf{T}_k := \emptyset$  //  $\mathbf{T}_k$  a bizonytalan tevékenységek halmaza ( $0 < \delta < 1$ )
6  $k$  a bizonytalan tevékenységek száma ( $0 \leq k \leq n$ )

7 //1. PEM  $\rightarrow$  SNPM, ha  $i=j$ , átló értékei ( $\delta$ )
8 Tevékenységek kiválasztása, projektváltozat(ok) meghatározása
9 függvény  $\mathbf{S} = \text{scenario}(\mathbf{P})$  //a „scenario” bemenete: PEM, kimenete: SNPM
10  $\mathbf{S} = \mathbf{P}(n, n)$ ; //Az SNPM-mátrixokat a PEM alapján képezzük
11  $\mathbf{P}(i, i) = \mathbf{T}_n$  //A PEM-mátrix átlójának elemei a tevékenységek
```

```

12  $T_k = T_n \setminus (T_1 \cup T_0)$  //  $T_k$  a bizonytalan tevékenységek halmaza
13  $z = \text{dec2bin}(2^k);$  // A megoldásokat jelölő bináris szám
14 ciklus  $a=1$ -től  $2^k$ -ig{ // összes lehetséges megoldás meghatározása
15     ciklus  $b=1$ -től  $k$ -ig{
16          $Y = \text{bin2dec}(z)$  // SNPM-mátrix átlója bináris sorvektorként
17         ha  $Y(k)=0$ {
18              $T_k = 0;$  // Ha egy lehetséges tevékenységet elhagyunk,
19              $S(i, :) = 0;$  // akkor a sorát és
20              $S(:, j) = 0$  // az oszlopát kinullázzuk.
21         }
22     }
23      $T_s = T_k \cup T_1$  //  $T_s$  a projektváltozatok tevékenységlistájának halmaza
24 }
25 ciklus  $i=1$ -től  $s$ -ig{
26     kiír  $S \in [0,1]^{s \times s}$  // Az SNPM-mátrixok a PEM-mátrix részmátrixai
27 }

```

A módszer számítógépes támogatottsága

Könnyen belátható, hogy már néhány (például 10) lehetséges tevékenységet tartalmazó projektterv esetén is sokáig tartana az összes lehetséges projektváltozat ($2^{10}=1024$ lehetséges megoldás!) meghatározása, ezért elengedhetetlen számítógépes program készítése a probléma megoldásához. A MATLAB környezet kiválóan alkalmas mátrixokhoz kapcsolódó feladatok kezelésére, használata nem igényel annyira kifinomult programozási szaktudást, mint más programnyelvek, ezért ezt választottam a kidolgozott algoritmusok számítógépes támogatására.

Az első feladat (a PEM-mátrix átlójában szereplő lehetséges tevékenység előfordulások alapján az *összes lehetséges projektváltozat vagy projektszenárió meghatározása*) megoldására is készítettem egy MATLAB script-et „**scenario.m**” néven az előbbieken bemutatott pszeudókód alapján.

A feladat bemeneteként meg kell adni, vagy akár Excel-munkafüzetből be kell olvasztatni egy $n \times n$ -es PEM-mátrixot. A program egy tömbben eltárolja a mátrix átlójában szereplő értékeket a hozzájuk tartozó tevékenység sorszámával, indexével ('V' jelű tömb). A lehetséges projektváltozatok számát a 0 és 1 közötti értékek száma határozza meg, ezért egy másik tömbbe másolja ezeket az értékeket a követhetőség érdekében az indexükkel együtt ('W' jelű tömb). Ha a 0 és 1 közötti értékek száma k , akkor 2^k az összes lehetséges projektváltozat száma.

A MATLAB lehetőségeit kihasználva két ciklus segítségével meghatároztam az összes lehetséges megoldást bináris alapon, ahol az 1-es érték azt jelöli, hogy az adott tevékenység megvalósul, a 0-s érték pedig a tevékenység kihagyására utal ('Y(.)' jelöli az így kapott tömb egy sorát).

A lehetséges kombinációk meghatározása után készítettem 2^k tömböt, melynek sorait az előbbi tömbök alapján töltöttem fel ('X(.)'). Ezek a tömbök az egyes projektváltozatokat reprezentáló SNPM-mátrixok lesznek. Hosszuk a 'V' tömb hosszával egyezik meg, tehát a PEM-mátrix elemszámával. Átlón kívüli értékeit az eredeti PEM-mátrix alapján adtam meg (ezek a lehetséges kapcsolaterősségek). Az egyes mátrixok átlójának feltöltésekor figyelembe vettem az 'Y(.)' tömbben tárolt lehetséges bináris megoldásokat, ezeket szoroztam be a 'W' tömbben szereplő értékekkel, majd az indexelés segítségével az eredeti átlóban szereplő 0 és 1 jelű tevékenységeket is feltüntettem. Végezetül az átlóban a 0 és 1 közötti értékeket átírtam 1-re vagy 0-ra, attól függően, hogy az adott tevékenység megvalósul vagy nem. Az átlóban szereplő 0 esetén (amikor a tevékenység nem valósul meg az adott megoldás szerint) az adott tevékenység soraiban és oszlopaiban is nulláztam a lehetséges kapcsolaterősségeket, hiszen ezeket a tevékenységeket az adott projektváltozatban nincs értelme figyelembe venni.

Egy egyszerű feladaton teszteltem a program működését. Az alábbi ábrán látható a kiinduló PEM-mátrix 3 lehetséges tevékenység előfordulással (0,3; 0,7; 0,5).

PEM	A	B	C	D	E
A	0,3	0,8	0	0,6	0
B	0	1	0,2	0,8	1
C	0	0	0	0,3	0
D	0	0	0	0,7	0,6
E	0	0	0	0	0,5

3-8. ábra: A kiinduló PEM-mátrix értékei

Az előbbi leírásnak megfelelően az alábbi táblázatban láthatók a projektváltozatok meghatározásának fontosabb lépései.

V= 12345 0.3100.70.5	Y 111 110 101 100 011 010 001 000
W= 145 0.30.70.5	

3-9. ábra: A PEM átlójához készített tömbök és a bináris tevékenységkombinációk

Ezek alapján $2^3 = 8$ lehetséges projektváltozat képezhető, melyek a program által Excel-munkafüzetben megjelenítve láthatók a 3-13. táblázatban.

3-13. táblázat: A PEM-mátrix lehetséges projektváltozatai (tevékenységkombinációi)

Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5	data 1 2 3 4 5 1 1 0.8000 0 0.6000 0 2 0 1 0 0.8000 1 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 1 0.6000 5 0 0 0 0 1
Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5	data 1 2 3 4 5 1 1 0.8000 0 0 0 2 0 1 0 0 0 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 1
Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5 ● Munka6	data 1 2 3 4 5 1 0 0 0 0 0 2 0 1 0 0.8000 1 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 1 0.6000 5 0 0 0 0 1
Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5 ● Munka6 ● Munka7 ● Munka8	data 1 2 3 4 5 1 0 0 0 0 0 2 0 1 0 0 1 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 1
Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5 ● Munka6	data 1 2 3 4 5 1 0 0 0 0 0 2 0 1 0 0.8000 0 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 1 0 5 0 0 0 0 0
Worksheets ● Munka1 ● Munka2 ● Munka3 ● Munka4 ● Munka5 ● Munka6 ● Munka7 ● Munka8	data 1 2 3 4 5 1 0 0 0 0 0 2 0 1 0 0 0 3 0 0 0 0 0 4 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0

A 3-10. ábra pedig az első megoldást mutatja MATLABban feltüntetve a lehetséges kapcsolaterősségek alapján képzett bináris kombinációt ('Y'), majd ez alapján a kiinduló PEM-mátrix átlójába való visszahelyettesítést ('X'), végül pedig a projektváltozathoz elkészített SNPM-mátrixot ('S').

1					
Y=					
1 1 1					
X=					
1	2	3	4	5	
0.3	1	0	0.7	0.5	
.....					
S=					
1	0.8	0	0.6	0	
0	1	0	0.8	1	
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0.6	
0	0	0	0	1	

3-10. ábra: A PEM alapján készített első projektváltozat MATLABban

A kapott megoldások többségénél létezik több lehetséges végrehajtási sorrend, képezhetők lehetséges projektstruktúrák. A kidolgozott módszerem következő lépéseként mutatom be ennek a menetét. Egy projektváltozat esetén, ha l jelöli a lehetséges (0 és 1 közötti) kapcsolaterősségek számát, akkor 2^l lehetséges projektstruktúra képezhető. Az előbbi példa alapján ez azt jelenti, hogy az 1. megoldáshoz $2^4 = 16$; a 2. megoldáshoz $2^3 = 8$; a 3., 4. és 6. projektváltozathoz 2; az 5-hez $2^2 = 4$; míg a 7. és 8. projektváltozathoz 1-1 (2^0) projektstruktúra létezik.

3.2.2. Lehetséges projektstruktúrák meghatározása

Az összes lehetséges megoldás meghatározásának második lépése az elvégzendő tevékenységek kiválasztása után az egyes projektváltozatokhoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra meghatározása. A lehetséges kapcsolaterősségek kétféle módon realizálódhatnak: vagy *létezik kapcsolat* két tevékenység között, vagy *nem*. Ezt írja le az alábbi definíció. A különböző rákövetkezési sorrendek alapján megvalósult projekttervek a *projektstruktúrák*.

Definíció: Jelölje $\mathbf{T}$ a tevékenységek halmazát. Legyen $\rho: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a tevékenységek közötti kapcsolaterősséget megadó függvény. Ekkor $r: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow \{0,1\}$ jelöli a *tevékenységek lehetséges rákövetkezési realizációt*. $\forall t_i, t_j \in \mathbf{T}$ esetén

$$r(t_i, t_j) = \begin{cases} 0, & \text{ha a kapcsolat nem létezik} \\ 1, & \text{ha a kapcsolat létezik} \end{cases}.$$

Példa: az alábbi egyszerű példa szemlélteti, hogy a definícióban megfogalmazott lehetséges kapcsolaterősségek ténylegesen hogyan jelennek meg mátrix és gráf formában ábrázolt determinisztikus megoldásként. A „?”-jel helyett bármilyen 0 és 1 közötti érték szerepelhet az SNPM-mátrixban (ez gyakorlatilag a PEM-mátrix speciális esetét jelenti, ahol feltételezhető, hogy minden tevékenység biztosan bekövetkezik a projekt során).

A Bináris DSM-mátrix, a tevékenység csomópontú hálóreprezentációhoz hasonlóan, a két lehetséges kimenetet ábrázolja a 3-14. táblázatban. Az első lehetőség a két tevékenység ('A' és 'B') közötti biztos rákövetkezést (soros kapcsolat) szemlélteti „X”-szel (vagy 1-es értékkel) jelölve a mátrixban és 'A'-ból 'B'-be mutató nyíllal jelölve a gráfon. A második lehetőség a két tevékenység függetlenségét mutatja (párhuzamos kapcsolat) üres cellával (vagy 0-val) jelölve a mátrixban.

3-14. táblázat: A lehetséges projektstruktúrák meghatározása és ábrázolása mátrix és gráf formában

SNPM-mátrix	Bináris DSM-mátrixok	Tevékenység csomópontú hálók																		
Projektváltozat	Projektstruktúrák																			
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A		?	B			<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A		X	B			
	↑	A	B																	
A		?																		
B																				
↑	A	B																		
A		X																		
B																				
	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	A			B												
↑	A	B																		
A																				
B																				

Az elvégzendő tevékenységek kiválasztása, meghatározása után azt kell megválaszolni, **hogyan**, milyen sorrendben kell végrehajtani a tevékenységeket. A 2. lépésben mindenegybes projektváltozathoz úgynevezett **projektstruktúrákat** kell készíteni, amelyek a kiválasztott tevékenységek közötti *lehetséges végrehajtási sorrendeket* (lehetséges rákövetkezéseket) mutatják. A lépések bemutatása előtt ismertetek néhány alapfogalmat. Az alábbiakban olvasható a bináris DSM-mátrix definíciója, illetve a projektstruktúra értelmezése.

Definíció: Legyen $\mathbf{T}$ a tevékenységeket tartalmazó halmaz. A $\mathbf{T}$ halmaz tevékenységeinek száma $n = |\mathbf{T}|$. Jelölje $\rho: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow [0,1]$ a tevékenységek közötti *kapcsolaterősségeket megadó függvényt*. Legyen továbbá $r: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \rightarrow \{0,1\}$ a tevékenységek *rákövetkezési realizációját megadó függvény*.

Ekkor a $\mathbf{D} \in \{0,1\}^{s \times s}$ mátrixot (**szigorú**) **függőségi struktúra mátrixnak** ((Binary) Dependency Structure Matrix - DSM); az $\mathbf{S} \in [0,1]^{s \times s}$ mátrixot **sztochasztikus hálótervezési módszer mátrixnak** (SNPM) nevezzük, ha $t_i, t_j \in \mathbf{T}; i, j \in \mathbb{N}_n; i \neq j$ esetén teljesülnek a következők:

$$\rho(t_i, t_j) \in \mathbf{S}; \quad r(t_i, t_j) \in \mathbf{D}.$$

Ekkor $\mathbf{D}$ egy adott bekövetkezési függvényre vonatkozó *lehetséges realizációt* jelent, amely a **lehetséges projektstruktúra** nevet kapta.

A módszer lépéseinek leírása

A projektstruktúrák meghatározásának, vagyis az elvégzendő tevékenységek közötti sorrend megadásának módja olvasható a következőkben.

2.0. lépés: A PEM-mátrixból képzett SNPM-mátrixok átlón kívüli cellájában szereplő lehetséges (0 és 1 közötti) rákövetkezéseket kell alapul venni a lehetséges projektstruktúrák meghatározásához.

2.1. lépés: Az összes lehetséges projektstruktúra meghatározása a lehetséges rákövetkezések összes lehetséges kombinációja által minden egyes projektváltozathoz.

Megjegyzés: A projektváltozatokhoz hasonlóan egy projektváltozathoz tartozó projektstruktúrák számánál is ugyanazt a képletet kell alkalmazni, hiszen egy lehetséges kapcsolat esetén vagy létezik a kapcsolat két tevékenység között, vagy nem. Ennek megfelelően l darab bizonytalan kapcsolaterősség esetén összesen 2^l lehetséges projektstruktúra képezhető egy adott projektváltozathoz.

Ha a PEM-mátrixban a bizonytalan tevékenység előfordulások száma k , valamint a bizonytalan kapcsolaterősségek maximális száma a legtöbb bizonytalan kapcsolatot tartalmazó projektváltozat esetén l , akkor az összes lehetséges projektváltozathoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra száma 2^k (ha nincsenek bizonytalan kapcsolatok) és $2^k \cdot 2^l = 2^{k+l}$ (ha a bizonytalan tevékenységek és kapcsolatok maximális számát vesszük) közötti tartományban mozog.

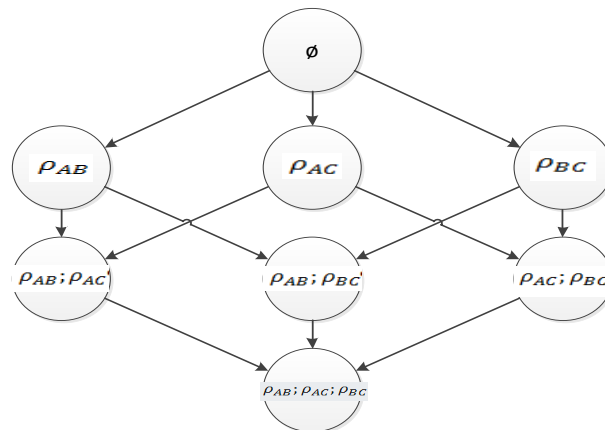
A módszer bemutatása egy példán keresztül

Folytassuk az előbbi példát, melyben egy biztos és két bizonytalan tevékenységből álló projekttervhez készült négy lehetséges projektváltozat SNPM-mátrixok formájában (3-11. táblázat). Az 1. projektváltozat mindössze a 'C' tevékenységet tartalmazza, így ahhoz nincs értelme projektstruktúrát felrajzolni (hiszen egy kapcsolat, rákövetkezés meglétéhez két tevékenység szükséges). A 2. és 3. projektstruktúra esetén is egyetlen lehetséges rákövetkezés létezik a két-két tevékenység között, melyeknek kétféle realizációja létezik: vagy sorosan (van kapcsolat) vagy párhuzamosan (nincs kapcsolat) hajtódik végre a két tevékenység.

3-15. táblázat: Az egyes projektváltozatokhoz az összes lehetséges projektstruktúra meghatározása

Lehetséges projektváltozatok			Lehetséges projektstruktúrák																																																																																			
SNPM-mátrixai			száma	DSM-mátrixai																																																																																		
1.	<table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>	↑	C	C		0	-																																																																															
↑	C																																																																																					
C																																																																																						
2.	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	B	C	B		?	C			$2^1=2$	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	B	C	B		X	C			<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	B	C	B			C																																																									
↑	B	C																																																																																				
B		?																																																																																				
C																																																																																						
↑	B	C																																																																																				
B		X																																																																																				
C																																																																																						
↑	B	C																																																																																				
B																																																																																						
C																																																																																						
3.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	C	A		?	C			$2^1=2$	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	C	A		X	C			<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	C	A			C																																																									
↑	A	C																																																																																				
A		?																																																																																				
C																																																																																						
↑	A	C																																																																																				
A		X																																																																																				
C																																																																																						
↑	A	C																																																																																				
A																																																																																						
C																																																																																						
4.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		?	?	B			?	C				$2^3=8$	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A				B				C				<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>X</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		X		B				C				<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A			X	B				C				<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A			X	B			X	C			
↑	A	B	C																																																																																			
A		?	?																																																																																			
B			?																																																																																			
C																																																																																						
↑	A	B	C																																																																																			
A																																																																																						
B																																																																																						
C																																																																																						
↑	A	B	C																																																																																			
A		X																																																																																				
B																																																																																						
C																																																																																						
↑	A	B	C																																																																																			
A			X																																																																																			
B																																																																																						
C																																																																																						
↑	A	B	C																																																																																			
A			X																																																																																			
B			X																																																																																			
C																																																																																						

A 4. projektváltozat három tevékenysége között három lehetséges rákövetkezés is fel van tüntetve a mátrixban, ami $2^3=8$ lehetséges projektstruktúrát eredményez. Mindhárom esetben elképzelhető a kétféle realizáció (van kapcsolat vagy nincs kapcsolat), majd venni kell ezek lehetséges kombinációit, így jön ki a 8 lehetséges megoldás. Ehhez is készíthető bináris fa, illetve hatványhalmaz is, melyek az összes lehetséges megoldás meghatározásánál használhatók. Ez utóbbi látható a következő ábrán (a tevékenységek közötti kapcsolatokat a következőképpen jelöltem: ρ_{AB} ; ρ_{AC} ; ρ_{BC}).



3-11. ábra: A lehetséges kapcsolatok ábrázolása hatványhalmaz segítségével

A lehetséges projektstruktúrák meghatározásánál elképzelhető olyan megoldás, hogy a lehetséges kapcsolaterősségek közül egyik sem jelenik meg a tevékenységek között (0-ként realizálódnak a mátrixban), létezik olyan megoldás, hogy csak 1-1 vagy 2-2 lehetséges rákövetkezés valósul meg, valamint elképzelhető, hogy mind a három lehetséges kapcsolatot biztos rákövetkezésként kell feltüntetni az érintett tevékenységek között. A felsorolt kombinációk alapján képezhető a bemutatott nyolc lehetséges projektstruktúra.

A módszer leírása pszeudokóddal

A projektváltozatok meghatározásához hasonlóan az egyes projektváltozatok struktúráinak, vagyis a kiválasztott tevékenységek lehetséges végrehajtási sorrendjeinek meghatározásához is készítettem egy MATLAB-scriptet. A program a „**structure.m**” elnevezést kapta.

A program bemenete a PEM-mátrixot beolvasó „scenario.m” script kimeneteként képzett **scenarios.xls** nevű dokumentum. A táblázatkezelő egyes munkafüzetei a lehetséges projektváltozatokat tartalmazzák SNPM-mátrix formában, melyek többsége tartalmaz lehetséges kapcsolaterősségeket.

A „structure.m” program sorba veszi az SNPM-mátrixokat. Meghatározza a bizonytalan vagy lehetséges kapcsolaterősségek számát (l), valamint sor- és oszlopindexeit ($[r,c]$). Az említett másik programhoz hasonlóan a lehetséges kombinációikat bináris alapon képi (Y). A bizonytalan vagy lehetséges kapcsolaterősség jelentése, hogy vagy van kapcsolat két tevékenység esetén, vagy nincs. Ennek megfelelően összesen 2^l számú projektváltozat képezhető.

A projektváltozatokat reprezentáló DSM-eket sorban feltölti az SNPM-mátrix értékeivel, majd ahol bizonytalan kapcsolaterősségeket talál, ott az adott DSM-nek megfelelő bináris kombináció szerint jár el. Ha a bináris számban 1-es van a megfelelő kapcsolaterősség esetén, akkor 1-et ír a DSM-be, ha 0 található a bináris számban, akkor pedig 0-t ír a DSM megfelelő cellájába.

A program a leírt módon elkészíti az adott SNPM-mátrixhoz tartozó összes lehetséges DSM-mátrixot, majd továbblép a beolvasott xls következő munkalapján helyet foglaló SNPM-mátrixra egészen addig, míg az összes megoldást meg nem adta.

```

1  bemenet: scenarios.xls           //  $S_s \in [0,1]^{n \times n}$ ;  $s$  az SNPM-mátrixok száma
2  //2. SNPM→DSM, ha  $i \neq j$ , átló értékei ( $\rho$ )
3      Kapcsolatok kiválasztása, projektstruktúra(k) meghatározás
4  ciklus  $h=1:(2^k)$ hossz {           //a scenarios.xls munkafüzetének száma  $2^k$ )
5       $S(:, :) = \text{beolvas}('scenarios.xls', h);$            //az SNPM-mátrixok beolvasása
6       $l = (S(S > 0 \ \& \ S < 1))$  hossza           //lehetséges kapcsolatok darabszáma
7       $[ro, co] = \text{keres}(S > 0 \ \& \ S < 1);$            //a  $0 < \rho < 1$  értékek sor- és oszlopindexei
8       $z = \text{dec2bin}(2^k);$            //A megoldásokat jelölő bináris szám
9      ciklus  $a=1$ -től  $2^l$ -ig{
10         ciklus  $b=1$ -től  $l$ -ig{
11              $Y(b) = \text{bin2dec}(z)$ 
12         }
13          $D = S$            // A DSM-mátrix feltöltése az SNPM-mátrix alapján
14         ciklus  $d=1:l$ {
15              $D(ro(d), co(d)) = S(ro(d), co(d)) * (Y(d))$ 
16         }
17          $D(D > 0) = 1$ 
18     }
19     kiír  $D(h) \in \{0,1\}^{n \times n}$            //A DSM-mátrixok az SNPM-mátrixok részmátrixai
20 }
```

A program által minden egyes projektváltozathoz elkészített struktúrákat a *structures.xls* nevű dokumentumba menti a script. A dokumentum egy-egy munkalapján egy-egy projektváltozathoz tartozó lehetséges végrehajtási sorrendek mátrixai helyezkednek el egymás alatt. Az oszlopok számából meghatározható a DSM-mátrix mérete, hiszen $n \times n$ -es mátrixról van szó.

A módszer számítógépes támogatottsága

A PEM-mátrixból képzett projektváltozatokat reprezentáló SNPM-mátrixok alapján képezhetők projektstruktúrák. Adott projektváltozat tevékenységei közötti lehetséges kapcsolaterősségek alapján lehetséges projektstruktúrák készíthetők. Egy projektstruktúra a tevékenységek egy adott sorrendjét adja, vagyis ez egy determinisztikus megoldás a kapcsolatok szintjén is. A projektváltozatok pedig a tevékenységek szintjén adnak determinisztikus megoldásokat.

A PEM-mátrix alapján k darab lehetséges tevékenység előfordulás alapján 2^k lehetséges projektváltozat képezhető, majd minden egyes projektváltozat lehetséges kapcsolaterősségei (l darab) alapján 2^l projektstruktúra készíthető. Az előbbi, „scenario.m” nevű program határozta meg az összes lehetséges projektváltozatot, majd egy scenarios.xls nevű dokumentum munkafüzetében tárolta el a kapott SNPM-mátrixokat. A 2. lépés elvégzéséhez MATLAB segítségével készítettem egy scriptet „structure.m” néven.

Ez a program először is beolvassa az SNPM-mátrixokat tartalmazó xls dokumentumot. A célja az, hogy minden egyes SNPM-mátrixban megjelenített projektváltozathoz

meghatározza az összes lehetséges projektstruktúrát DSM-mátrixokban ábrázolva. Az egyszerűség kedvéért a DSM-mátrix mérete megegyezik az SNPM-mátrixszal (ami tulajdonképpen megtartotta a PEM-mátrix méretét). A biztosan be-nem-következő tevékenységeket és kapcsolatokat 0 jelöli a megfelelő cellákban.

A két mátrix között az SNPM-mátrix azon átlón kívüli cellái jelentik a különbséget, amelyeknek az értéke 0-tól és 1-től különböző ($0 < p < 1$). Ezen értékek számát jelöli az l , a helyüket a mátrixban pedig a $[ro, co]$ sor- és oszlopindex határozza meg. A lehetséges tevékenységekhez hasonlóan a lehetséges kapcsolaterősségek esetén is meghatároztam az összes lehetséges kombinációjukat bináris számok segítségével ('Y(.)').

Az előbbi példát folytatva az első projektváltozat SNPM-mátrixában négy darab 0 és 1 közötti kapcsolaterősség szerepel ($l=4$), ami $2^4=16$ lehetséges projektstruktúrát (lehetséges kapcsolaterősség-kombinációt) jelent.

A lehetséges projektstruktúrák megjelenítésére minden egyes struktúrához készít a program egy DSM-mátrixot, melynek értékei megegyeznek a hozzá tartozó SNPM-mátrix értékeivel, az említett lehetséges kapcsolaterősségeknél pedig az adott DSM-mátrixban a hozzá tartozó bináris kombinációnak megfelelően szerepelnek az értékek. Ha a bináris kombinációban 1-es szerepel, akkor a megfelelő indexű lehetséges kapcsolaterősség is 1-es lesz, ha 0 szerepel, akkor pedig 0 lesz.

$$(D(ro(d), co(d)) = S(ro(d), co(d)) * (Y(d)); \quad \text{ahol } d \text{ jelöli a lehetséges kapcsolaterősség sorszámát 1-től } l\text{-ig.})$$

A MATLAB segítségével kiírathatók a megoldások. A projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák felsorolásából látható egy példa a 3-12. ábra képén.

```
>> structure()
//////////////////////////////////////
A projektváltozat sorszáma
1

1 =

      4

sor indexe
1  1  2  4
oszlop indexe
2  4  4  5
-----
A projektstruktúra sorszáma
1
Lehetséges kapcsolaterősségek bináris kombinációja
1  1  1  1
.....
DSM-mátrix
1  1  0  1  0
0  1  0  1  1
0  0  0  0  0
0  0  0  1  1
0  0  0  0  1
```

3-12. ábra: A PEM-mátrix 1. projektváltozatának 1. struktúrája MATLABban

A scenarios.xls dokumentum formátumához hasonlóan az egyes projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrákat a program a structures.xls dokumentumban külön

munkalapra íratja ki, a projektváltozat projektstruktúráit megjelenítő DSM-mátrixok egymás alatt találhatók folytatólagosan. A sorok száma megegyezik az oszlopok számával, ez alapján el lehet különíteni az egyes projektstruktúrákat.

Az alábbi táblázatokban láthatók a PEM-mátrix alapján képzett projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák. A projektváltozatokra való hivatkozásnál a 3-13. táblázatban szereplő munkalapok sorszámaát használom.

3-16. táblázat: Az 1. projektváltozathoz tartozó projektstruktúrák

	1	2	3	4	5
1	1	1	0	1	0
2	0	1	0	1	1
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	1
6	1	1	0	1	0
7	0	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1
11	1	1	0	1	0
12	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	1
15	0	0	0	0	1
16	1	1	0	1	0
17	0	1	0	0	1
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	1
21	1	1	0	0	0
22	0	1	0	1	1
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	1	1
25	0	0	0	0	1
26	1	1	0	0	0
27	0	1	0	1	1
28	0	0	0	0	0
29	0	0	0	1	0
30	0	0	0	0	1
31	1	1	0	0	0
32	0	1	0	0	1
33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	1	1
35	0	0	0	0	1
36	1	1	0	0	0
37	0	1	0	0	1
38	0	0	0	0	0
39	0	0	0	1	0
40	0	0	0	0	1
41	1	0	0	1	0
42	0	1	0	0	1
43	0	0	0	0	0
44	0	0	0	1	1
45	0	0	0	0	1
46	1	0	0	1	0
47	0	1	0	1	1
48	0	0	0	0	0
49	0	0	0	1	0
50	0	0	0	0	1
51	1	0	0	1	0
52	0	1	0	0	1
53	0	0	0	0	0
54	0	0	0	1	1
55	0	0	0	0	1
56	1	0	0	1	0
57	0	1	0	0	1
58	0	0	0	0	0
59	0	0	0	1	0
60	0	0	0	0	1
61	1	0	0	0	0
62	0	1	0	1	1
63	0	0	0	0	0
64	0	0	0	1	1
65	0	0	0	0	1
66	1	0	0	0	0
67	0	1	0	1	1
68	0	0	0	0	0
69	0	0	0	1	0
70	0	0	0	0	1
71	1	0	0	0	0
72	0	1	0	0	1
73	0	0	0	0	0
74	0	0	0	1	1
75	0	0	0	0	1
76	1	0	0	0	0
77	0	1	0	0	1
78	0	0	0	0	0
79	0	0	0	1	0
80	0	0	0	0	1

Az 1. projektváltozat négy lehetséges kapcsolaterősségéhez készített 16 (2^4) projektstruktúra látható a 3-16. táblázatban DSM-mátrixokkal ábrázolva. A 3-17. táblázat pedig a többi projektváltozathoz tartozó DSM-mátrixokat tartalmazza. A 2. projektváltozathoz 8 (2^3); az 5.-hez 4 (2^2); a 3., 4. és 6. projektváltozathoz 2 (2^1) projektstruktúra készíthető. A 7. és 8. projektváltozat nem rendelkezik lehetséges

kapcsolaterőségekkel, ezért az SNPM-mátrix tulajdonképpen a projektstruktúrát is megjeleníti.

3-17. táblázat: A PEM-mátrix többi projektváltozatához tartozó projektstruktúrák

2. projektváltozat struktúrái																													
	1	2	3	4	5																								
1	1	1	0	1	0	11	1	1	0	0	0	21	1	0	0	1	0	31	1	0	0	0	0						
2	0	1	0	1	0	12	0	1	0	1	0	22	0	1	0	1	0	32	0	1	0	1	0						
3	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0						
4	0	0	0	1	0	14	0	0	0	1	0	24	0	0	0	1	0	34	0	0	0	1	0						
5	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0						
6	1	1	0	1	0	16	1	1	0	0	0	26	1	0	0	1	0	36	1	0	0	0	0						
7	0	1	0	0	0	17	0	1	0	0	0	27	0	1	0	0	0	37	0	1	0	0	0						
8	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0						
9	0	0	0	1	0	19	0	0	0	1	0	29	0	0	0	1	0	39	0	0	0	1	0						
10	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0						
3. projektváltozat struktúrái										4. projektváltozat struktúrái										5. projektváltozat struktúrái									
	1	2	3	4	5																								
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0					
2	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	2	0	1	0	1	1	7	0	1	0	1	1						
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0						
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	9	0	0	0	1	0						
5	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	1						
6	1	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0						
7	0	1	0	0	1	7	0	1	0	0	0	12	0	1	0	0	1	17	0	1	0	0	1						
8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0						
9	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	14	0	0	0	1	1	19	0	0	0	1	0						
10	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	1						
6. projektváltozat struktúrái										7. projektváltozat struktúrája										8. projektváltozat struktúrája									
	1	2	3	4	5																								
1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
2	0	1	0	1	0	7	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0						
3	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0						
4	0	0	0	1	0	9	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0						
5	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0						

A DSM-mátrixokkal megjelenített projektváltozatok egy-egy determinisztikus megoldást nyújtanak a kiinduló PEM-mátrix sztochasztikus tevékenység előfordulásaihoz és kapcsolaterőségeihez. A megoldások értelmezésénél figyelmen kívül kell hagyni azokat a tevékenységeket, amelyeknél az átlóban 0 érték szerepel. Csak az 1-essel jelölt tevékenységek valósíthatók meg az adott terv szerint a megadott rákövetkezés(ek) szerint. A példában szereplő PEM-mátrixhoz készített 8 projektváltozatnak összesen 36 lehetséges végrehajtási sorrendje létezik. A kapott megoldások közül a projekt vezetőjének, szakértőjének kell választani számos tényező figyelembe vételével. Ezen tényezőkről majd a következő fejezetben írok.

3.2.3. *Eredményeim összefoglalása, következtetés*

A Projekt Szakértői Mátrix, illetve gráf reprezentációja a gyakorlatban elterjedt (például Gantt-dígram, hálótervezési módszerek), illetve a kevésbé elterjedt (például a DSM) módszerekkel szemben nem csak a biztos tevékenységeket és kapcsolatokat tartalmazza, hanem a lehetséges tevékenység előfordulásokat és kapcsolaterősségeket is, sőt feltüntethetők azon tevékenységek is, melyek későbbi projektek során fognak megvalósulni, teljesülni. A PEM-módszer a tevékenységekhez és kapcsolatokhoz rendelt lehetséges értékek alapján egy rugalmasabb, nagyobb bizonytalanságkezelést lehetővé tevő, kötetlenebb tervezést biztosít azáltal, hogy az így meghatározott mátrix lehetséges értékei alapján többféle lehetséges megoldás képezhető mind tevékenységek, mind kapcsolatok szintjén.

Az előzőekben részletesen bemutatott módszer alapján az összes lehetséges megoldás két lépésben történő meghatározásához kapcsolódik **2. tézisem**, amely a korábban ismertetett eredményeimet foglalja össze a 4.1. alfejezetben. Első lépésben a lehetséges tevékenység előfordulások felhasználásával megadható az összes lehetséges projektváltozat, majd második lépésben az egyes projektváltozatokhoz leképezhető a lehetséges kapcsolaterősségek alapján az összes lehetséges projektstruktúra. A továbbiakban két algoritmust mutatok a lehetséges megoldások sorbarendezésére, adott célfüggvény szerint a legjobb megoldás kiválasztására.

3.3. A lehetséges megoldások sorbarendezése

A PEM-mátrix felépítését leíró alfejezetben említettem, hogy tevékenységek és kapcsolatok szintjén is kétféleképpen jelölhetjük, illetve különböztethetjük meg a különböző (biztos, bizonytalan, nincs) kategóriákat. Egyrészt alkalmazhatjuk az 'X' jelölést a biztos tevékenységek és kapcsolatok esetén, a '?'-jelet a bizonytalanok esetén, és az üres cellát a nem megvalósuló tevékenységek és nem létező kapcsolat/rákövetkezés esetén. Az összes lehetséges megoldás meghatározása is megvalósítható ezen jelölések alkalmazásával.

A 0 és 1 közötti számok alkalmazásának akkor van jelentősége, ha a feladat a lehetséges megoldások sorba rendezése, illetve ha valamilyen szempont (célfüggvény) alapján valamilyen korlátozó feltételeknek megfelelő megoldásokat kell meghatározni. Ilyen esetekben fontos különbséget tenni az egyes tevékenységekhez és kapcsolatokhoz rendelt értékek között.

A PEM-mátrix elemek értékeinek meghatározásakor nagyon körültekintően kell eljárni. Attól függően, hogy a tevékenység előfordulásokhoz és kapcsolaterősségekhez milyen értéket határoztak meg, az ezen értékek alapján az egyes projektváltozatokhoz és projektstruktúrákhoz kiszámolt értékek is különbözőek lehetnek. Ezen számolt értékek képezhetik a megoldások sorba rendezésének alapját, ha a célfüggvény például a legvalószínűbb vagy legfontosabb tevékenységeket tartalmazó projektváltozathoz tartozó legvalószínűbb vagy legfontosabb kapcsolatok alapján megvalósuló

projektstruktúra megtalálása. A PEM-mátrix értékei gyakorlatilag meghatározzák, befolyásolják a megoldások sorrendjét, ezért a mátrix összeállítása, a számok hozzárendelése nagyon megfontolt és előrelátó gondolkodást igényel.

A megoldások sorba rendezése során célfüggvény lehet még a minimális idő- vagy erőforrás-szükséglet felhasználásával készülő megoldás meghatározása, de akár az előbbiek kombinációja is.

3.3.1. Projektváltozat és projektstruktúra sorbarendező módszer

A különböző projektváltozatok (lehetséges tevékenységkombinációk), valamint az egyes projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák (lehetséges végrehajtási sorrendek) különböző szempontok szerint rendezhetők sorba. A tevékenységek végrehajtásához szükséges idő-, erőforrás- és/vagy költségadatok ismeretében célfüggvény lehet a legrövidebb átfutási idejű, legkevesebb erőforrás-igényű és/vagy legalacsonyabb költségkeretből megvalósítható projektváltozat megtalálása.

A lehetséges tevékenység előfordulások alapján számolt megvalósulási valószínűségek vagy fontosságok is képezhetik a sorbarendezés alapját, így megkapjuk, hogy mely projektváltozatok megvalósulási valószínűsége vagy fontossága magasabb. Hasonlóképpen rendezhetők a lehetséges kapcsolaterőségek alapján képzett projektstruktúrák is.

Az előbbi célfüggvények kombinációja is elképzelhető attól függően, hogy a projekt tervezői, vezetői milyen szempontokat preferálnak. Akár többféle célfüggvény szerinti sorrend is képezhető, melyek közül a projektmenedzser választhat igényeinek megfelelően. Az egyes DSM-mátrixok alapján elkészíthető az egyes projektstruktúrák logikai hálójá/gráfja, melynek erőforrás terhelési diagramja jelentősen megkönnyíti az adott projektstruktúra idő- és erőforrás-szükségletének meghatározását, ami a sorba rendezés alapjául szolgálhat.

A lehetséges megoldások sorba rendezéséhez először meg kell határozni a célfüggvényt. A különböző célfüggvények alapján különböző sorrendek képezhetők. A továbbiakban a különböző célfüggvények szerinti rangsorolás lépéseit mutatom be, majd egy-egy egyszerű példán szemléltetem a teendőket.

A módszer lépéseinek leírása

A továbbiakban a **projektváltozat** (1. lépés) és **projektstruktúra** (2. lépés) **sorbarendező módszer** (Project scenario and Project structure Selection Method – **PS/sSM**) lépéseit ismertetem, ha a feladat a **PEM-mátrix cellaértékei alapján az egyes megoldásokhoz számított értékek szerinti** sorbarendezés.

0. lépés: A PEM-mátrix alapján az összes lehetséges projektváltozat megjelenítése SNPM-mátrix formában, majd a projektváltozatokhoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra leképezése DSM-mátrix formában (az algoritmus bemenetei).

1. **lépés:** Összes lehetséges projektváltozathoz (lehetséges tevékenységkombináció) a tevékenység előfordulások alapján megvalósulási értékek számítása.
2. **lépés:** Összes lehetséges projektváltozat sorba rendezése a (lehetséges) tevékenység előfordulásokból számolt megvalósulási értékek alapján.
3. **lépés:** Mindenegyik projektváltozathoz tartozó összes lehetséges projektstruktúrához (lehetséges végrehajtási sorrend) a kapcsolaterősségek alapján bekövetkezési értékek számítása.
4. **lépés:** Összes lehetséges projektstruktúra sorba rendezése a (lehetséges) kapcsolaterősségekből számolt bekövetkezési értékek alapján.

Megjegyzés: A projektváltozatok, illetve projektstruktúrák megjeleníthetők mátrix (SNPM, illetve DSM), valamint gráf (PEG, illetve reprezentációs gráf) formában is.

A megvalósulási, illetve bekövetkezési értékek kalkulálhatók a mátrix celláiban feltüntetett valószínűségi vagy fontossági értékek alapján. A megoldásokhoz tartozó értékek kiszámolásakor különböző módszerek alkalmazhatók egyszerű szorzástól az egyszerű/súlyozott számtani vagy geometriai átlagig a feladattól függően. A **számolási mód** kiválasztása a sorbarendezés szempontjából nem mindegy, függ a mátrixban szereplő értékek értelmezésétől.

Amennyiben a mátrix cellaértékei független valószínűségeket jelentenek, akkor a számolás során a valószínűségek együttes bekövetkezésének szorzatát kell venni, vagy akár a belőlük számított geometriai átlagot kell alkalmazni. Ha a cellaértékek fontosságokat fejeznek ki, akkor pedig összeggel vagy számtani átlaggal célszerű számolni. Összeg vagy szorzat helyett a számtani vagy geometriai átlag számítása esetén kevésbé számít a lehetséges vagy bizonytalan értékek közötti különbség, hiszen kiegyenlítettebb értéket kapunk, kevésbé számítanak a lehetséges értékek közötti nagyobb eltérések.

A korábbi felosztáshoz hasonlóan bemutatom lépésenként az alkalmazott jelöléseket is a számításokhoz. A számolás közös vonása, hogy mindig a PEM-mátrixból kell kiindulni, az összes bizonytalan értékkel kell számolni (a 0 és 1 értékek minden megoldásban ugyanúgy jelennek meg, ezért nem befolyásolják a sorrendet). Amennyiben egy tevékenység vagy kapcsolat *szerepel* a megoldásban, akkor a *PEM-mátrixban szereplő értékét* kell venni; ha a megoldásban *nem jelenik meg*, akkor pedig a *mátrixban szereplő értéket ki kell vonni 1-ből* (tehát a komplementerével kell számolni). Ez a számolási feltétel független az alkalmazott számolási módtól, minden esetben így kell eljárni.

1. lépésben tehát a **projektváltozathoz tartozó értékek számolását** mutatom be.

1.a.) Ha a *tevékenység előfordulások valószínűségeket* mutatnak, akkor a projektváltozatokhoz **megvalósulási valószínűségeket** (P) kell számolni *geometriai átlagok* segítségével: $P = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n P(t_i)}$. $P(t_i)$ -vel kell számolni azon tevékenységeknél, amelyek szerepelnek az adott projektváltozatban; és $(1 - P(t_i))$ -vel azon tevékenységeknél, amelyek nem szerepelnek az adott projektváltozatban.

1.b.) Feltéve, hogy a *tevékenység előfordulások fontosságokat* mutatnak, a projektváltozatokhoz **átlagos megvalósulási fontosságokat** (Q) kell számolni *számtani átlagok* segítségével: $Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q(t_i)}{n}$. Ennél a formánál is igaz, hogy a projektváltozatban megjelenő tevékenységek esetén a $Q(t_i)$ értékkel kell számolni, míg a kimaradó tevékenységeknél $(1 - Q(t_i))$ értékkel.

2. lépésben az előbbieket során a projektváltozatokhoz kiszámolt megvalósulási értékek alapján *csökkenő sorba rendezhetők* a megoldások. A legmagasabb számolt értékű projektváltozat megvalósításának a legnagyobb az esélye a PEM-mátrix átlójában szereplő tevékenység előfordulási értékek alapján.

3. lépésben a **projektstruktúrák értékeinek számolásánál** hasonló módon kell eljárni, mint a projektváltozatoknál ismertett megvalósulási valószínűség/fontosság számítása esetén.

3.a.) Amennyiben a *kapcsolaterősségek valószínűségeket* jelentenek, akkor a projektstruktúrához **bekövetkezési valószínűségeket** (p) kell számolni *geometriai átlagok* segítségével: $p = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p(t_i, t_j)}$. A $p(t_i, t_j)$ kifejezés a projektstruktúrában szereplő kapcsolatok esetén alkalmazandó, míg az elhagyott kapcsolatoknál $(1 - p(t_i, t_j))$ -vel kell számolni.

3.b.) Ha a *kapcsolaterősségek valószínűségeket* jelentenek, akkor a projektstruktúrához **bekövetkezési fontosságokat** (q) kell számolni *számtani átlagok* segítségével: $q = \frac{\sum_{i=1}^n q(t_i, t_j)}{n}$. A projektstruktúrában szereplő kapcsolatoknál $q(t_i, t_j)$ -vel kell számolni, az elhagyott kapcsolatoknál $(1 - q(t_i, t_j))$ -vel.

4. lépés: a PEM-mátrix átlón kívüli értékei alapján a projektstruktúrákhoz számolt bekövetkezési értékek alapján kell *csökkenő sorba rendezni* az egyes megoldásokat. A legmagasabb értékű projektstruktúra bekövetkezése a legesélyesebb.

A végső, determinisztikus megoldások tulajdonképpen a projektstruktúrákat megjelenítő DSM-mátrixok. Azonban a projektváltozatok különféle tevékenységeket tartalmazhatnak. Ha a projektstruktúrákhoz számolt értékeket a PEM-mátrix minden lehetséges értékét figyelembe véve határozzuk meg, akkor előfordulhat, hogy olyan tevékenységekhez tartozó lehetséges rákövetkezésekkel is számolunk, amelyek nem is szerepelnek az adott projektváltozatban.

A PEM alapján történő számítás mellett szól, hogy az azonos kiindulóértékek alapján számolt megoldások, projektstruktúrák összehasonlíthatók lesznek. Az előbbi érvek miatt azonban a projektstruktúrák értékeinek számolásánál az adott projektváltozat SNPM-mátrixa is lehet a számolás alapja, ugyanis az adott SNPM-mátrix csak azokat a lehetséges kapcsolaterősségeket tartalmazza, amelyek az adott projektváltozathoz tartozó tevékenységek között léteznek. A következő példán keresztül összehasonlítom a kétféle megoldást.

A módszer bemutatása egy példán keresztül

A projektváltozatok és projektstruktúrák rangsorolásánál a megoldások leképezését bemutató példát (3-11. táblázat és 3-15. táblázat) veszem alapul. A megoldások sorbarendezésének *előfeltétele*, hogy *számértékek* fejezzék ki a tevékenységek és kapcsolatok bizonytalanságát. Ezért a PEM-mátrixban szereplő jelek helyett számokat kell írni.

↑	A	B	C
A	0,8	0,5	0,7
B		0,3	0,2
C			1

3-13. ábra: PEM-mátrix számértékekkel

Az alábbi táblázatban bemutatom, hogy a különböző lehetséges számítási módokat alapul véve milyen értékek számíthatók az egyes projektváltozatokhoz, majd a következő táblázatban a projektstruktúrákhoz. Az értékek alapján már sorba rendezhetők az egyes megoldások.

3-18. táblázat: A projektváltozatok megvalósulási valószínűségei (P) és fontosságai (Q)

Lehetséges projektváltozatok SNPM-mátrixai																												
1.	<table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>	↑	C	C		3.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,7</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	C	A		0,7	C														
	↑	C																										
C																												
↑	A	C																										
A		0,7																										
C																												
	$P_1 = \sqrt{((1 - 0,8) * (1 - 0,3))} = 0,3741$ $Q_1 = \frac{(1 - 0,8) + (1 - 0,3)}{2} = 0,45$		$P_3 = \sqrt{((0,8) * (1 - 0,3))} = 0,7483$ $Q_3 = \frac{(0,8) + (1 - 0,3)}{3} = 0,75$																									
2.	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	B	C	B		0,2	C			4.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,5</td><td>0,7</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		0,5	0,7	B			0,2	C			
	↑	B	C																									
B		0,2																										
C																												
↑	A	B	C																									
A		0,5	0,7																									
B			0,2																									
C																												
	$P_2 = \sqrt{((1 - 0,8) * (0,3))} = 0,2449$ $Q_2 = \frac{(1 - 0,8) + (0,3)}{2} = 0,25$		$P_4 = \sqrt{((0,8) * (0,3))} = 0,4899$ $Q_4 = \frac{(0,8) + (0,3)}{2} = 0,55$																									

A táblázatban szereplő megoldásokhoz számolt valószínűségi és fontossági értékek alapján egyaránt sorba rendezhetők a lehetséges projektváltozatok. Megvalósulási valószínűség alapján a csökkenő sorrend (relációjelek segítségével kifejezve): $P_3 > P_4 > P_1 > P_2$. A fontosságok alapján számolt esetben is ugyanazt a sorrendet kapjuk: $Q_3 > Q_4 > Q_1 > Q_2$.

3-19. táblázat: A projektstruktúrák bekövetkezési valószínűségei (p) és fontosságai (q) a PEM alapján

Lehetséges projektstruktúrák DSM-mátrixai																																			
1.	<table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table> $p_a = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_a = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	C	C		2.a.	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table> $p_b = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (0,2))} = 0,31$ $q_b = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + 0,2}{3} = 0,33$	↑	B	C	B		1	C																					
↑	C																																		
C																																			
↑	B	C																																	
B		1																																	
C																																			
2.b.	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table> $p_c = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_c = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	B	C	B			C			3.a.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table> $p_d = \sqrt[3]{((1-0,5) * (0,7) * (1-0,2))} = 0,65$ $q_d = \frac{((1-0,5) + (0,7) + (1-0,2))}{3} = 0,67$	↑	A	C	A		1	C																
↑	B	C																																	
B																																			
C																																			
↑	A	C																																	
A		1																																	
C																																			
3.b.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td></tr></table> $p_e = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_e = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	A	C	A			C			4.a.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_f = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_f = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	A	B	C	A				B				C										
↑	A	C																																	
A																																			
C																																			
↑	A	B	C																																
A																																			
B																																			
C																																			
4.b.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_g = \sqrt[3]{((0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_g = \frac{(0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	A	B	C	A		1		B				C				4.c.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_h = \sqrt[3]{((1-0,5) * (0,7) * (1-0,2))} = 0,65$ $q_h = \frac{(1-0,5) + (0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,67$	↑	A	B	C	A			1	B				C			
↑	A	B	C																																
A		1																																	
B																																			
C																																			
↑	A	B	C																																
A			1																																
B																																			
C																																			
4.d.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_i = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (0,2))} = 0,31$ $q_i = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (0,2)}{3} = 0,33$	↑	A	B	C	A				B			1	C				4.e.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_j = \sqrt[3]{((0,5) * (0,7) * (1-0,2))} = 0,65$ $q_j = \frac{(0,5) + (0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,67$	↑	A	B	C	A		1	1	B				C			
↑	A	B	C																																
A																																			
B			1																																
C																																			
↑	A	B	C																																
A		1	1																																
B																																			
C																																			
4.f.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_k = \sqrt[3]{((0,5) * (1-0,7) * (0,2))} = 0,31$ $q_k = \frac{(0,5) + (1-0,7) + 0,2}{3} = 0,33$	↑	A	B	C	A		1		B			1	C				4.g.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_l = \sqrt[3]{((1-0,5) * (0,7) * (0,2))} = 0,41$ $q_l = \frac{(1-0,5) + 0,7 + 0,2}{3} = 0,47$	↑	A	B	C	A			1	B			1	C			
↑	A	B	C																																
A		1																																	
B			1																																
C																																			
↑	A	B	C																																
A			1																																
B			1																																
C																																			
4.h.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $p_m = \sqrt[3]{((0,5) * (0,7) * (0,2))} = 0,41$ $q_m = \frac{0,5 + 0,7 + 0,2}{3} = 0,47$	↑	A	B	C	A		1	1	B			1	C																					
↑	A	B	C																																
A		1	1																																
B			1																																
C																																			

A bekövetkezési valószínűségek alapján az egyes projektstruktúrák közötti csökkenő sorrend (relációjelekkel kifejezve): $p_d = p_h = p_j > p_a = p_c = p_e = p_f = p_g > p_l = p_m > p_b = p_i = p_k$. Bekövetkezési fontosságok alapján a csökkenő sorrend:

$q_d = q_h = q_j > q_a = q_c = q_e = q_f = q_g > q_l = q_m > q_b = q_i = q_k$. Az előbbi példa azt mutatja, hogy a bekövetkezési valószínűségek és fontosságok alapján felállított sorrend mindkét esetben ugyanaz.

Az előbbi megoldással ellentétben a projektstruktúrák bekövetkezési fontossági és valószínűségi értékének kiszámolásához a PEM-mátrix átlón kívüli cellaértékei helyett az adott projektváltozat SNPM-mátrixát veszem alapul. Az így kapott megoldások láthatók a 3-20. táblázatban.

3-20. táblázat: A projektstruktúrák bekövetkezési valószínűségei és fontosságai az SNPM-ek alapján

Projektváltozatok				Lehetséges projektstruktúrák																																																
SNPM-mátrixai				száma	DSM-mátrixai																																															
1.		<table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>	↑	C	C			0	-																																											
↑	C																																																			
C																																																				
2.		<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table>	↑	B	C	B		0,2	C	0		$2^1=2$	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{2a} = 0,2$ $q_{2a} = 0,2$	↑	B	C	B		1	C	0		<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{2b} = 1 - 0,2 = 0,8$ $q_{2b} = 1 - 0,2 = 0,8$	↑	B	C	B		0	C	0																					
↑	B	C																																																		
B		0,2																																																		
C	0																																																			
↑	B	C																																																		
B		1																																																		
C	0																																																			
↑	B	C																																																		
B		0																																																		
C	0																																																			
3.		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,7</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table>	↑	A	C	A		0,7	C	0		$2^1=2$	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{3a} = 0,7$ $q_{3a} = 0,7$	↑	A	C	A		1	C	0		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{3b} = 1 - 0,7 = 0,3$ $q_{3b} = 1 - 0,7 = 0,3$	↑	A	C	A		0	C	0																					
↑	A	C																																																		
A		0,7																																																		
C	0																																																			
↑	A	C																																																		
A		1																																																		
C	0																																																			
↑	A	C																																																		
A		0																																																		
C	0																																																			
4.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,5</td><td>0,7</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table>	↑	A	B	C	A		0,5	0,7	B	0		0,2	C	0	0		$2^3=8$	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4a} = \sqrt[3]{((1-0,5) * (1-0,7) * (1-0,2))} = 0,49$ $q_{4a} = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	A	B	C	A		0	0	B	0		0	C	0	0		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4b} = \sqrt[3]{(((0,5) * (1-0,7) * (1-0,2)))} = 0,49$ $q_{4b} = \frac{(0,5) + (1-0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,53$	↑	A	B	C	A		1	0	B	0		0	C	0	0	
		↑	A	B	C																																															
		A		0,5	0,7																																															
		B	0		0,2																																															
		C	0	0																																																
		↑	A	B	C																																															
		A		0	0																																															
		B	0		0																																															
C	0	0																																																		
↑	A	B	C																																																	
A		1	0																																																	
B	0		0																																																	
C	0	0																																																		
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4c} = \sqrt[3]{(((1-0,5) * (0,7) * (1-0,2)))} = 0,65$ $q_{4c} = \frac{(1-0,5) + (0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,67$	↑	A	B	C	A		0	1	B	0		0	C	0	0		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4d} = \sqrt[3]{(((1-0,5) * (1-0,7) * (0,2)))} = 0,31$ $q_{4d} = \frac{(1-0,5) + (1-0,7) + (0,2)}{3} = 0,33$	↑	A	B	C	A		0	0	B	0		1	C	0	0																				
↑	A	B	C																																																	
A		0	1																																																	
B	0		0																																																	
C	0	0																																																		
↑	A	B	C																																																	
A		0	0																																																	
B	0		1																																																	
C	0	0																																																		
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4e} = \sqrt[3]{(((0,5) * (0,7) * (1-0,2)))} = 0,65$ $q_{4e} = \frac{(0,5) + (0,7) + (1-0,2)}{3} = 0,67$	↑	A	B	C	A		1	1	B	0		0	C	0	0		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4f} = \sqrt[3]{(((0,5) * (1-0,7) * (0,2)))} = 0,31$ $q_{4f} = \frac{(0,5) + (1-0,7) + 0,2}{3} = 0,33$	↑	A	B	C	A		1	0	B	0		1	C	0	0																				
↑	A	B	C																																																	
A		1	1																																																	
B	0		0																																																	
C	0	0																																																		
↑	A	B	C																																																	
A		1	0																																																	
B	0		1																																																	
C	0	0																																																		
<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4g} = \sqrt[3]{(((1-0,5) * (0,7) * (0,2)))} = 0,41$ $q_{4g} = \frac{(1-0,5) + 0,7 + 0,2}{3} = 0,47$	↑	A	B	C	A		0	1	B	0		1	C	0	0		<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> $p_{4h} = \sqrt[3]{(((0,5) * (0,7) * (0,2)))} = 0,41$ $q_{4h} = \frac{0,5 + 0,7 + 0,2}{3} = 0,47$	↑	A	B	C	A		1	1	B	0		1	C	0	0																				
↑	A	B	C																																																	
A		0	1																																																	
B	0		1																																																	
C	0	0																																																		
↑	A	B	C																																																	
A		1	1																																																	
B	0		1																																																	
C	0	0																																																		

A kétféle megoldás abban az esetben egyezik meg, amikor az adott projektváltozat tartalmazza az összes lehetséges tevékenységet. Ekkor az SNPM-mátrix átlón kívüli értékei megegyeznek a PEM-mátrix azonos celláinak értékeivel. Ilyen megoldások a 3-19. táblázat f-m, valamint a 3-20. táblázat 4a-4h projektstruktúrái.

A két megoldás közötti különbség akkor szemmel látható, ha a projektváltozat nem tartalmazza az összes lehetséges tevékenységet. Ilyenkor, véleményem szerint, célszerű az adott scenárió SNPM-mátrixát alapul venni a projektstruktúrák értékeinek meghatározásánál. Ha a projektváltozat egyik lehetséges tevékenységet sem tartalmazza, akkor előfordulhat az az eset, hogy nem lesz lehetséges kapcsolat a tevékenységek között, sőt szélsőséges esetben csak egy tevékenységből áll a projektterv. Ilyenkor a projektváltozat megegyezik a projektstruktúrával, nincs értelme a struktúrához bekövetkezési fontossági vagy valószínűségi értéket számolni.

Sorbarendezés más célfüggvények alapján

A feladat kiterjeszthető más célfüggvények vizsgálatára is. Ehhez meg kell adni az egyes tevékenységek elvégzéséhez szükséges idő-, erőforrás- és költségadatokat, vagyis készíthető egy kibővített PEM-mátrix (3-7. táblázat alapján). Az egyes megoldások ábrázolhatók erőforrás-terhelési diagram segítségével, így minden megoldásnak kiszámolható az idő- és erőforrás-szükséglete, az erőforrás-igény alapján pedig kalkulálható a költség. Ezen adatok ismeretében lehetőség van a megoldások rangsorolására az említett szempontok alapján.

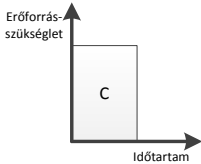
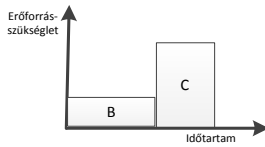
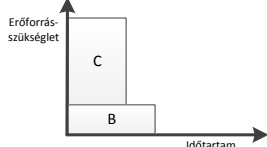
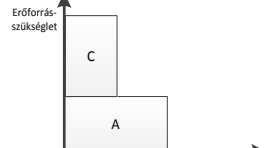
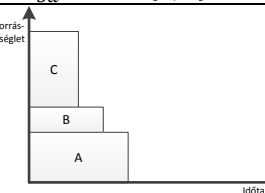
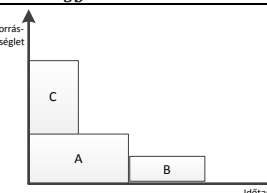
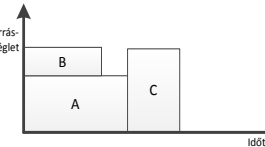
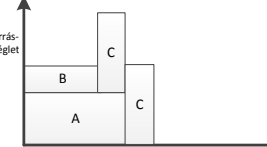
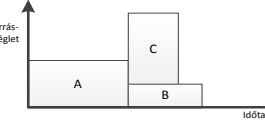
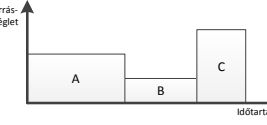
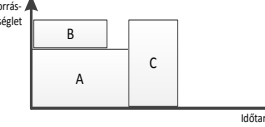
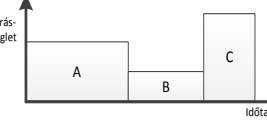
↑	A		B		C	
A	0,8	4	0,5		0,7	
	1	2				
B	0		0,3	3	0,2	
			2	1		
C	0		0		1	2
					3	3

<i>P/Q</i>	<i>d</i>
<i>c</i>	<i>r</i>

3-14. ábra: A példához tartozó kibővített ePEM-mátrix

A korábbi példát folytatva meghatároztam az egyes projektstruktúrák idő- és erőforrásszükségletét feltételezve, hogy a tevékenységek legkorábbi kezdésre vannak ütemezve. A 3-21. táblázatban látható a 3-20. táblázat projektstruktúráinak idő- (*d*) és erőforrásigénye (*r*). (A példában az 'A' tevékenység elvégzéséhez 4 nap és 2 fő kell, a 'B' tevékenységhez 3 nap és 1 fő, a 'C' tevékenységhez pedig 2 nap és 3 fő.) Ezek ismeretében készítettem el a projektstruktúrák erőforrásterhelési diagramját.

3-21. táblázat: A lehetséges projektstruktúrák idő- és erőforrásszükségei

Projektváltozatok				Lehetséges projektstruktúrák																			
SNPM-mátrixai				erőforrásterhelési diagramjai																			
1.	<table><tr><td>↑</td><td>C</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>			↑	C	C				$d_1 = 2$ $r_1 = 3$													
	↑	C																					
C																							
2.	<table><tr><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table>			↑	B	C	B		0,2	C	0												
	↑	B	C																				
B		0,2																					
C	0																						
		$d_{2a} = 3 + 2 = 5$ $r_{2a} = \max\{1; 3\} = 3$		$d_{2b} = \max\{3; 2\} = 3$ $r_{2b} = 1 + 3 = 4$																			
3.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,7</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td></td></tr></table>			↑	A	C	A		0,7	C	0												
	↑	A	C																				
A		0,7																					
C	0																						
		$d_{3a} = 4 + 2 = 6$ $r_{3a} = \max\{2; 3\} = 3$		$d_{3b} = \max\{4; 2\} = 4$ $r_{3b} = 2 + 3 = 5$																			
4.	<table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>0,5</td><td>0,7</td></tr><tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0,2</td></tr><tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table>			↑	A	B	C	A		0,5	0,7	B	0		0,2	C	0	0					
				↑	A	B	C																
				A		0,5	0,7																
				B	0		0,2																
				C	0	0																	
				$d_{4a} = \max\{4; 3; 2\} = 4$ $r_{4a} = 2 + 1 + 3 = 6$		$d_{4b} = \max\{4 + 3; 2\} = 7$ $r_{4b} = \max\{2 + 3; 1\} = 5$																	
																							
				$d_{4c} = \max\{4 + 2; 3\} = 6$ $r_{4c} = \max\{2 + 1; 3\} = 3$		$d_{4d} = \max\{4; 3 + 2\} = 5$ $r_{4d} = \max\{2 + 1; 2 + 3\} = 5$																	
																							
				$d_{4e} = \max\{4 + 3; 4 + 2\} = 7$ $r_{4e} = \max\{2; 1 + 3\} = 4$		$d_{4f} = 4 + 3 + 2 = 9$ $r_{4f} = \max\{2; 1; 3\} = 3$																	
																							
		$d_{4g} = \max\{4 + 2; 3 + 2\} = 6$ $r_{4g} = \max\{2 + 1; 3\} = 3$		$d_{4h} = 4 + 3 + 2 = 9$ $r_{4h} = \max\{2; 1; 3\} = 3$																			

A 3-22. táblázat tartalmazza, hogy az egyes megoldásoknak (a szám jelöli a projektváltozatot, a betű pedig az adott projektváltozathoz tartozó projektstruktúrát) a

valószínűségét (p), a fontosságát (q), a mátrix értékei által számolt összegét (Σ) és szorzatát (Π), az idő- (d – nap), az erőforrás- (r – fő) és a költségigényét (c – ezer €).

Az adott feladatban az 'A' tevékenység elvégzése 1.000€-ba, a 'B' teljesítése 2.000€-ba, míg a 'C' tevékenység végrehajtása 3.000€-ba kerül.

3-22. táblázat: A példához tartozó lehetséges projektstruktúrákhoz számolt értékek (ePEM alapján)

	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g	4h
p	0,49	0,31	0,49	0,65	0,49	0,49	0,49	0,65	0,31	0,65	0,31	0,41	0,41
q	0,53	0,33	0,53	0,67	0,53	0,53	0,53	0,67	0,33	0,67	0,33	0,47	0,47
Σ	1,6	1,0	1,6	2,0	1,6	1,6	1,6	2,0	1,0	2,0	1,0	1,4	1,4
Π	0,12	0,03	0,12	0,28	0,12	0,12	0,12	0,28	0,03	0,28	0,03	0,07	0,07
d	2	5	3	6	4	4	7	6	5	7	9	6	9
r	3	3	4	3	5	6	5	3	5	4	3	3	3
c	3	5	5	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6

A 3. projektváltozat megvalósítása a legvalószínűbb, melynek során az 'A' és 'C' tevékenységet kell végrehajtani. A 3-20. táblázat 3.a. struktúrája értelmében a soros végrehajtás preferált. Ha pusztán a 3-19. táblázatban szereplő projektstruktúrákat vesszük alapul, akkor mind valószínűség, mind fontosság alapján a 3.a., a 4.c. és a 4.e. struktúrák bekövetkezési valószínűsége és fontossága a legmagasabb (0,65).

Időtartam tekintetében értelemszerűen az 1. megoldás a legkedvezőbb, azonban ha több tevékenység végrehajtása is szerepel célfüggvényként, akkor a 2.b., vagy a 3.b. és 4.a. struktúrákat is figyelembe kell venni. A legkevesebb erőforrásfelhasználás ennél a példánál nem biztos, hogy a legjobb célfüggvény, hiszen hét esetben is 3 főre van szükség. Költségek tekintetében az olcsóbb tevékenységek elvégzése eredményezi a legkedvezőbb megoldásokat, értelemszerűen minél több tevékenységet akarunk megvalósítani, annál többbe kerül.

Ha több célfüggvényt akarunk egyszerre figyelembe venni a 3-22. táblázatban szereplő sorrendben, akkor a 3.a. jelű projektstruktúra megvalósítása lenne a legjobb választás. Természetesen a célfüggvények is súlyozhatók az adott feladathoz mért fontosságuk alapján, így az adott projekt igényeinek leginkább megfelelő megoldás adható meg.

A módszer leírása pszeudokóddal

Készítettem egy MATLAB-programot „**pgramain.m**” néven. A program segítségével 1. lépésben a PEM-mátrixhoz meghatározható a lehetséges tevékenység előfordulások alapján az összes lehetséges projektváltozat SNPM-mátrixok formájában megjelenítve, valamint az így kapott megoldásokhoz kiszámolhatók a bekövetkezési valószínűségi és fontossági értékeik is. A 2. lépésben minden projektváltozathoz leképezhető az összes lehetséges projektstruktúra DSM-mátrix formában a lehetséges kapcsolaterősségek alapján, továbbá a megoldások megvalósítási valószínűsége és fontossága is kalkulálható. Az adott lépés kiinduló mátrixának megfelelő 0 és 1 közötti értékei alapján kiszámolt valószínűségi és fontossági értékek lehetővé teszik a projektváltozatok és projektstruktúrák sorbarendezeit.

A projektváltozat és projektstruktúra generáló és sorba rendező algoritmus (Project scenario and structure Generating and Ranking Algorithm – **PGRA**) nevű MATLAB program (Kiss, 2012) a Projektváltozat és Projektstruktúra Sorbarendező Módszerre épül, a szoftver struktúrája összetettebb, de kifinomultabb a módszernél. A pszeudokódjában éppen ezért a program újszerűségeit hangsúlyozom, hivatkozok a korábbiakban leírtakra. A 3-23. táblázatban látható az általam készített programok összehasonlítása az adott példára.

```

1  beolvas PEM  $\in [0,1]^{n \times n}$  //PEM-mátrix ( $n \times n$ );  $n$  a tevékenységek száma
2  //1. PEM  $\rightarrow$  SNPMC, ha  $i=j$ , átló értékei ( $\delta$ )
3      Tevékenységek kiválasztása, projektváltozat(ok) meghatározása,
4      megvalósulási értékeik kiszámítása
5  S=PEM( $n, n$ ); //Az SNPM-mátrixokat a PEM alapján képezzük
6  PEM( $i, i$ )=Tn //A PEM-mátrix átlójának elemei=tevékenységek
7  Tk = Tn \ (T1  $\cup$  T0) // Tk a bizonytalan tevékenységek halmaza
8  kombinációképzés //Projektváltozatok képzése bináris alapon
9  Ts = Tk  $\cup$  T1 // Ts a projektváltozatok tevékenységlistájának halmaza
10 ciklus  $i=1$ -től  $s$ -ig{
11     kiír SNPM  $\in [0,1]^{s \times s}$  //Az SNPM-mátrixok a PEM-mátrix részmátrixai
12     számít vsum( $s$ ) // A projektváltozat megvalósulási összege
13     számít vprod( $s$ ) // A projektváltozat megvalósulási szorzata
14     számít vvsz( $s$ ) // A projektváltozat megvalósulási valószínűsége
15     számít vfont( $s$ ) // A projektváltozat megvalósulási fontossága
16 }
17 //2. SNPMC  $\rightarrow$  DSMC, ha  $i \neq j$ , átló értékei ( $\rho$ )
18 Kapcsolatok kiválasztása, projektstruktúra(k) meghatározása,
19 bekövetkezési értékeik kiszámítása
20  $l=(\mathbf{S}(\mathbf{S}>0 \ \& \ \mathbf{S}<1))$  hossza // lehetséges kapcsolaterősségek száma
21 [ $ro, co$ ]=keres( $\mathbf{S}>0 \ \& \ \mathbf{S}<1$ ) // a  $0 < \rho < 1$  értékek sor- és oszlopindexei
22  $K=\mathbf{S}(\mathbf{S}>0 \ \& \ \mathbf{S}<1)$  // lehetséges kapcsolaterősségek vektorként
23 kombinációképzés ( $Y(\cdot)$ ) //Projektstruktúrák képzése bináris alapon
24 D=S // A DSM-mátrix feltöltése az SNPM-mátrix alapján
25 ciklus  $d=1$ -től  $l$ -ig {
26     D( $ro(d), co(d)$ )=S( $ro(d), co(d)$ ) * ( $Y(d)$ ) //lehetséges projektstruktúrák
27 }
28 D(D>0)=1 //determinisztikus értékek megadása
29 ciklus  $h=1$ -től  $s$ -ig {
30     kiír DSM( $h$ )  $\in \{0,1\}^{n \times n}$  //A DSM-mátrixok az SNPM-mátrixok részmátrixai
31     számít ssum( $h$ ) // A projektstruktúra bekövetkezési összege
32     számít sprod( $h$ ) // A projektstruktúra bekövetkezési szorzata
33     számít svsz( $h$ ) // A projektstruktúra bekövetkezési valószínűsége
34     számít sfont( $h$ ) // A projektstruktúra bekövetkezési fontossága
35 }

```

A pszeudokódban röviden összefoglalt program a következőképpen épül fel a korábbiakban bemutatott többdimenziós tömbökhöz képest. A program keretét egy három elemből álló struktúra alkotja („main_struct”). Az első eleme (‘P’) a bemenetet képező *PEM*-mátrix, a második (‘S’) a projektváltozatokhoz, míg a harmadik (‘D’) a projektstruktúrákhoz kapcsolódik.

A második rész egy úgynevezett cellatömböt foglal magába (az alábbi táblázatban *SNPMc*), melynek három cellája közül az elsőben a *PEM*-mátrix lehetséges tevékenységeinek a száma (k) foglal helyet. A következő elem a 2^k darab projektváltozat *SNPM*-mátrixát tartalmazza, míg az utolsó cella a megvalósulási értékeket foglalja magába. Első sorában az egyes projektváltozatok valószínűsége található geometriai, a második sorában pedig a fontosságok számtani átlaggal számolva.

A harmadik rész pedig az egyes projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák tárolására alkalmas. Ahogy az alábbi táblázatból is látható, a korábbiakban bemutatott többdimenziós tömbben való tárolás különösen ennél a pontnál igényel sok (feleslegesen lefoglalt) helyet. Az első megoldásomnál a kiinduló kétdimenziós ($n \times n$) mátrixhoz készítettem el az összes lehetséges projektváltozatot (eredménye az alábbi táblázatban *SNPM* néven szerepel), a scenáriók száma képezi a harmadik dimenziót (2^k). Következő lépésben az egyes projektváltozatok l darab lehetséges kapcsolaterősségeinek kombinációjaként jöttek létre projektváltozatonként a projektstruktúrák (táblázatban *DSM*), melyek száma (2^l) képezi a negyedik dimenziót. Ezen megoldások ($n \times n$ -es mátrixok) tárolására $2^k \times 2^l$ méretű helyet kell lefoglalni – feleslegesen, ugyanis az így meghatározott terület nagy részét nulla értékeket tartalmazó megoldások töltik ki (a feladat ismertetésénél részletesebben bemutatom).

3-23. táblázat: A MATLAB programok méretének összehasonlítása

>> whos	
Name	Size Bytes Class
DSM	4-D 25600 double
DSMc	1x3 9968 cell
PEM	5x5 200 double
SNPM	5x5x8 1600 double
SNPMc	1x3 2072 cell
>> SNPMc	
SNPMc =	
[3]	[5x5x8 double] [2x8 double]
>> DSMc{2}	
ans =	
Columns 1 through 4	
[5x5x16 double]	[5x5x8 double] [5x5x2 double] [5x5x2 double]
Columns 5 through 8	
[5x5x4 double]	[5x5x2 double] [5x5 double] [5x5 double]

Ezzel szemben a leegyszerűsített programban a négydimenziós tömbös megoldás helyett a DSM-ek esetén a cellatömbön belül újabb cellatömböt készítettem (DSMc). Első cellája a megfelelő sorszámú projektváltozat lehetséges kapcsolaterősségeinek számát tartalmazza. Második cellájában az SNPM-ek darabszámának megfelelő számú cellatömb található, melyben megtalálható az adott projektváltozathoz tartozó összes projektstruktúra bináris mátrix formájában, a harmadik cellában pedig a megoldásokhoz tartozó, a kiinduló SNPM alapján számolt értékek vannak eltárolva.

Ahogy a 3-23. táblázatból is kiolvasható, a cellatömbös megoldással jelentősen csökkenthető a program által lefoglalt terület, ami a program alkalmazhatóságát növeli.

A módszer számítógépes támogatottsága

Az imént röviden bemutatott „**pgramain.m**” program jobb megértése érdekében ismertetem az előző alfejezetekben leírt példa folytatását.

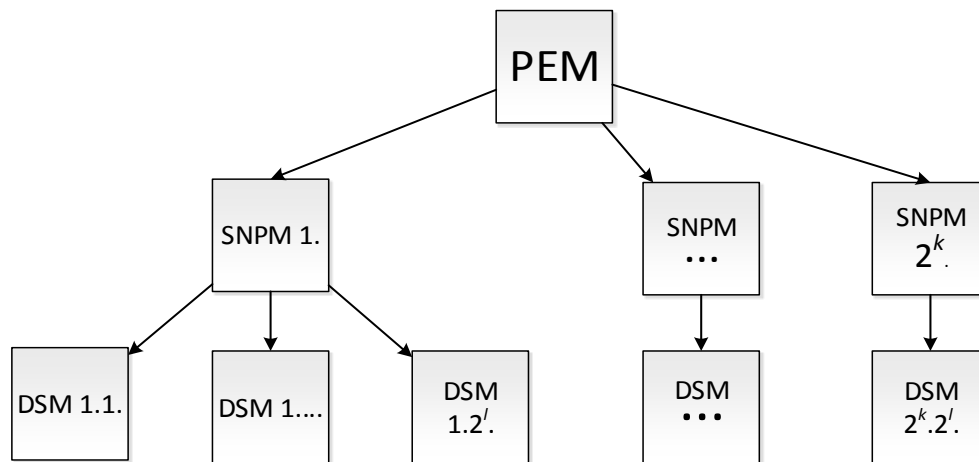
Az 6-11. táblázat első sorában láthatók a PEM-mátrixhoz tartozó SNPM-mátrixok, majd az adott projektváltozat oszlopában helyezkednek el a projektstruktúrákat megjelenítő DSM-mátrixok. Amennyiben a `scenario.m`, majd a `structure.m` programokat futtatjuk le a megoldások meghatározása érdekében, akkor a táblázatban látható négydimenziós tömböt kapjuk megoldásnak. A megjelenítés érdekében a táblázatban kicsit tömörítettem, a valóságban egy 8×16 -os tömböt kapunk eredményként a projektstruktúrák megjelenítésekor, melynek mindegyik cellája egy 5×5 -ös mátrixot tartalmaz. A táblázat üresen hagyott celláiban 0 értékkel feltöltött mátrixok helyezkednek el. Ez rendkívül nagy helypazarlást jelent, ahogy a 3-15. ábra sablonosan is mutatja, továbbá időigényes is a kiszámolása.

SNPM 1.	SNPM 2.	SNPM 3.	SNPM ...	SNPM ...	SNPM ...	SNPM 2^k .
DSM 1.1.	DSM 2.1.	DSM 3.1.	DSM ...	DSM ...	DSM ...	DSM $2^k.2^l$.
DSM 1..	DSM 2....	DSM 3....	DSM ...	0	0	0
DSM 1....	DSM 2....	DSM 3.2 ^l .	0	0	0	0
DSM 1....	DSM 2.2 ^l .	0	0	0	0	0
DSM 1....	0	0	0	0	0	0
DSM 1.2 ^l .	0	0	0	0	0	0

3-15. ábra: A „`scenario.m`” és „`structure.m`” programok eredményének szemléltetése

Erre a problémára sokkal jobb megoldást ad eredményül a `pgramain.m` program. A struktúrában és cellatömbökben való tárolásnak köszönhetően csak annyi helyet foglal le a program, amennyire valójában szükség van. A megoldások tulajdonképpen egy

fának megfelelően épülnek fel, felül helyezkedik el a PEM-mátrix, majd alatta az összes lehetséges SNPM (projektváltozatok), a következő szinten pedig az egyes SNPM-ekhez tartozó DSM-ek (projektstruktúrák).



3-16. ábra: A „pgramain.m” program eredményeinek szemléltetése

Ahogy az alfejezetben leírtakból is látszik, a bemutatott algoritmusok, vagyis az összes lehetséges megoldás meghatározása és sorba rendezése nagyon hosszadalmas és számolásigényes feladat. Ahogy a bemutatott példából is látszik, néhány lehetséges tevékenység és kapcsolat esetén is sok lehetséges megoldás képezhető. Számítógépes program segítségével is sok időt vesz igénybe a feladat elvégzése, manuálisan pedig egy nagyobb projektterv esetén szinte lehetetlen. Szükség van egy egyszerűbb, gyorsabb módszerre ezen feladat végrehajtására! Ennek az algoritmusnak az ismertetéséről szól a következő fejezet.

3.3.2. Agilis projektütemező módszer

A PEM-mátrix bizonytalan/lehetséges értékei alapján leképezhető az összes lehetséges megoldás; nagyszámú megoldás esetén pedig a sorba rendezés is hosszadalmas. Sok esetben azonban nincs szükség az összes megoldás meghatározására sem. Hagyományos (például építési) projektek esetén a cél és a megvalósítás módja is világosan meghatározott (2-3. táblázat), emiatt a lehetséges tevékenységek és kapcsolatok száma nem jelentős, így használható az előzőekben ismertetett módszer.

Azonban agilis projektek esetén más a helyzet. Agilis (például szoftver- vagy termékfejlesztési) projekteknél a célt általában világosan meghatározzák, a végrehajtás módja viszont nem tisztázott (2-3. táblázat). Többféle végrehajtási mód, sorrend is elképzelhető, sőt a projekt során elvégzendő tevékenységek, végrehajtandó feladatok sem adhatók meg teljes pontossággal a tervezés fázisa során. Agilis projekteknél előre megadják, hogy a projekt vezetője milyen és mennyi erőforrásból mennyit használhat fel a projekt során, milyen határidőkkel kell szembesülni, mennyi idő áll rendelkezésre a projekt kivitelezéséhez, mekkora a projekt költségvetése. Vagyis előre meghatározzák a projekt korlátait és célját. Ezt az elképzelést felhasználva megfogalmazható a következő feltételezésem.

F3: Készíthető olyan algoritmus, amely képes a lehetséges projekttervek közül kiválasztani az idő-, erőforrás- és/vagy költségkorlátokat nem túllépő, megengedett megoldást, illetve meghatározható az adott célfüggvényre nézve optimális megoldás.

Az agilis projektütemezés alapjai

Agilis projekteknél a korlátok miatt fontos előre tisztázni, hogy milyen tevékenységekből, feladatokból áll a projekt, ezek végrehajtása mennyi időt, erőforrást, költséget igényel, milyen sorrendben valósíthatók meg a tevékenységek. Ilyen jellegű projekteknél gyakran előfordul, hogy az egyes funkciókat, feladatokat nem tudják teljesíteni a megadott idő alatt, az adott erőforrások megléte mellett. Emiatt fontos egyfajta prioritási sorrendet felállítani az elvégzendő tevékenységek között, hogy a legfontosabbakat mindenképpen el tudják készíteni a korlátokon belül. A tevékenységek prioritizálására használható az úgynevezett MoSCoW-elemzés, melyet a szakirodalmi feldolgozásban ismertettem (2.4.1. alfejezet).

A MoSCoW-elemzés tehát négy kategóriát különböztet meg. Ez a módszer kapcsolatba hozható a Projekt Szakértői Mátrix cellaértékeivel, hiszen a PEM által alkalmazott 0 és 1 közötti értékek kategóriákhoz rendelhetők (3-17. ábra).

Must have	Should have				Could have					Won't have
1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

3-17. ábra: A MoSCoW-elemzés kategóriáihoz rendelt értékek

A MoSCoW-elemzés elsősorban a projekt során elvégzendő tevékenységek kategorizálására és prioritizálására használható, de ez az elgondolás kiterjeszthető a kapcsolatok csoportosítására is. Ahogy az ábrán is látható, az egyes kategóriákhoz a következő értékeket rendeltem:

- **'Must have'**: $\delta = 1$ biztos tevékenység; $\rho = 1$ biztos rákövetkezési kapcsolat.
- **'Should have'**: $0,5 \leq \delta < 1$ lehetséges (inkább megvalósuló) tevékenységek; $0,5 < \rho < 1$ lehetséges (inkább bekövetkező) rákövetkezési kapcsolatok.
- **'Could have'**: $0 < \delta < 0,5$ bizonytalan (inkább elhagyandó) tevékenységek; $0 < \rho \leq 0,5$ bizonytalan (inkább elhagyandó) rákövetkezési kapcsolatok.
- **'Won't have'**: $\delta = 0$ a projektből biztosan kimaradó/elhalasztott tevékenység; $\rho = 0$ tevékenységek közötti biztos függetlenség, nincs rákövetkezési kapcsolat.

A 0 és 1 értékeknél egyértelmű volt az egyenlőség megengedésének és meg nem engedésének a kérdése. Ezzel szemben a vízvonalzó 0,5-ös érték magyarázatra szorul. Ez ugyanis tevékenységeknél azt jelenti, hogy 50% az esély arra, hogy a tevékenység megvalósul, és 50% arra, hogy nem valósul meg. Kapcsolatok esetén pedig azt mutatja, hogy két tevékenység között soros és párhuzamos rákövetkezés is elképzelhető, ugyanakkora az esély mindkettőre.

A két kategóriába ('S' és 'C') sorolás közötti határvonalat a 0,5-ös érték jelenti. A projektterv kevesebb idő- és erőforrás-szükséglete, kisebb kötöttsége, nagyobb rugalmassága érdekében a 0,5-ös érték esetén inkább megvalósítandónak értékelem a tevékenységet; ezzel szemben a 0,5-ös "erősségű" kapcsolatot inkább a 'Could have' kategóriába soroltam, a tevékenységek közötti függetlenséget, párhuzamosítást (nincs kapcsolat) preferálom a soros rákövetkezéshez képest.

Lehetséges megoldások meghatározása

Agilis projekteknél, az imént leírtak tükrében, felesleges az összes lehetséges megoldást meghatározni; a projekt tevékenységeihez tartozó adatok és a projekt korlátainak ismeretében a MoSCoW-elemzés felhasználásával jelentősen gyorsítható a megengedett megoldások meghatározása.

A fogalmak tisztázása érdekében fontos különbséget tenni lehetséges és megengedett megoldások között. **Lehetséges megoldás** alatt a PEM-mátrix értékei alapján képezhető projektváltozatot/projektstruktúrát értem. A **megengedett megoldás** egy olyan lehetséges megoldás, ami a tevékenységek idő-, erőforrás- és/vagy költségigényének ismeretében az idő-, erőforrás- és/vagy költségkorlátokat meg nem haladó, a célfüggvénynek megfelelő megoldást ad. Agilis projektek esetén célfüggvény lehet a *legvalószínűbb/legfontosabb projektváltozathoz tartozó legvalószínűbb/legfontosabb projektstruktúra* meghatározása.

Agilis projektek esetén, melyek kötött idő- és erőforráskorlátokkal rendelkeznek, szűkíthető a lehetséges megoldások köre, a nem megengedett megoldások – melyek nem valósíthatók meg az adott korlátok között – figyelmen kívül hagyhatók. A PEM-mátrix alapján a tevékenységek sorba rendezése, majd a lehetséges projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák meghatározása, illetve annak vizsgálata, hogy a kapott megoldások megengedettek-e, az **agilis projektütemezés** (APS – Agile Project Scheduling) feladata.

A módszer lépéseinek leírása

Az agilis projektütemező algoritmus **bemenete** a PEM-mátrix. A módszer **előfeltétele**, hogy ismertek legyenek az egyes *tevékenységek* elvégzéséhez szükséges *idő-, erőforrás- és/vagy költségadatok*, továbbá a *projekt idő-, erőforrás- és/vagy költségkorlátja*.

Az APS-módszer egy mohó algoritmushoz⁴⁷ hasonlóan működik. Ha a célfüggvény a *legvalószínűbb* (vagy *legfontosabb*) *projektváltozathoz tartozó legvalószínűbb* (vagy *legfontosabb*) *projektstruktúrával rendelkező megengedett megoldás* meghatározása, akkor az alábbi **lépések** alapján kaphatunk optimális megoldást.

1. lépés: a PEM-mátrix átlójában szereplő tevékenység előfordulási értékek alapján a legnagyobb megvalósulási valószínűségű vagy fontosságú projektváltozat meghatározása → SNPM-mátrix formában.

2. lépés: a projektváltozat esetén vizsgálni kell a tevékenységekhez rendelt költségigények ismeretében, hogy a tevékenységek végrehajtása megvalósítható-e az adott költségkereten belül, tehát megengedett projektváltozat-e. (Amennyiben a

megoldás költségigénye túllépi a korlátot, a következő legvalószínűbb vagy legfontosabb lehetséges projektváltozatot kell választani → vissza az 1. lépésre.)

3. lépés: az 1. lépésben elkészített SNPM-mátrix elemei közötti kapcsolaterősségek alapján a legnagyobb *bekövetkezési fontossággal vagy valószínűséggel rendelkező projektstruktúra* meghatározása → DSM-mátrix formában. (Ha egyik lehetséges projektstruktúra sem megengedett megoldás, akkor a következő megengedett projektváltozatot kell választani → vissza a 2. lépésre.)

4. lépés: a projektstruktúra vizsgálata; megfelel-e a megadott idő- és erőforráskorlátoknak; a lehetséges megoldás megengedett megoldásnak tekinthető-e. (Ha nem megengedett a megoldás, akkor a következő lehetséges projektstruktúrát kell választani → vissza a 3. lépésre.)

A lépések részletesebben az alábbi leírásban olvashatók.

1. lépésben el kell dönteni a prioritásokhoz rendelt értékek alapján, hogy mely tevékenység megvalósítása preferált, illetve mely tevékenységek hagyhatók el/halaszthatók későbbi végrehajtásra. A tevékenységek kiválasztásával a *legnagyobb megvalósulási valószínűségű vagy fontosságú projektváltozatot* kell meghatározni, mely úgy érhető el, hogy a 0,5 vagy annál nagyobb valószínűségi vagy fontossági értékkel rendelkező tevékenységeket („Should have”) inkább ki kell választani, míg az alacsonyabb értékű tevékenységeket („Could have”) ki kell hagyni a projekttervből. A projektváltozatok megjeleníthetők SNPM-mátrix vagy *reprezentációs gráf* formában.

2. lépésben költségkorlát megléte esetén ki kell zárni azokat a nem megengedett megoldásokat a lehetséges megoldások számának csökkentése érdekében, amelyek a tevékenységek elvégzéséhez szükséges vagy teljesítése során felmerülő, előzetesen hozzájuk rendelt költségek összesítésével túllépik az előre meghatározott, a projektre szánt költségkorlátot.

3. lépésben a kiválasztott tevékenységek közötti lehetséges rákövetkezések/végrehajtási sorrendek vizsgálatánál a 0,5-nél nagyobb kapcsolaterősség esetén inkább sorosan mennek végbe a tevékenységek, míg 0,5 vagy kisebb értékű kapcsolaterősség esetén a párhuzamos végrehajtás a preferált. Így meghatározható a *legnagyobb bekövetkezési valószínűséggel vagy fontossággal rendelkező projektstruktúra*, mely DSM-mátrix vagy valamilyen *hálóterv* (CPM, MPM) formában is megjeleníthető. Ha nincs megengedett megoldás az adott projektváltozathoz tartozó projektstruktúrák között, akkor vizsgálni kell a következő legnagyobb *megvalósulási* valószínűséggel vagy fontossággal rendelkező projektváltozatot (vissza az 1. lépésre).

4. lépésben következik a megadott idő- és erőforráskorlátoknak való megfelelés vizsgálata. Ha az időkorláton belül nem hajtható végre az előbbi lépésben meghatározott projektstruktúra, akkor ez nem megengedett megoldás, vissza kell térni az előző lépéshez, és ki kell választani a soron következő legnagyobb bekövetkezési fontossággal vagy valószínűséggel rendelkező projektstruktúrát. Ha az erőforráskorláton belül nem hajtható végre az előző lépésben megadott projektstruktúra, akkor erőforrás-allokációt kell alkalmazni. Ha az így kapott megoldás is túllépi valamelyik korlátot, akkor vissza kell térni az előző lépéshez. Amennyiben a projektstruktúra megvalósítható

az adott idő- és erőforráskorlátokon belül, akkor megengedett megoldásról beszélhetünk.

Mivel az APS-módszer egy *mohó algoritmus*, hiszen minden lépésnél a célfüggvénynek és a korlátoknak megfelelő legjobb megoldásból indul ki, ezért az első megengedett megoldás jelenti egyben az optimális megoldást. Ez az algoritmus úgy választja ki a lehetséges tevékenységeket, majd lehetséges kapcsolatokat, hogy a kapott megoldás valószínűségi vagy fontossági értéke maximális legyen, eszerint csökkenő sorba rendezhetők a lehetséges projektváltozatok és projektstruktúrák. A költségkorlátnak megfelelő legmagasabb valószínűségi vagy fontossági értékkel rendelkező projektváltozathoz tartozó legmagasabb valószínűségi vagy fontossági értékkel rendelkező projektstruktúra, mely megfelel az idő- és erőforráskorlátoknak, adja az *optimális megoldást*.

A módszer bemutatása egy példán keresztül

Az agilis projektütemező módszer ismertetésére szolgál a 3-24. táblázatban bemutatott példa. A PEM-mátrixból indul ki az algoritmus. Először célszerű csökkenő sorba rendezni a tevékenységeket az átlóban hozzájuk rendelt fontossági vagy valószínűségi értékek alapján (természetesen a sorba rendezésnél figyelni kell az egyes tevékenységek közötti kapcsolaterősségek meglétére).

3-24. táblázat: Az APS-módszer lépéseinek bemutatása, optimális megoldás meghatározása

PEM							SNPM projektváltozat				DSM projektstruktúra				logikai háló/terhelési diagram	
PEM	T1	T2	T3	T4	T5	T6	SNPM	T1	T2	T3	DSM	T1	T2	T3		
T1	1	1					T1		1		T1		X			
T2		0,8	0,6	0,5			T2			0,6	T2					
T3			0,6	0,7	0,9		T3				T3					
T4				0,5	0,4											
T5					0,3	0,1										
T6						0										

erőforrás- és/vagy költség-igényének ismeretében elkészíthető a megoldás erőforrás terhelési diagramja is. Ezek alapján meghatározható egy projektstruktúra idő- és erőforrás-szükséglete, vagyis hogy **MENNYIÉRT** lehet végrehajtani.

Agilis projektek esetén ismerjük a projekt korlátait, egyszerűen megmondható, hogy az adott projektstruktúra teljesíthető-e a korlátokon belül.

A példán látható, hogy az első projektstruktúra túllépi az időkorlátot, ezért ez egy nem megengedett megoldás. Ilyenkor a következő legfontosabb vagy legvalószínűbb projektstruktúrát kell megadni, és vizsgálni az idő- és erőforrás-szükségletét. Amennyiben a megoldás az erőforráskorlátot lépi túl, erőforrás-allokációval átrendezhetők a tevékenységek, így kaphatunk megengedett megoldást. A kiválasztás módszertana következtében az első megengedett megoldás egyben az optimális megoldást is adja.

A módszer leírása pszeudokóddal

Az agilis projektütemező algoritmushoz is készítettem egy MATLAB programot, melyet „**appamain.m**”-nek neveztem el. A program pszeudókódja olvasható az alábbiakban. A bemenet ebben az esetben is a PEM-mátrix, továbbá ha már agilis módszerről van szó megadható az idő-, erőforrás- és költségadatok mellett a projekt teljesítésének költség-, idő- és erőforráskorlátja.

Ha az elsődleges célfüggvény a projektterv PEM-ben ábrázolt értékei alapján számolt megvalósulási és bekövetkezési értékek maximalizálása, vagyis a legmagasabb megvalósulási értékkel rendelkező projektváltozathoz tartozó legmagasabb bekövetkezési értékkel rendelkező projektstruktúra adja a legjobb megoldást.

A bonyodalmat a korlátok megléte jelenti. A maximális megvalósulási és bekövetkezési értékkel rendelkező változatok és struktúrák nem feltétlenül jelentenek megengedett megoldást, ha nem tarthatók az adott, korábban említett korlátok. Ilyen esetben a következő legjobb megoldást kell vizsgálni, hogy megfelel-e a korlátoknak. Sajnos nem létezik algoritmus a megoldásokhoz tartozó tevékenységek és kapcsolatok kiválasztásával való új megoldások meghatározására, ezért a programom leképezi a lehetséges tevékenység előfordulások és kapcsolaterősségek alapján az összes lehetőséget, majd vizsgálja, hogy belefér a korlátokba, vagyis megengedett megoldás-e. A legelső megengedett projektstruktúra lesz az optimális megoldás.

Tevékenységek esetén kicsit komplikáltabb a helyzet, ugyanis hiába határozza meg a program a célfüggvénynek megfelelő megengedett projektváltozatot, ha nem képezhető hozzá megfelelő projektstruktúra, akkor keresni kell a következő megengedett projektváltozatot, amíg nem létezik ez alapján képezhető optimális projektstruktúra.

1	Bemenet: $\mathbf{P} \in [0,1]^{n \times n}$ & r_m	//PEM-mátrix: $(n \times n)$, illetve idő- (r_d),
2		erőforrás- (r_r) és költségadatok (r_c) megnevezése,
3		mértékegysége, értéke különálló tömbökben: $m \times (1 \times n)$
4	Bemenet: L_m	//idő- (L_d), erőforrás- (L_r) és költségkorlát (L_c)
5		megnevezése, mértékegysége, értéke.

```

6 //1. PEM→SNPM, ha  $i=j$ , átló értékei ( $\delta$ )
7   Tevékenységek kiválasztása, projektváltozat(ok) meghatározása
8 //2. SNPM→DSM, ha  $i \neq j$ , átlón kívüli értékek ( $\rho$ )
9   Kapcsolatok megadása, projektstruktúra(k) meghatározása
10 SNPM=PEM //az SNPM értékei megegyeznek a PEM értékeivel
11 ciklus  $i=1$ -től  $n$ -ig { //n a tevékenységek száma
12   SNPM( $i, i$ )=PEM( $i, i$ )>=0,5 //SNPM átlójában 1-esek és 0-k
13   (tevékenységeknél 0,5-öt inkább kiválasztja → 1)
14   ha S( $i, i$ )==0 { //ha az SNPM átlója 0,
15     S( $i, :$ )=0 és S( $:, i$ )=0 //akkor sorai és oszlopai is 0-k
16   }
17 }
18 ha  $L_c > 0$  //ha adott a költségkorlát
19   számol  $R_c$  //a projektváltozat (SNPM) költségigényének kiszámolása
20   ha  $R_c \leq L_c$  { //a p.változat költségigénye belefér a költségkorlátba
21     függvény pstrukt
22   különben //a p.változat költségigénye meghaladja a korlátot
23     vkomb //összes lehetséges p.változat legenerálása,
24     kiválasztani a megengedett megoldásokat
25     vrend //megengedett p.változatok csökkenő sorba rendezése
26     1. bekövetkezési érték és 2. költségigény szerint
27     ciklus  $b=1$ -től vrend sorainak számáig { //b a megengedett vált. száma
28       ciklus  $i=1$ -től PEM sorainak számáig {
29         ciklus  $j=1$ -től PEM oszlopainak számáig {
30           SNPM( $i, j$ )=PEM( $i, j$ )
31           SNPM( $i, i$ )=X( $i$ ) //X a megengedett p.változat átlója
32           ha S( $i, i$ )==0 { //ha az SNPM átlója 0,
33             S( $i, :$ )=0 és S( $:, i$ )=0 //akkor sorai és oszlopai is 0-k
34             különben S( $i, i$ )=1 //egyébként az SNPM átlója 1
35           }
36           függvény pstrukt
37         }
38       }
39     }
40   }
41   különben //ha nincs megadva a költségkorlát
42     függvény pstrukt
43   }
44 függvény pstrukt {
45   DSM=SNPM>0,5 //optimális megoldás: a legfontosabb/legvalószínűbb DSM
46   (kapcsolatoknál 0,5-öt inkább elhagyja)
47   ha  $L_r > 0$  vagy  $L_d > 0$  { //ha adott az idő- és erőforráskorlát
48     számol  $R_d$  és  $R_r$  //az optimális p.struktúra idő- és erőforrásigénye

```

```

49      ha  $R_d \leq L_d$  és  $R_r \leq L_r$  {                               //ha az igény meghaladja a korlátot
50          skomb                                                     //összes lehetséges p.struktúra legenerálása,
51                               kiválasztani a megengedett megoldásokat
52          srend                                                     //megengedett p.struktúrák csökkenő sorba rendezése
53          1. megvalósulási érték, 2. idő- és 3. erőforrásigény szerint
54          kiír DSM                                                 //az 1. megengedett megoldás egyben az optimális is
55      }
56  }
57 }

```

```

58 Kimenet: DSM  $\in \{0,1\}^{n \times n}$  &  $R_m$  //DSM-mátrix ( $\rho=1$ , ha  $\rho > v_{\min}$ ; különben  $\rho=0$ )
59                                     és az optimális projekt-struktúra költség-
60                                     ( $R_c$ ), idő- ( $R_d$ ) és erőforrásigénye ( $R_r$ )

```

Látható, hogy vizsgálni kell több esetet is, ezek közül több döntési helyzetben is ugyanazokat a lépéseket kell végrehajtani. Végül az esetek többségében elérhető az optimális megoldás. Néhány esetben azonban a korlátok alulbecslése, vagy a feladatok túlvállalása miatt nem képezhető optimális, de néha megengedett megoldás sem. Ekkor vagy a korlátokon kell változtatni, vagy a feladatokat, tevékenységeket kell újragondolni.

A módszer számítógépes támogatottsága

Az „**appamain.m**” nevű MATLAB program használatával a különböző esetekre mutatok néhány példát a kiinduló PEM-mátrix alapján (3-8. ábra). Amennyiben nem alkalmazunk korlátokat, vagy kellően nagy költség-, idő- és erőforráskorlátot adunk meg a projekt tervezése során, akkor az alábbi (3-18. ábra) megoldásokat kapjuk, hiszen a célfüggvény a legfontosabb projektváltozat legfontosabb projektstruktúrájának meghatározása, a minimális költség-, idő- és erőforrásfelhasználás a megvalósulási és bekövetkezési értékhez képest kevésbé fontos.

PEM	A	B	C	D	E	c	d	r	SNPM	A	B	C	D	E	DSM	A	B	C	D	E
A	0,3	0,8	0	0,6	0	1	9	1	A	0	0,8	0	0,6	0						
B	0	1	0,2	0,8	1	2	8	2	B	0		0,2	0,8	1	B				X	X
C	0	0	0	0,3	0	3	7	3	C	0	0	0	0,3	0						
D	0	0	0	0,7	0,6	4	6	2	D	0	0	0		0,6	D					X
E	0	0	0	0	0,5	5	5	1	E	0	0	0	0		E					

3-18. ábra: A PEM-mátrixhoz tartozó legnagyobb megvalósulási értékű projektváltozat (SNPM) és az ahhoz tartozó legnagyobb bekövetkezési értékű projektstruktúra (DSM)

A 3-25. táblázatban látható, hogy különböző korlátok esetén milyen megoldások kaphatók a 3-18. ábra kiinduló adatai alapján. (A 3-18. ábra tartalmazza az egyes tevékenységek költség- (c), idő- (d) és erőforrásigényeit (r) a PEM-mátrix melletti oszlopokban.) Az előbbieken leírt esetek megfelelnek az 1. (a korlátoknál a 0 azt jelenti, hogy nincs korlát megadva) és a 2. (a projekttervhez szükségesnél nagyobb korlátok vannak megadva) megoldásának. A 3. esetben az 1. és 2. esetben optimálisnak

ítélt struktúra költségigényénél kisebbet határoztam meg, a program így a következő legnagyobb megvalósulási értékkel rendelkező projektváltozatot kereste (jelen esetben ez az érték megegyezik a korábbi értékkel: 0,63), melynek költségigénye alacsonyabb. Ez tulajdonképpen azt jelenti, ahogy a DSM-mátrixból is látható, hogy az 'E' jelű tevékenységet nem lehet megvalósítani az adott költségkorlát mellett.

A 4. esetben az 1. és 2. eset megoldásához képest az időkorlátot szigorítottam, a költségkorlátot a korábbi optimum szintjére állítottam. A korlátok miatt a legfontosabb tevékenységek megvalósíthatók, azonban a tevékenységek párhuzamosítása figyelhető meg az egyik rákövetkezés elhagyásával, ami az átfutási idő csökkentését és az átlagos erőforrásfelhasználás növekedését vonja maga után., ahogy a 3-25. táblázatban is látható.

Az 5. eset során az erőforráskorlátot csökkentettem, azonban ebben az esetben az adott korlátok mellett nem adható megengedett projektstruktúra. A 6. esetben olyan megoldást kerestem, ami az eddigieknél kisebb megvalósulási értékkel rendelkezik, ezért a költségkorlátot csökkentettem jelentősen. Az így kapott megoldás során csupán a 'B' jelű tevékenység valósítható meg, kapcsolatok nem értelmezhetők, ezért jelenik meg 0 a struktúra bekövetkezési értékénél.

3-25. táblázat: Optimális projektstruktúrák különböző korlátok esetén

Esetek	1.	2.	3.	4.	5.	6.																																																																																																			
Költségkorlát (Lc)	0	13	10	11	11	5																																																																																																			
Időkorlát (Ld)	0	20	20	15	25	25																																																																																																			
Erőforráskorlát (Lr)	0	4	4	4	1,7	4																																																																																																			
A projektváltozat megvalósulási értéke (vfont)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,5																																																																																																			
Költségigénye (Rc)	11	11	6	11	11	2																																																																																																			
A projektstruktúra bekövetkezési értéke (sfont)	0,70	0,70	0,8	0,3	0,3	0																																																																																																			
Átfutási ideje (Rd)	19	19	14	13	0	8																																																																																																			
Átlagos erőforrásigénye (Rr)	1,74	1,74	2,0	4	0	2																																																																																																			
Projektstruktúra (DSM)	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	-	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0																																																																																																				
	0	1	0	1	1																																																																																																				
	0	0	0	0	0																																																																																																				
	0	0	0	1	1																																																																																																				
	0	0	0	0	1																																																																																																				
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	1	0	1	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	1	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	1	0	0	1																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	1	0																																																																																																					
0	0	0	0	1																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	1	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					
0	0	0	0	0																																																																																																					

Az előbbi példával azt szemléltettem, hogy különböző korlátok és azonos célfüggvény alapján milyen megoldások képezhetők. Egy egyszerűbb példánál manuálisan is kiszámolhatók az eredmények, azonban nagyobb bizonytalansággal rendelkező PEM-mátrix esetén már elengedhetetlen a szoftveres támogatottság. Az "appamain.m" programom segítségével könnyedén generálhatók megoldások a paraméterek (a PEM-mátrix értékeinek, továbbá a tevékenységek költség-, idő-, erőforrásigényeinek és – korlátainak) változtatásának figyelembe vételével a rögzített célfüggvények alapján.

Első lépésben a tevékenységek szintjén a legmagasabb megvalósulási értékű (elsődleges célfüggvény) minimális költségigényű (másodlagos célfüggvény) projektváltozatot keresi, amely megfelel a költségkorlátnak. Az így kiválasztott tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatok alapján keresi következő lépésben azt a megengedett

projektstruktúrát, amely a legnagyobb bekövetkezési értékkel rendelkezik (elsődleges célfüggvény), legrövidebb az átfutási ideje (másodlagos célfüggvény), és legkisebb az átlagos erőforrásigénye (harmadlagos célfüggvény).

A paraméterek meghatározásánál kiemelten fontos a PEM-mátrix értékeinek megállapítása, ugyanis a lehetséges értékek alapján különböző megoldások képezhetők azonos korlátok esetén. Erre mutatok példát a következő, 3-26. táblázatban. A 3-18. ábra kezdeti adataiból indulok ki, majd változtatok a mátrix értékein. A korlátokat a 3-25. táblázat 4. esete alapján adtam meg a programnak.

3-26. táblázat: Különböző megoldások a PEM-mátrix különböző értékei alapján

PEM-mátrixok	PEM1	A	B	C	D	E	PEM2	A	B	C	D	E	PEM3	A	B	C	D	E	PEM4	A	B	C	D	E	PEM5	A	B	C	D	E																																																																																																																																																						
	A	0,3	0,8	0	0,6	0	A	0,6	0,8	0	0,6	0	A	0,3	0,1	0	0,9	0,6	A	0,6	0,1	0	0,3	0,6	A	0,6	0,5	0	0,6	0																																																																																																																																																						
	B	0	1	0,2	0,8	1	B	0	1	0,2	0,8	1	B	0	1	0,2	0,2	0,4	B	0	1	0,2	0,2	0,4	B	0	1	0,2	0,1	1																																																																																																																																																						
	C	0	0	0	0,3	0	C	0	0	0	0,3	0	C	0	0	0	0,3	0	C	0	0	0	0,3	0	C	0	0	0	0,3	0																																																																																																																																																						
	D	0	0	0	0	0,7	0,6	D	0	0	0	0,7	0,6	D	0	0	0	0,7	0,5	D	0	0	0	0,7	0,3	D	0	0	0	0,7	0,6																																																																																																																																																					
	E	0	0	0	0	0	0,5	E	0	0	0	0	0,5	E	0	0	0	0	0,5	E	0	0	0	0	0,5	E	0	0	0	0	0,3																																																																																																																																																					
A projektváltozat megvalósulási értéke (vfont)	0,63						0,6						0,63						0,6						0,67																																																																																																																																																											
Költségigénye (Rc)	11						7						11						7						7																																																																																																																																																											
A projektstruktúra bekövetkezési értéke (sfont)	0,6						0,47						0,63						0,6						0,33																																																																																																																																																											
Átfutási ideje (Rd)	14						14						13						14						14																																																																																																																																																											
Átlagos erőforrásigénye (Rr)	2,36						2,64						2,54						2,64						2,64																																																																																																																																																											
Projektstruktúra (DSM)	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>						0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>						1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>						0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>						1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>						1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	1	1	1																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																															
1	1	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	1	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	1	0	0	1	1																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																															
1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	1	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	1	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	1	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	1	1	0																																																																																																																																																																															
0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																															

A PEM-mátrixokban sötétebb háttérrel színeztem az első megoldáshoz viszonyított eltéréseket. Látható, hogy a különböző lehetséges tevékenység előfordulások és kapcsolaterősségek alapján különböző megoldások jelentik az optimális projektstruktúrát, melyekhez a kiinduló adatok alapján különböző eredményeket kapunk. A lehetséges tevékenységek a projektváltozat költségigényére vannak hatással, míg a lehetséges kapcsolaterősségek a projektstruktúra átfutási idejét és átlagos erőforrásigényét befolyásolják.

3.3.3. A PEM-hez kapcsolódó algoritmusok és alkalmazások összehasonlítása

Az alábbi, 3-27. táblázat tartalmazza az előbbieken bemutatott algoritmusok összefoglalását kiegészítve a mellékletben (a 6.3. alfejezetben a 6-5. ábra) ismertetett genetikus algoritmusokon alapuló programmal (Borbás, 2010), mely az MPPGA (Matrix-based Project Planning Genetic Algorithm) nevet viseli. Mindhárom algoritmus, alkalmazás előfeltétele a körmentesség (ezáltal topologikusan rendezhető a megoldás, felsőháromszöggé rendezhető a mátrix). A 3.3.1. alfejezetben ismertettem a PGRA (Project scenario and structure Generating and Ranking Algorithm) MATLAB alkalmazás működését, míg a 3.3.2. alfejezetben leírtam az APPA (Agile Project Planning Algorithm) MATLAB alkalmazás lényegét.

3-27. táblázat: A bemutatott alkalmazások összehasonlítása

Algoritmus	PGRA	APPA	MPPGA
Jellemzése	Az összes megoldás meghatározása; utána rangsorolás.	Úgy választja ki a tevékenységeket és a kapcsolatokat, hogy optimális megoldást kapjon.	Véletlenszerűen generált kezdeti populáció a PEM-mátrix alapján, később az evolúció elvén működik.
Előnye	Az összes megoldás sorba rendezhető többféle szempont alapján.	Mohó algoritmus, emiatt gyorsan talál megoldást.	Nagy keresési térben is nagyon gyors működés.
Hátránya	Nagyon hosszadalmas!	Tisztázni kell már az elején a célfüggvényt és a korlátozó feltételeket.	Nem garantált az optimális megoldás megtalálása (de statisztikailag bizonyítható).
Alkalmazási területe	Viszonylag kevés bizonytalan/lehetséges tevékenységet és kapcsolatot tartalmazó hagyományos jellegű projektek esetén.	Elsősorban agilis projektek esetén, melyeknél különböző korlátokat is figyelembe lehet venni a megengedett megoldások meghatározása érdekében.	Komplex optimalizálási probléma esetén használható, amikor többféle célfüggvénynek és korlátozó feltételnek megfelelő megengedett megoldást kell gyorsan találni.

Az alábbi táblázatokban látható a 3-27. táblázatban ismertetett alkalmazások eredményeinek összehasonlítása generált példák alapján. A 3-28. táblázat tartalmazza az algoritmusok futási idejét és eredményeit a kiinduló PEM-mátrixok és a tevékenységek költség-, idő- és erőforrásigényei alapján korlátok alkalmazása nélkül. Kisebb bizonytalanságú tevékenységek és kapcsolatok esetén használható a teljes kiértékelő algoritmus (PGRA) is, azonban nagyobb bizonytalanság esetén rengeteg erőforrást és időt igényelne még egy szoftver segítségével is az összes lehetséges megoldás meghatározása. Ezzel szemben a másik két program gyorsan képes volt optimális megoldást adni. Az agilis projekttervező algoritmus (APPA) gyorsan ad pontos eredményt a kiinduló PEM értékei alapján, míg a genetikus algoritmusokat használó program (MPPGA) korlátok megléte esetén is viszonylag gyorsan talál jó megoldás.

3-28. táblázat: Az alkalmazások eredményeinek összehasonlítása korlátok nélkül

A mátrix mérete (tevékenység-szám)	Bizonytalan tevékenységek aránya	Bizonytalan kapcsolatok aránya	Algoritmus	Futási idő (mp)	A legjobb változat megvalósulási értéke	A változat költsége (€)	A legjobb struktúra bekövetkezési értéke	Átfutási idő (nap)	Átlagos erőforrás-felhasználás (fő)
10	10	10	PGRA	0,93	0,50	10	0,68	37	1,92
			APPA	0,15	0,50	10	0,68	37	1,92
			MPPGA	0,01	0,50	10	0,68	37	1,92
10	10	50	PGRA	8h <					
			APPA	0,26	0,60	9	0,71	34	1,68
			MPPGA	0,14	0,60	9	0,71	34	1,68
10	50	50	APPA	0,02	0,88	6	0,66	13	1,92
			MPPGA	0,15	0,88	6	0,66	13	1,92
50	10	10	APPA	0,44	0,76	49	0,74	186	1,47
			MPPGA	28,81	0,76	49	0,73	186	1,48
50	10	50	APPA	0,81	0,64	47	0,72	153	1,76
			MPPGA	49,43	0,64	46	0,69	165	1,73
50	50	50	APPA	0,72	0,68	42	0,72	160	1,36
			MPPGA	30,56	0,63	38	0,52	141	1,85
100	10	10	APPA	6,56	0,73	95	0,72	296	1,75
			MPPGA	194,35	0,71	96	0,53	338	1,59
200	10	10	APPA	75,21	0,73	191	0,72	666	1,50
			MPPGA	4252,55	0,64	192	0,63	686	1,50

Forrás: (Kiss, 2012)

Ha a célfüggvény a legnagyobb megvalósulási értékkel rendelkező projektváltozat legnagyobb bekövetkezési értékű projektstruktúrája, és nincsenek megállapítva

korlátok, akkor az agilis alkalmazás gyorsabban ad pontosabb eredményt, mint az MPPGA. Ugyanezekre a generált kibővített PEM-mátrixokra újra lefuttattam a programokat, azonban költség- és időkorlátokat is alkalmaztam, melyek a 3-29. táblázat utolsó két oszlopában is láthatók. Ebben az esetben a teljes kiértékelő algoritmus (PGRA) egyáltalán nem használható, hiszen nem tudja figyelembe venni a korlátokat.

Ahogy a táblázatban is látható, ilyen esetekben alacsonyabb bizonytalanság esetén használható az agilis program, azonban magasabb bizonytalanságnál a korlátoknak megfelelő optimális megoldások megtalálására már inkább a genetikus algoritmusok használata javasolt. Az MPPGA segítségével lehetőség van a legjobbnak ítélt, előre megadott számú megoldás meghatározására, melyek közül a különböző szempontok alapján kiválasztható a projekt során legjobban használható projektterv.

3-29. táblázat: Az alkalmazások eredményeinek összehasonlítása korlátokkal

A mátrix mérete (tevékenységszám)	Bizonytalan tevékenységek aránya	Bizonytalan kapcsolatok aránya	Algoritmus	Futási idő (mp)	A legjobb változat megvalósulási értéke	A változat költsége (€)	A legjobb struktúra bekövetkezési értéke	Átfutási idő (nap)	Átlagos erőforrás-felhasználás (fő)	Költség-korlát (€)	Idő-korlát (nap)
10	10	10	APPA	0,05	0,50	9	0,68	30	2,13	9	33
			MPPGA	0,002	0,50	9	0,68	30	2,13		
10	10	50	APPA	6h <						9	31
			MPPGA	0,07	0,60	9	0,60	18	3,17		
10	50	50	MPPGA	0,15	0,76	5	0,65	13	1,46	5	13
50	10	10	MPPGA	4,85	0,52	46	0,53	164	1,63	46	167
50	10	50	MPPGA	16,94	0,56	45	0,54	141	1,78	46	150
50	50	50	MPPGA	24,45	0,54	38	0,51	113	0,80	38	144
100	10	10	MPPGA	174,15	0,47	94	0,50	274	1,85	94	280
200	10	10	MPPGA	1323,96	0,56	189	0,51	634	1,57	190	650

Forrás: (Kiss, 2012)

Az MPPGA program során tetszőlegesen szabályozhatók a célfüggvények, igény szerint súlyozhatók is, majd az így kapott fitnessz értékek alapján sorba rendezhetők a megoldások. Mind az MPPGA, mind pedig az APPA alkalmazások figyelmen kívül hagyják a korlátokat túllépő terveket, csak a megengedett megoldások közül választanak. Az agilis program esetén, úgy vélem, lehetőség van az algoritmus finomításával gyorsabban megtalálni az optimális megoldást.

Ahogy látható a bemutatott példák alapján, nagyobb bizonytalanság esetén elengedhetetlen a számítógépes támogatottság a lehetséges megoldások képzése, valamint a megengedett és optimális megoldások meghatározása érdekében. A projektek tervezőinek, vezetőinek, a projektmenedzsereknek nagy segítséget nyújthatnak a PEM-hez kapcsolcsolódó algoritmusok a rugalmasabb tervezés révén. Nem kell csupán egyetlen projekttervet megalkotni, és ehhez ragaszkodni a végrehajtás során, lehetőség van többféle célfüggvény(ek)nek és korlátozó feltétel(ek)nek megfelelő megoldás gyors meghatározására a bemutatott alkalmazások segítségével, melyek közül az igényeknek megfelelően lehet választani. A különböző lehetőségekre mutattam példákat az előző fejezetekben.

3.3.4. *Eredményeim összefoglalása, következtetés*

Az összes lehetséges megoldás meghatározásához és sorba rendezéséhez használható az általam kidolgozott *projektváltozat/-struktúra kiválasztási módszer*. A *projektváltozat/-struktúra kiválasztási módszer* rövidítése és angol változata: PSSM – Project Scenario Selection Method; PsSM – Project structure Selection Method. A PS/sSM-módszer alkalmas az összes lehetséges projektváltozat, majd az egyes projektváltozatokhoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra meghatározására és sorba rendezésére. Az egyes projektváltozatok/-struktúrák sorba rendezhetők bekövetkezési fontosság/valószínűség, idő- vagy erőforrás-szükséglet alapján, melyek közül kiválasztható az adott célfüggvénynek és az adott korlátozó feltétel(ek)nek megfelelő optimális megoldás.

Ahogy a 3.3.1. alfejezetben kifejtettem, az összes lehetséges megoldás meghatározása és különböző szempont szerinti sorbarendezése sok időt és erőforrást igényel már egy kisebb bizonytalanságú mátrix esetén is. Épp ezért egy nagyobb bizonytalansággal terhelt projektterv esetén szükség van egy olyan módszerre, amivel nem kell az összes megoldást legenerálni, és abból kiválasztani a célfüggvénynek megfelelőt, hanem eleve a célfüggvénynek és a korlátozó feltételeknek megfelelően kell megadni az optimális megoldást. Ezt tartalmazza a **3. tézisem** a 4.1. alfejezetben. Az általam kidolgozott *agilis projektütemező algoritmus* egy mohó algoritmus; az idő- és erőforráskorlátokat nem túllépő első megengedett megoldás egyben a legnagyobb bekövetkezési fontossággal vagy valószínűséggel rendelkező projektváltozat/projektstruktúra lesz. Az *agilis projektütemezés* rövidítése angol elnevezése alapján: APS – Agile Project Scheduling. Ezt a rövidítést használtam a 3.3.2. alfejezetben is.

3.4. **Többszintű projekttervezési módszer**

A logikai tervezés fontos problémája a projektterv részletezettségi fokának meghatározása (2.4.1. alfejezet vége a 30. oldalon). Ehhez nemcsak a többszintű hálótervezés nyújthat segítséget, akár mátrix-alapú módszerek is szolgálhatnak a *többszintű tervezés* alapjául. A többszintű mátrix-alapú módszerek használatának előnyei különösen *multiprojektek* esetén jelentkeznek, ahol több, gyakran párhuzamosan futó projektet kell összehangolni. A projektek kezelésére akár a hálótervezési módszerek is alkalmasak lennének szigorú rákövetkezések feltételezése esetén, azonban az egyes projektek vagy alprojektek prioritizálásához, illetve lehetséges sorrendjeik meghatározásához már nem használhatók.

A Projekt Szakértői Mátrix kiterjeszthető multiprojektek kezelésére is, ez a módszer a *multiprojekt-változat/-struktúra kiválasztási módszer* (MPSSM/MPsSM – MultiProject Scenario/structure Selection Method) nevet kapta. Segítségével megadható, hogy adott időtartam és adott erőforrás-szükséglet figyelembe vételével mely (al/rész)projektek végezhetők el, illetve melyek nem, továbbá az elvégzendő (al/rész)projektek lehetséges sorrendjei is kezelhetők.

3.4.1. A Multiprojekt Szakértői Mátrix

A *multiprojekt szakértői mátrix* (mPEM – MultiProject Expert Matrix) elemei tevékenységek helyett (al/rész)projektek. Az mPEM átlójában az (al/rész)projektekhez tartozó bekövetkezési értékek szerepelnek, míg az átlón kívüli cellákban az (al/rész)projektek közötti lehetséges rákövetkezések vannak feltüntetve. A multiprojekt PEM jelenti a felső szintet, majd az egyes projektekhez készíthető egy-egy PEM-mátrix, ezek adják a következő szintet. Így épül fel a többszintű, projekt szakértői mátrix-alapú tervezés.

A multiprojekt PEM-mátrix értékei, vagyis az átlóban megjelenő projektek kategorizálhatók kötelezően végrehajtandó, lehetséges és elhagyható (al/rész)projektekre; az átlón kívüli cellákban szereplő relációk pedig feloszthatók kötelező, lehetséges és elhagyható kapcsolatokra. A kötelező projektek/kapcsolatok nem befolyásolják a lehetséges megoldások számát, ezért ezektől el lehet tekinteni. Ezt követően a lehetséges és elhagyható projektek/kapcsolatok között fel lehet tüntetni a logikai operátorokat. A lehetséges megoldások száma ugyanis *logikai operátorok* (és, vagy, kizáró vagy, feltételes bekövetkezés) használatával csökkenthető.

A logikai operátorok alkalmazhatók lehetséges projektek és lehetséges kapcsolatok esetén egyaránt. Először elkészíthető a multiprojekt szakértői mátrix, mely tartalmazza a lehetséges projekteket a közöttük levő logikai operátorok feltüntetésével. Ebből leképezhetők a lehetséges multiprojekt-változatok, melyeket úgynevezett multiprojekt-struktúramátrixok formájában lehet megjeleníteni. Ezek a mátrixok tartalmazzák az egyes projektek közötti lehetséges rákövetkezéseket a logikai operátorok feltüntetésével. Az így kapott megoldások alapján meghatározható az összes lehetséges rákövetkezés a projektek között. Végül meg kell vizsgálni az eredményül kapott multiprojekt-struktúrák kapcsolatait a kötelezően végrehajtandó projektekkel.

A multiprojekt részei különböző típusú projektek lehetnek (például informatikai és beruházási projektek), melyek megtervezéséhez a különböző algoritmusok (például APS és PS/sSM) is használhatók. Ez a többszintű tervezési rendszer a *multiprojekt ütemező módszer* (MPSM – MultiProject Scheduling Method).

A módszer lépéseinek leírása

A multiprojekt ütemező módszer legelején össze kell állítani az egyes projektek tevékenységlistáját, a tevékenységek előfordulási értékét, valamint a tevékenységek közötti rákövetkezések, kapcsolatok erősségét is meg kell határozni. Majd az így képzett (al)projekttervekhez a Multiprojekt Szakértői Mátrixban meg kell adni a bekövetkezési értéküket és a közöttük meglévő vagy lehetséges kapcsolatokat.

0. lépés: az mPEM és az (al)projektek PEM-mátrixainak elkészítése,

1. lépés: (al)projektek kiválasztása,

2. lépés: (al)projektek közötti sorrend meghatározása,

3. lépés: az egyes (al)projektek során elvégzendő tevékenységek meghatározása,

4. lépés: az egyes (al)projektek tevékenységei közötti sorrendek megadása,

(5. lépés: a megoldások idő-, erőforrás- és/vagy költségigényének vizsgálata.)

A módszer bemutatása egy példán keresztül

A 3-19. ábra egy egyszerű példát szemléltet a Multiprojekt Szakértői Mátrixra. A 3-24. táblázatban látható PEM-mátrix az 1. alprojekt (P1) részletesebb tervét tartalmazza, a 3-14. ábra PEM-mátrixa a 2. alprojekthez (P2) tartozik, míg a 3. alprojekt (P3) PEM-mátrixát a 3-6. ábra mutatja.

^m PEM	P1	P2	P3
P1	1	0,8	0,7
P2	0	0,6 x	0
P3	0	0	0,4 x

3-19. ábra: A Multiprojekt Szakértői Mátrix

A 2. és a 3. alprojekt között az mPEM-en látható 'x'-ek (kizáró vagy operátor) arra utalnak, hogy az adott alprojektek közül csak az egyiket lehet megvalósítani (a hozzájuk rendelt értékek alapján a 2. alprojekt választása tűnik logikusnak). Az mPEM értékei alapján projekt szinten célszerű tehát az 1., majd azt követően sorosan a 2. alprojektet végrehajtani.

Mindkét alprojekthez tartozik egy-egy PEM-mátrix, amelyek alapján az általam kidolgozott algoritmusok alapján meghatározható, hogy mely tevékenységeket milyen sorrendben célszerű végrehajtani, hogy a legfontosabb vagy legvalószínűbb bekövetkezési értékkel rendelkező megoldásokat kapjuk. Az 1. alprojekt esetén az APS-algoritmust kell használni, a 2. alprojekt esetén a PSSM/PsSM-algoritmust, ahogy az előző (3.3.1. és 3.3.2.) alfejezetekben részletesen bemutatam.

A kibővített PEM-mátrixok adatai alapján számolható idő-, erőforrás- és költségigény is a megoldásokhoz, ezek figyelembe vételével sorba rendezhetők a lehetséges megoldások a különböző célfüggvények alapján, ahogy a 3-22. táblázatban mutattam is rá egy egyszerű példát. Természetesen kombinált célfüggvény is elképzelhető, továbbá sok esetben korlátozó feltételeket is figyelembe kell venni a legjobbnak vélt megoldás meghatározása során.

Többosztályú projekttervezés során logikai tervezéshez az előbbiekben leírt módon használható a Multiprojekt Szakértői Mátrix, a kapott megoldás időtervezéséhez, ütemezéséhez számos technika áll rendelkezésre a Gantt-diagramtól a különböző hálótervezési módszerekig, míg az erőforrástervezés területén felmerülő allokálási feladatok megoldására többek között a témavezetőm által kidolgozott algoritmusok is használhatók.

3.4.2. Eredményeim összefoglalása, következtetés

A többszintű tervezés módszertanának nagyvonalú áttekintése után saját munkám kiemeléseként és összegzéseként olvasható a továbbiakban **3. tézisé**m utolsó mondata a multiprojektekhez kapcsolódóan: „A logikai tervezési módszer kiterjeszthető többszintű projekttervezésre is, magasabb szinten a mátrix elemei tevékenységek helyett (rész)projektek lehetnek.”

Az általam kidolgozott Multiprojekt Szakértői Mátrix alkalmazásával a projektekhez *többszintű, eltérő részletezettségű logikai tervek* készíthetők multiprojektek és egyes (rész)projektek szintjén. Az egyes (rész)projektek közötti logikai kapcsolatok megjeleníthetők *logikai operátorok* (és, vagy, kizáró vagy, implikáció) segítségével, melyek alkalmazása a lehetséges megoldások számának csökkentését eredményezi.

Adott lehetséges (rész)projekt előfordulások és a (rész)projektek közötti lehetséges kapcsolaterősségek alapján meghatározhatók és *sorbarende*zhetők a lehetséges multiprojekt-változatok és lehetséges multiprojekt-struktúrák. A kiválasztott (rész)projektek lehetséges tevékenység előfordulásait, valamint a tevékenységek közötti lehetséges kapcsolatokat figyelembe véve kiválasztható az adott célfüggvény (legfontosabb vagy legvalószínűbb bekövetkezés, minimális átfutási idő) és az adott korlátozó feltétel(ek)nek (idő-, erőforrás- és/vagy költségkorlát) megfelelő, korlát(ok)at nem túllépő *optimális megoldás*.

4. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A szakirodalmi összefoglaló, valamint a saját kutatásom ismertetése után ebben a fejezetben összefoglalom a kutatásom során megfogalmazott téziseimet, választ adok a dolgozat elején feltett kérdéseimre. A kidolgozott módszer és a hozzá tartozó algoritmusok alkalmazhatóságának alátámasztása érdekében bemutatom néhány esettanulmányon keresztül, hogyan használhatók a gyakorlatban. Végezetül néhány lehetséges irányt vázolok a kutatás folytatására.

4.1. Tézisek megfogalmazása

A 3. fejezetben részletesen ismertetett Projekt Szakértői Mátrix módszer (a 3.1. alfejezetben) és a hozzá tartozó algoritmusok (a 3.2. és 3.3. alfejezetekben) megfelelnek a kutatásom célkitűzéseinek. A PEM segítségével tehát többféle lehetséges projektterv összesíthető egyetlen mátrixba tevékenységek és kapcsolatok szintjén egyaránt, így a PEM választ ad az 1.3. alfejezetben feltett 1. kérdésemre. A módszer alapját képező PEM-mátrix értékei többféle módon meghatározhatók, többek között korábbi, hasonló jellegű projektek tervei is használhatók sablonként, de a 3.1.2. alfejezetben más módot is mutatok az értékek meghatározására.

A PEM-mátrix lehetséges értékei alapján az összes lehetséges megoldás leképezhető két lépésben (ahogy a 3.2. alfejezetben leírtam), ez a 2. kérdésemre ad választ. A megoldások sorbarendezéséhez használható a PEM-hez kidolgozott egyik algoritmus (a 3.3.1. alfejezetben bemutatott PS/sSM), mely hagyományos projektek esetén használható. A másik algoritmus (a 3.3.2. alfejezetben leírt APS) agilis projektek esetén alkalmazható a PEM-mátrixból kiindulva. Belátható, hogy a PEM-mátrix alapján mind hagyományos, mind agilis projektek tervezhetők logikai szinten válaszolva a 3. kérdésemre.

Ahogy a dolgozat címe – *Mátrix-alapú logikai projekttervezési keretrendszer* – általánosan mutatja, az általam kidolgozott Projekt Szakértői Mátrix alapot képez különböző projektek logikai tervezéséhez, majd ez alapján az ismert, „hagyományos” módszerek (2.4. alfejezet) segítségével elvégezhető a költség-, idő- és erőforrástervezés. A bemutatott módszer hagyományos projektek esetén is használható (bár hagyományos jellegű projekteknel a hagyományos tervezési-ütemezési eszköztárat használják), azonban igazi jelentősége agilis projektek esetén mutatkozik. Az agilis projektek tervezésére ugyanis, ahogy már korábban írtam (2.5. alfejezet) inkább csak elvek, modellek léteznek, logikai tervezési módszerek nincsenek. Agilis projektek közül elsősorban informatikai projektek esetén használhatók (ahogy a 4.2.1. alfejezet esettanulmánya is alátámasztja) a mátrix-alapú logikai tervezési módszerek.

A kutatási kérdésekre adott válaszok alapján fogalmaztam meg három tézisemet, amelyek önálló, újszerű eredményeimet tartalmazzák.

A dolgozatban bemutatott PEM-módszer lehetővé teszi korábbi sikeres projektek tapasztalatainak felhasználását, illetve szakértői vélemények figyelembevételét a

projekttervek összesítése által. Ez alapján különböző kategóriákba sorolhatók, vagy akár számszerűsíthetők a tevékenységek és a közöttük levő kapcsolatok a bizonytalanságuknak megfelelően. Ezt tartalmazza *1. tézisem*.

T1: Az általam kidolgozott mátrix-alapú módszer alkalmas projektek logikai tervezésére korábbi, hasonló projektek tapasztalatait, projekt sablonokat vagy szakértői véleményeket felhasználva, különböző terveket összevonva, aggregálva egyetlen mátrixba. A mátrix átlójában megjeleníthetők a tevékenységek lehetséges előfordulásai, míg az átlón kívüli cellákban a tevékenységek közötti kapcsolaterősségek tüntethetők fel.

A lehetséges megoldások képzésével kapcsolatban fogalmaztam meg *2. tézisemet*.

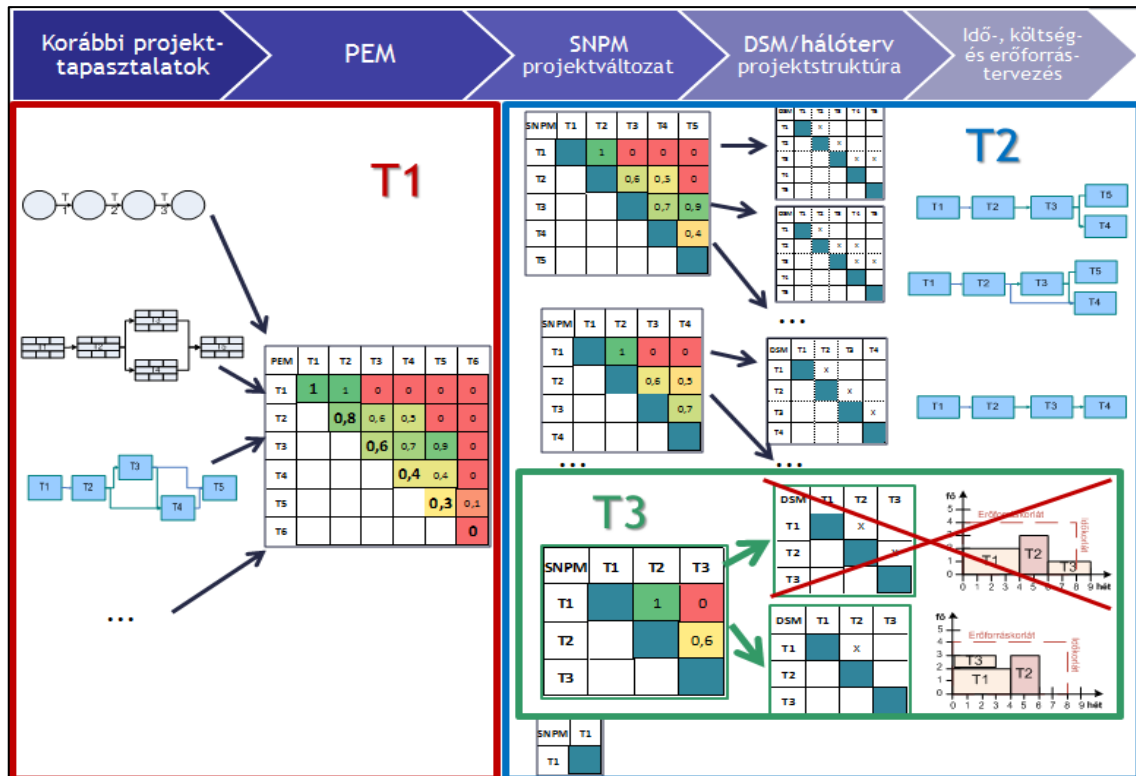
T2: A lehetséges értékeket tartalmazó, általam kidolgozott mátrix-alapú logikai tervezési módszer alapján meghatározható az összes lehetséges megoldás két lépésben. Első lépésben a lehetséges tevékenység előfordulások felhasználásával megadható az összes lehetséges projektváltozat, majd második lépésben az egyes projektváltozatokhoz leképezhető a lehetséges kapcsolaterősségek alapján az összes lehetséges projektstruktúra.

Megjegyzés: A lehetséges megoldások sorbarendezhetők többféle célfüggvény alapján. (Célfüggvény lehet a projektváltozatra és projektstruktúrára vonatkozó legfontosabb vagy legvalószínűbb bekövetkezés, minimális átfutási idő.)

Az ismertetett mátrix-alapú, agilis logikai projekttervező módszerek alapján megfogalmazható *3. tézisem*.

T3: A lehetséges értékeket tartalmazó, mátrix-alapú logikai tervezési módszer alapján az agilis projektütemező algoritmus által meghatározható az adott célfüggvénynek (projektváltozatra és projektstruktúrára vonatkozó legfontosabb vagy legvalószínűbb bekövetkezés, minimális költségigény, minimális átfutási idő, minimális átlagos erőforrásigény) és az adott korlátozó feltétel(ek)nek (idő-, erőforrás- és/vagy költségkorlát) megfelelő, korlát(ok)at nem túllépő optimális megoldás. A logikai tervezési módszer kiterjeszthető többszintű projekttervezésre is, magasabb szinten a mátrix elemei tevékenységek helyett (rész)projektek lehetnek.

A 4-1. ábra egy egyszerű példa segítségével szemlélteti, hogyan egészítik ki egymást a téziseim. Az 1. tézis a modell (PEM-mátrix) elkészítéséről, felépítéséről szól; a 2. tézis a szintézist írja le, tehát az összes lehetséges megoldás megadását a PSSM/PSM algoritmus segítségével; a 3. tézis pedig az analízist – az adott korlátokat figyelembe vevő, adott célfüggvény szerint optimális projektterv meghatározását – tartalmazza (APS algoritmus).



4-1. ábra: A tézisek összefoglalása

T1: The matrix-based method developed during my research enables for logic planning of projects while (re)using the experience and templates derived from prior, similar projects or building on the opinion of experts to aggregate the different plans into one matrix. The diagonal of the matrix includes the task occurrences while the dependencies between tasks are represented in the off-diagonal cells.

T2: The matrix-based logic planning method, which was developed during my research, contains possible values that serves as base for specifying all solutions in two steps. In the first step all possible project scenarios can be specified based on the possible or uncertain task occurrences; then in the second step all possible project structures can be generated for each project scenario based on the possible or uncertain strength of relations.

Remark: The possible solutions can be ranked according to different objective functions (like the most important or most probable score value calculated based on the uncertain values of the project scenario and project structure; minimal lead time of the project plan).

T3: Based on the matrix-based logic planning method, which includes the possible or uncertain values belonging to project tasks and their dependencies, with the help of the agile project scheduling algorithm it is possible to determine that optimal solution which fits the specified objective function(s) (the highest calculated value of the project scenario and structure; the solution with the minimal cost, lead time or average resource need) and does not overstep the predetermined (time, resource and/or cost) constraint(s).

The logic planning method can be extended to the multilevel project planning as well. On the upper level the elements of the matrix are (sub)projects instead of tasks.

A tézisek ismertetése után a kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazhatóságáról és a további lehetséges kutatási területek feltárásáról írok. A téziseim helytállóságát a 4.2. alfejezetben ismertetett esettanulmányok segítségével támasztom alá. Ezek alapján a téziseimben foglaltak elsősorban informatikai projektek esetén alkalmazhatók, pontosabban informatikai infrastrukturális és szoftverfejlesztési projektek logikai tervezése során egyaránt. A mátrix-alapú módszer összeállítására (1. tézis) különösen a 4.2.1. és 4.2.2. alfejezetekben leírt esettanulmányokkal mutatok példát. A 2. és 3. tézisem igazolására szolgál a 4.2.3. alfejezetben leírt esettanulmány. A 4.2.4. alfejezet esettanulmánya pedig a logikai tervezéshez kidolgozott módszertannak a multiprojektek kezelésére vonatkozó kiterjesztését (3. tézis) mutatja be.

A vizsgált gyakorlati esettanulmányok alapján úgy gondolom, hogy az általam kidolgozott logikai tervezési módszerek általánosan alkalmazhatók minden olyan projekt esetén, amelyeknél figyelembe kell venni az elvégzendő tevékenységek, valamint a tevékenységek közötti rákövetkezések bizonytalanságát, vagyis elképzelhető tevékenységek és kapcsolatok elhagyása, vagy esetleg újak bevonása.

4.2. Az eredmények hasznosítása, további kutatási területek

Ahogy már a 3. fejezet elején írtam, kutatásom a projektek és üzleti folyamatok logikai tervezése területén a Tudományos Diákköri Konferenciára szaktársammal közösen készített dolgozatunkkal (Kiss – Török, 2007) kezdődött. A témához kapcsolódóan készítettem diplomadolgozatomat, továbbá egyetemi tanulmányaim végén és doktoranduszi éveim alatt is számos hazai és nemzetközi konferencián vettem részt szerzőtársaimmal, ahol bemutattuk a disszertációm témájához kapcsolódó kutatásaink eredményeit. A kutatás fő vonalát a mátrix-alapon nyugvó logikai tervezés biztosítja, amely lehetővé teszi, hogy a projekt tevékenységei és kapcsolatai rugalmasan, a bizonytalanságot figyelembe véve tervezhetők legyenek. Az alaplódszerhez több algoritmust is kidolgoztam, ahogy a téziseim is mutatják, továbbá néhány program, alkalmazás is készült a gyakorlatba való átültethetőség érdekében.

Témavezetőm iránymutatásainak segítségével néhány mesterszakos hallgatóval továbbgondoltuk, valamint számos fórumon bemutattuk, publikáltuk kutatásunk eredményeit, a módszerek felhasználhatóságát informatikai jellegű és karbantartási projektek esetén egyaránt, valamint több projekt egyidejű megvalósításának tervezése során. Az alábbi, 4-1. táblázat tartalmazza a kutatásomhoz kapcsolódó konferencián bemutatott, valamint a folyóiratokban, kiadványokban megjelent munkáink hivatkozásait.

Ahogy a felsorolt publikációkból is látható, a PEM-módszert a kutatócsoport tagjainak segítségével számos, különböző alkalmazási területről származó gyakorlati példán teszteltük: Innovációs projekt, ERP-rendszer bevezetési projekt, Szoftverfejlesztési projekt, Karbantartási projekt, Multiprojektek tervezése során. Az alapmodell (PEM) saját kutatásom eredménye, míg ennek továbbgondolása, kiterjesztése körök kezelésére (xPEM – eXtended PEM) Dr. Kosztyán Zsolt Tibor nevéhez fűződik. Németh Anikó

PhD kutatása keretében pedig a karbantartási projektek sajátosságaihoz igazítja a modellt (r^2 PEM – Risk or reliability based PEM).

4-1. táblázat: A kutatásom eredményeihez kapcsolódó publikációk gyűjteménye

Témakör	Publikáció(k)
logikai tervezés mátrix-alapú módszerekkel	Kiss – Török, 2007, 2008, 2009; Kosztján – Fejes – Kiss, 2008; Kosztján – Kiss – Török, 2008; Kosztján – Kiss, 2010a
korábbi projektek tapasztalatainak felhasználása PEM-módszer segítségével	Kiss – Kosztján, 2010
projekttervezés hagyományos és agilis projektek esetén mátrix-alapú módszerekkel, algoritmusokkal	Kiss, 2011; Kosztján – Kiss, 2011; Kiss, 2012; Kiss, 2013a; Kiss, 2013b
PEM alkalmazása informatikai projektek logikai tervezésére	Kiss, 2009; Kiss – Kosztján, 2009; Kosztján – Kiss, 2009; Kosztján – Hegedűs – Kiss – Németh – Borbás – Cserti, 2010; Kosztján – Kiss, 2010b, 2010c; Németh, 2010, 2011
PEM kiterjesztése karbantartási projektek tervezésére, ütemezésére	Bognár – Kosztján – Kiss – Gáspár, 2011; Hegedűs – Kiss – Cserti – Németh, 2010; Kiss – Kosztján – Németh – Bognár, 2011; Kosztján – Hegedűs – Kiss – Németh, 2010; Kosztján – Hegedűs – Kiss, 2010

Saját magam és a kutatócsoportunk közös célja, hogy szélesebb körben ismertté tegyük a munkánkat az akadémiai és a versenyszektorban egyaránt lehetőség szerint nemzetközi viszonylatban is. Ahogy a 4.2.5. alfejezetben is olvasható, több vonalon is elképzelhető a kutatásom folytatása.

4.2.1. A PEM-mátrix összeállítása vállalati projektek alapján

Egy autóipari vállalat szoftverfejlesztési projektjei által szemléltetem, hogyan lehet elkészíteni egy sablont Projekt Szakértői Mátrix segítségével korábbi, hasonló lépések alapján, amely felhasználható a soron következő projekt megtervezéséhez. Az F jelzés a német Freigabe (angolul release) kifejezésre utal, amely a szoftver adott fejlettségi szintű kiadását jelenti. A vállalatnál a szükséges hardver megfelelő fejlettségű szintjének elérése után a szoftverfejlesztés az F05-ös vagy F06-os fázisnál csatlakozik be egy autómárka újabb szériájának fejlesztésébe. Az egyes kiadások értelmezése ügyfelektől és projektektől függően némiképp eltérhet, a továbbiakban egy általános, tömör leírást adok a későbbi mátrixokban szereplő fázisok lezárásainak jelentéséről.

Az F05-ös kiadás a szoftver hardverközeli alapvető funkcionalitására koncentrál. Az F06-os kiadás esetén az alapfunkciók már az autóra vannak szabva, ezután már csak finomhangolás történik rajtuk, valamint az új funkciók fejlesztése folytatódik. Az ügyfélspecifikus funkciók az F06-os kiadások során kerülnek a szoftverbe. A szoftver működésének tesztelése alapján előfordulhatnak újabb kiadások, amelyek a termék megfelelőségének javítására szolgálnak. Az F07-es kiadás során a szoftver már megfelel az elvárásoknak. Az F07/2 általában a kisszériás gyártás megkezdését jelenti. Az F08 a széria végső kiadását jelenti, amely már sorozatgyártásba kerül. Ez jelenti a projekt zárását. Efelőtt már csak kritikus hibák javítása kapcsán lehet igény újabb kiadásra.

Minden főbb fázisnál előfordulhatnak újabb kiadások, amelyeket a fázis száma utáni sorszám jelöl. A 4-2. ábra hét korábbi szoftverfejlesztési projekt fázisait mutatja. Az utolsó sorban összegeztem a gyakoriságot, vagyis melyik fázis hány projekt esetében fordult elő. Az egyes fázisok egymást sorosan követik, ezért ebben az esetben nem fontos a rákövetkezőkkel foglalkozni.

Project ID	F05 /2 /3 /4	F55 /2 /3	F06 /2 /3 /4	F07 /2 /3 /4 /5 /6 /7 /8 /9 /10 /11	F08 /2 /3 /4 /5 /6 /7 /8 /9
A		X X X	X	X X	X
B	X	X X	X X X X	X X X X X X X X X X	X X
C	X	X	X	X X X X X X	X
D	X X	X X	X X	X	
E	X		X	X X X X	X X X X X X X X X
F	X X			X	X
G	X		X X X	X X	X
Σ	6 2 1 1	3 2 1	6 3 2 1	7 5 3 3 2 2 1 1 1 1 1	6 2 1 1 1 1 1 1 1

4-2. ábra: A projektek (A-G) során előforduló fázisok gyakorisága

A gyakoriságokat figyelembe véve készíthető egy általános logikai terv, egy sablon, ami későbbi, hasonló projektek tervezésére is felhasználható. A készített modellen (4-3. ábra) az egyszerűség kedvéért az adott fázishoz tartozó kiadásokat összevontam. Az „x” a lehetséges további kiadásokat jelöli a főbb fázisok esetén, amelyek száma 0-tól akár 20-ig is terjedhet az adott projektől függően.

PEM	F05	F05/x	F55	F06	F06/2	F06/x	F07	F07/2	F07/x	F08	F08/x
F05	?	X	?	?							
F05/x		?	?	?							
F55			?	?							
F06				X	X		?				
F06/2					?	X	?				
F06/x						?	?				
F07							X	X		?	
F07/2								?	X	?	
F07/x									?	?	
F08										X	X
F08/x											?

4-3. ábra: A szoftverfejlesztési projektek általános modellje

Az általános terv alapján mutatok egy példát egy már folyamatban levő projekt (H) kiinduló tervére és adott fázisban újragondolt tervére.

PEM	F05	F55	F06	F06/2	F07	F07/2	F07/x	F08	F08/x
F05	?	?	?						
F55		?	?						
F06			X	X	?				
F06/2				?	?				
F07					X	X		?	
F07/2						?	X	?	
F07/x							?	?	
F08								X	X
F08/x									?

4-4. ábra: A szoftverfejlesztési projekt (H) kiinduló terve

A fejlesztési projektnél nem várt hibák merültek fel, ezért az F07-es fázis helyett F06/3-as kiadás lett, a későbbiek pedig csúsztak. Ennél a pontnál érdemes volt újratervezni a projektet. Előreláthatólag szükség lesz 3 vagy 4 „release”-re is, mire sorozatgyártásba kerülhet a termék. A tesztek eredményeitől függően előfordulhat, hogy a projekt lezárása előtt még egyszer át kell gondolni a terveket, ha a szoftver még további „finomításra” szorul.

Látható, hogy a nyomkövetés során a biztossá vált fázisokat és rákövetkezéseiket X-szel jelöltem, még a tervekben rejlő bizonytalanságot ?-jellel fejeztem ki. A tervezés során akár jelekkel, de akár konkrét számokkal is kifejezhetjük a tevékenységek bekövetkezésének bizonytalanságát. Ezek a számok akár a korábbi projekttervek alapján számolt gyakoriságokból is számolhatók (hány esetben fordult elő az adott fázis / összesen hány korábbi, hasonló esetről áll rendelkezésre információ).

PEM	F05	F55	F55/2	F06	F06/2	F06/3	F07	F07/2	F07/3	F07/4	F08	F08/x
F05	X	X										
F55		X	X									
F55/2			X	X								
F06				X	X							
F06/2					X	X						
F06/3						X	X					
F07							X	X			?	
F07/2								X	X		?	
F07/3									X	X	?	
F07/4										?	?	
F08											X	X
F08/x												?

4-5. ábra: A szoftverfejlesztési projekt általános modellje

A PEM-módszerrel akár az egyes kiadásokhoz kapcsolódó tevékenységsorozatot is megjeleníthető, leképezhető, vagyis minden fázis részletezhető. Ezt a következő ábrán szemléltetem általánosan. Így lehetőség van többszintű projektterv készítésére is.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Követelmény beérkezés	?	x	x									
2	Van új követelmény		? xor3				x						
3	Nincs új követelmény			xor2	x	x							
4	Van sikertelen teszt				? xor5		x						
5	Nincs sikertelen teszt					xor4				x			
6	Elemzés						?	x	x				
7	Szükséges új implementáció							? xor8				x	
8	Nem szükséges új implementáció								xor7	x	x		
9	A funkció jól működik									? xor10			
10	A funkció nem megvalósítható										xor9		
11	Implementáció											?	x
12	Tesztelés				x	x							?

4-6. ábra: A "kiadási ciklus" tevékenységei

A fenti példából is látható, hogy a PEM-mátrix tervezéshez, továbbá a tervek átgondolásához is használható, a projekt nyomonkövetésére is alkalmas szoftverfejlesztési projektek esetén.

4.2.2. A kutatás eredményeinek alkalmazása egy esettanulmányra

A továbbiakban a Papp Ottó (2005) által kidolgozott esettanulmányt ismertetem, amelyben felmerül egyes tevékenységek más tevékenységekkel történő helyettesítése, egyes függőségek megszüntetése, helyettük más kapcsolatok létrehozása. Ezeket a felmerült problémákat csak újabb hálótérvek elkészítésével lehet kezelni, egyetlen hálóterven nem lehet megfelelően feltüntetni a változtatásokat, illetve a lehetséges tevékenységeket és kapcsolatokat. Az esettanulmány alapján mutatom be, hogy az általam kidolgozott Projekt Szakértői Mátrix segítségével a hálótérvekhez képest, egyszerűbben és átláthatóbban lehet terveket megjeleníteni, átgondolni, átdolgozni, változtatni, valamint a különböző lehetséges logikai terveket egyetlen modellbe foglalni.

Az esettanulmány a „számítógépes információs rendszer kiépítése és a rendszerfejlesztési projekt átfutási idejének csökkentését célzó döntések megalapozása” címet viseli. A cég számára elengedhetetlen a számítógépes információs rendszer kialakítása és beüzemelése, amelynek teljes átfutási ideje az ütemterv alapján 70 hét. Azonban különböző kényszerítő hatások miatt legkésőbb az 50. hétre be kell fejezni a projektet, tehát a számolt reális átfutási időt kb. 30%-kal kell rövidíteni.

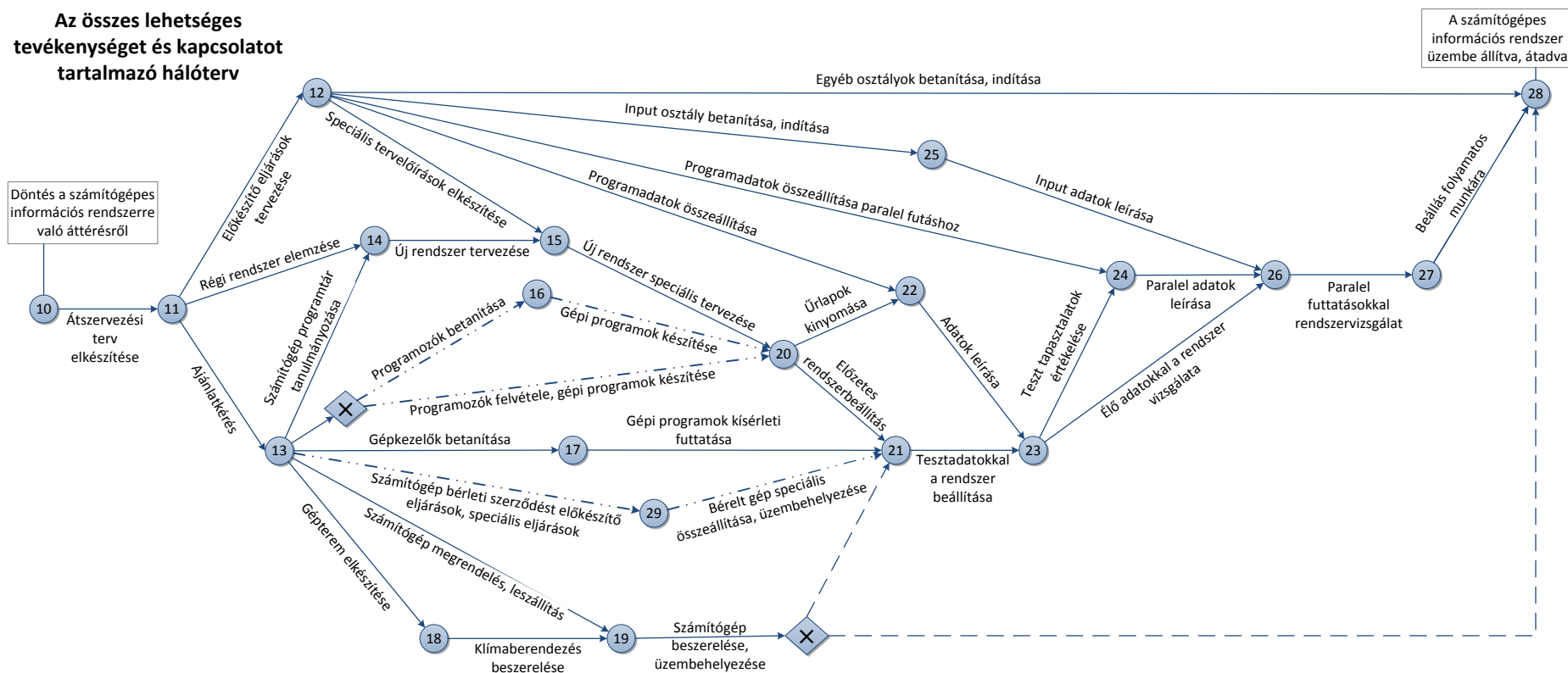
Adódik a gondolat, hogy minden tevékenységet gyorsabban kell végrehajtani, hogy tartható legyen a kitűzött cél, azonban Papp (2005) kihasználja a hálós technikákban

rejlő lehetőségeket, megvizsgálja a legkorábbi és legkésőbbi kezdési időket, kiszámolja a tartalékidőket. Megfogalmazza ezen technikák tanulságát, miszerint a projekt tevékenységei, részmunkái rangsorolhatók a tartalékidők szerint, a projekt gyorsítása érdekében elég a kritikus úton levő tevékenységeket és sorrendjüket átgondolni, szükség esetén a kritikus tevékenységek időtartamát csökkenteni; a tartalékidővel rendelkező tevékenységek gyorsítása csupán a költségeket növelné.

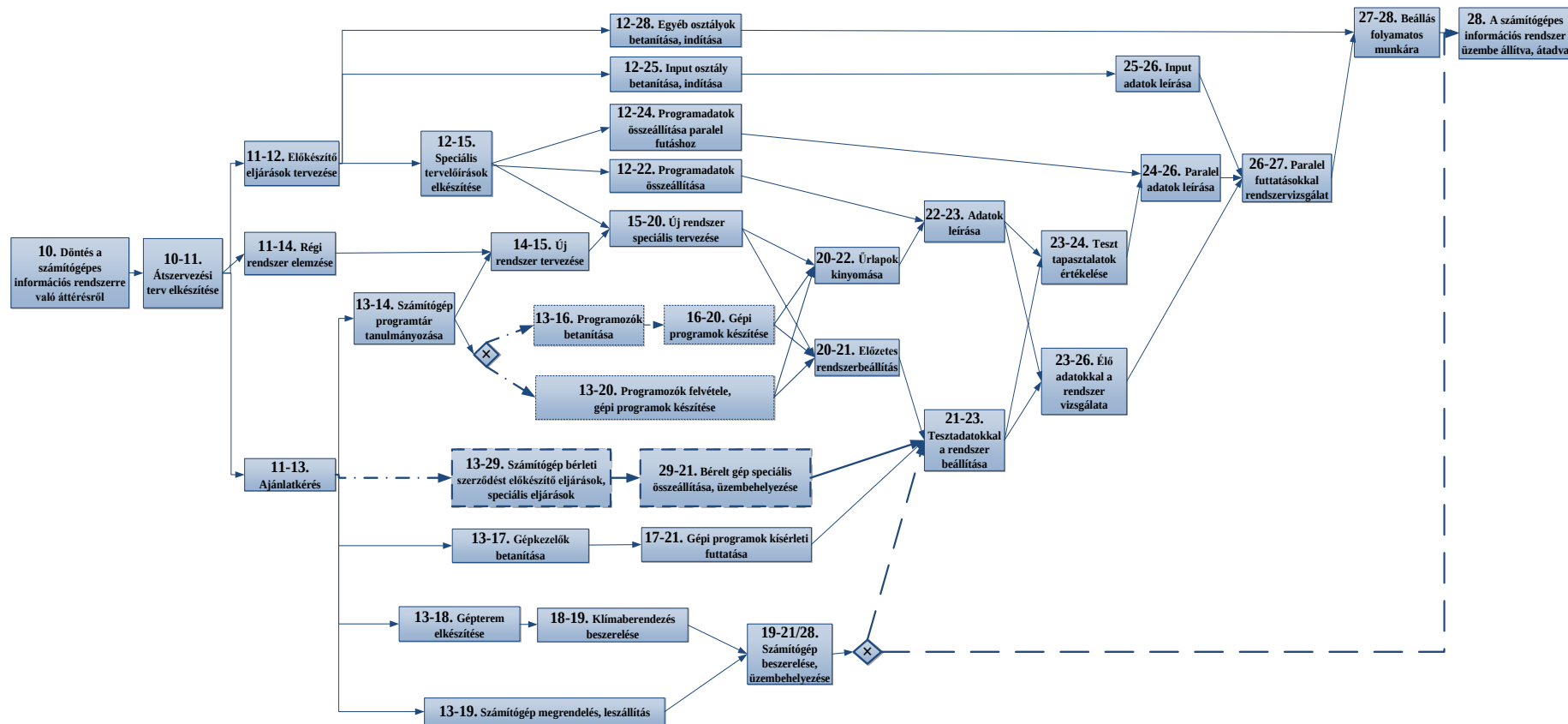
Következő lépésben azt vizsgálja, hogy milyen lehetőségek léteznek a kritikus út rövidítésére jelentős többletköltség nélkül. Felmerül az 50 hét időtartamú 13-19-es tevékenységnek (számítógép megrendelése és leszállítása) a többivel párhuzamosan történő végrehajtásának gondolata, hiszen csak így valósítható meg, hogy az egész projekt átfutási ideje beleférjen az időkorlátba tevékenységek elhagyása nélkül. A függőség megszüntetése két új, egymás után következő tevékenység (13-29 és 29-21) segítségével lehetséges ('*implikáció*'), így nem kell megvárni az új számítógép beszerzését, hanem akár bérelt számítógépen is történhet a rendszer beállítása. Így a beszerzés már nincs hatással a rendszerbeállításra. Ennek megfelelően a 13-19-es tevékenységet már nem a 21-23-as tesztelés, hanem a számítógép beszerelése és a rendszer átadása esemény (28) követheti ('*kizáró vagy*'). A számítógépbérlés megnöveli ugyan a költségeket, azonban ez elhanyagolható ahhoz a megtakarításhoz képest, amit a terv 18 héttel történő rövidítése jelent.

A 4-7. ábra tevékenység-nyíl típusú, míg a 4-8. ábra tevékenység csomópontú hálóként jeleníti meg az összes lehetőséget, amit Papp (2005) négy hálóterv segítségével szemléltetett esettanulmányában. A szaggatott vonalak segítségével jelöltem a lehetséges rákövetkezéseket a 19-21 és 19-28 csomópontok között; míg a pontozott-szaggatott vonalak a lehetséges tevékenységeket jelölik (13-29-21; 13-16-20 vagy 13-20). A rombuszba tett '×'-ek a döntési helyzeteket reprezentálják mind tevékenységek, mind rákövetkezések esetén.

Ahogy látható az előbbi ábrákon, a hálótervek képesek megjeleníteni döntési helyzeteket, szaggatott vonallal a tevékenységek és kapcsolatok bizonytalanságát, azonban a különböző logikai műveleteket (3.1.4. alfejezet) nem tudják kezelni. Ezért elkészítettem az esettanulmány PEM-mátrixát (4-9. ábra).



4-7. ábra: A lehetséges tevékenységek és kapcsolatok megjelenítése tevékenység-níl hálótervként



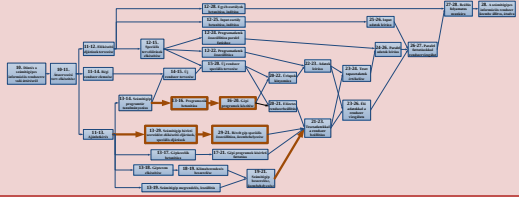
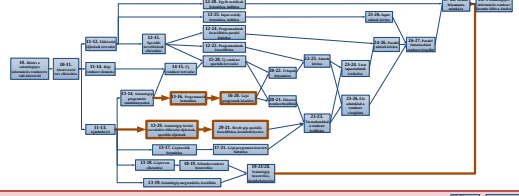
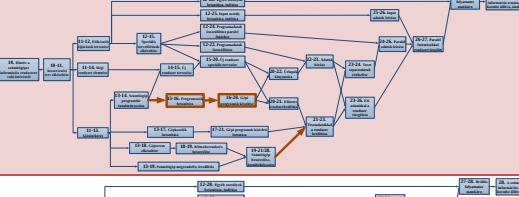
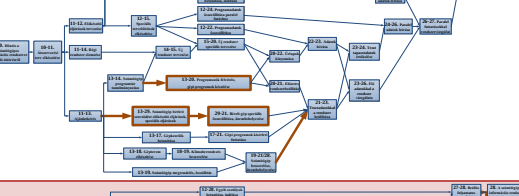
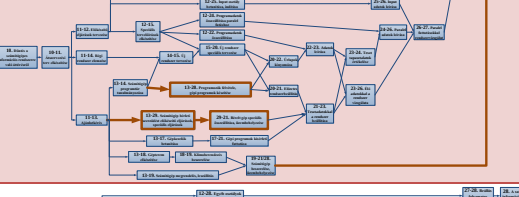
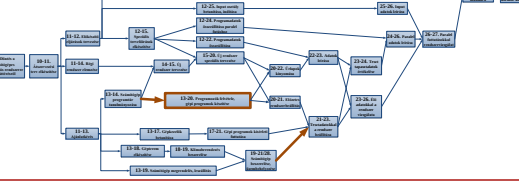
4-8. ábra: A lehetséges tevékenységek és kapcsolatok megjelenítése tevékenység csomópontú hálótérként

Számítógépes információs rendszer kiépítése projekt PEM-mátrixa		10	11	11	11	12	12	12	12	12	13	16	13	13	14	15	17	13	18	19	20	13	29	21	22	23	24	25	26	27	28	Időtartam (hét)	
10	Döntés a számítógépes információs rendszerre való áttérésről	x	x																													0	
10	11 Átszervezési terv elkészítése	x	x	x	x																											3	
11	12 Előkészítő eljárások tervezése		x			x	x	x	x	x																						5	
11	13 Ajánlatkérés			x							x	x	x	x	x				x					x								4	
11	14 Régi rendszer elemzése				x											x																5	
12	15 Speciális tervelőírások elkészítése					x										x																7	
12	22 Programadatok összeállítása					x																			x							4	
12	24 Programadatok összeállítása paralell futáshoz							x																				x				5	
12	25 Input osztály betanítása, indítása								x																				x			5	
12	28 Egyéb osztályok betanítása, indítása									x																					x	5	
13	14 Számítógép programtár tanulmányozása										x					x																2	
13	16 Programozók betanítása											?	x																			10	
16	20 Gépi programok készítése												x									x	x									22	
13	20 Programozók felvétele, gépi programok készítése												x	?									x	x								29	
13	17 Gépközelők betanítása													x			x															7	
13	19 Számítógép megrendelés, leszállítása														x																	40	
14	15 Új rendszer tervezése															x	x															15	
15	20 Új rendszer speciális tervezése																x							x								4	
17	21 Gépi programok kísérleti futtatása																	x								x						22	
13	18 Gépterem előkészítése																		x	x												10	
18	19 Klímaberendezés szerelése																			x	x											1	
19	21 Számítógép beszerelése, üzembe helyezése																				x										?	(x21)	2
20	21 Előzetes rendszer beállítása																					x										4	
20	22 Úrlapok kinyomása																						x									2	
13	29 Számítógép bérleti szerződést előkészítő eljárások, speciális előírások																															5	
29	21 Bérelt gép speciális összeállítása, üzembe helyezése																															5	
21	23 Tesztadatokkal a rendszer beállítása																									x		x	x			2	
22	23 Adatok leírása																										x	x	x			1	
23	24 Teszt tapasztalatok értékelése																											x		x		1	
23	26 Élő adatokkal a rendszer vizsgálata																												x		x	1	
24	26 Paralell adatok leírása																												x		x	1	
25	26 Input adatok leírása																													x	x	1	
26	27 Paralell futtatásokkal rendszer vizsgálat																														x	x	4
27	28 Beállítás folyamatos munkára																														x	x	1
28	A számítógépes információs rendszer üzembeállítása, átadva																														x	0	

4-9. ábra: A számítógépes információs rendszer kiépítése projekt PEM-mátrixa

A PEM-mátrix átlójában '?' segítségével jelöltem a tervben az átfutási idő rövidítése érdekében elhagyható (13-16, 16-20), valamint az elhagyandó alternatívájaként megjelenő összevont tevékenységek (13-20) előfordulásának bizonytalanságát (ezek egymást *kizáró* lehetőségek, amelyet 'x'-szel jelöltem), továbbá a projekt gyorsítása érdekében bevezetett új tevékenységek (13-29, 29-21) előfordulásának bizonytalanságát. Az átlón kívüli cellákban egyes függőségek megszüntetésének (19-21), új lehetséges rákövetkezések létrehozásának (19-28) megjelenítésére használtam a '?'-eket a lehetséges kapcsolatok jelölésére (az 'x21' és 'x28' jelölések szintén '*kizáró* vagy' operátort jelölnek, tehát a két rákövetkezés közül csak az egyik valósulhat meg).

4-2. táblázat: Az esettanulmányhoz tartozó összes lehetséges projektstruktúra összehasonlítása

13-16-20?	13-29-21?	19-21 v. 19-28?	Projektstruktúra háló formában	Átfutási ideje
✓	✓	19-21		58 hét
✓	✓	19-28		52 hét
✓	x	19-21		70 hét
x	✓	19-21		60 hét
x	✓	19-28		49 hét
x	x	19-21		67 hét

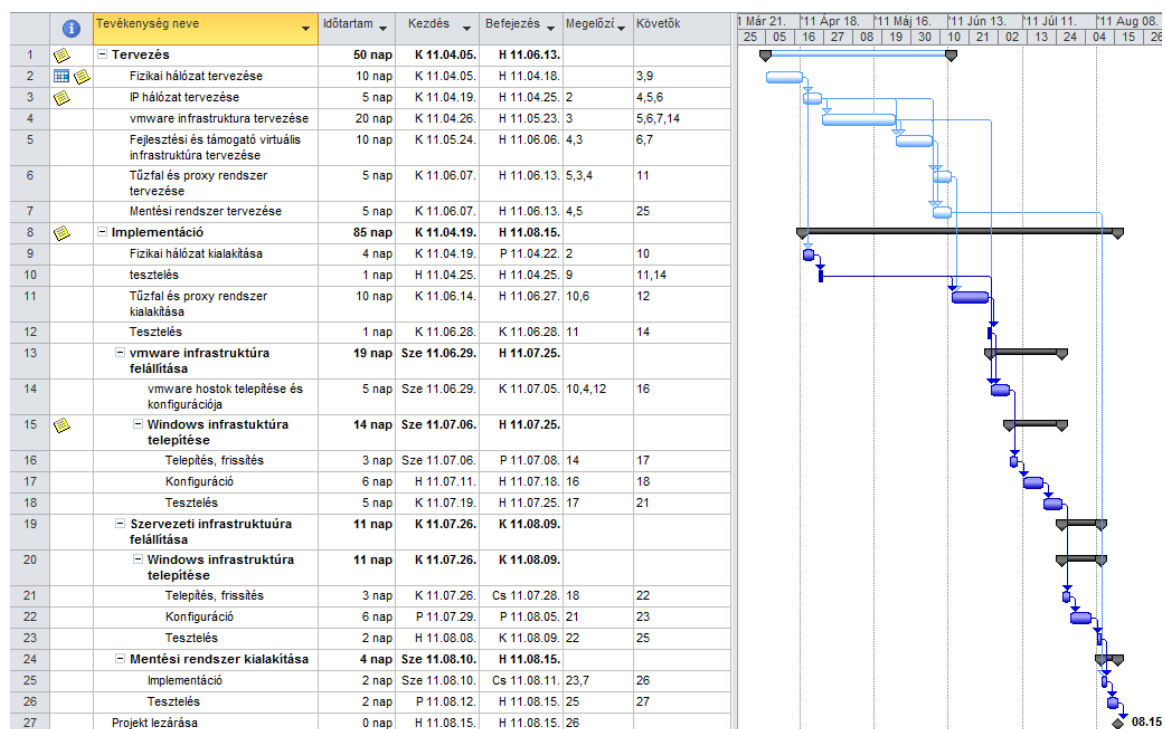
Ha nem használjuk a 13-29-21-es alternatív tevékenységet, akkor a 19-es csomópontból csak a 21-es csomópontba mutathat nyíl. Amennyiben van alternatív tevékenység, akkor van lehetőség a rákövetkezés feloldására, és a 19-es csomópontból a 21-es helyett a 28-as csomópontba kötni a tevékenységet. Ezt a megoldást az alábbi jelöléssel ábrázoltam a PEM-mátrix megfelelő cellájában: “x ($\neg$ 13-29) $\times$? ($\times$ 28)”. Ez azt jelenti, hogy amennyiben nem vezetjük be a 13-29-es alternatív tevékenységet ($\neg$ 13-29), akkor szigorú rákövetkezés (x) van a 19-21 és 21-23 tevékenységek között. Azonban amennyiben létezik az alternatív tevékenység, akkor megválasztható, hogy a 19-es csomópontból a 21-es vagy 28-as csomópontba mutasson a nyíl (ennek a bizonytalanságát jelöli a ‘?’-jel, a zárójelbe tett ‘ $\times$ ’-jel és utána a szám pedig a két csomópont közötti választásra utal (‘kizáró vagy’)). Az x és a ? közötti ‘ $\times$ ’-jel arra utal, hogy a biztos és bizonytalan rákövetkezés közül csak az egyik valósul meg a feltételtől (13-29 létezik vagy sem) függően.

Papp (2005) a hálótérmet használta szimulációs modellnek, azonban mátrix-alapú tervezési módszer segítségével egyszerűbb a logikai tervek újragondolása. Ahogy az esettanulmány alapján is látható, a PEM-mátrix segítségével lehetséges alternatívák, lehetséges tevékenységek és lehetséges rákövetkezések is megjeleníthetők. Már a logikai tervek szintjén van lehetőség a tevékenységek és a kapcsolatok bizonytalanságának kezelésére. A mátrix kibővítésével megjeleníthetők a tevékenységek időtartamai, át lehet gondolni, mely tevékenységek időtartama csökkenthető. Az időtartamok alapján kalkulálható a projekt átfutási ideje, és meghatározhatók a kritikus úton levő tevékenységek.

Az esettanulmányban mindössze három különböző logikai tervet készített a szerző, azonban attól függően, hogy összevonunk-e két tevékenységet vagy sem (13-20 vagy 13-16-20), beépítünk-e új tevékenységeket a logikai tervbe (13-29-21) vagy sem, továbbá a függőséget hogyan határozzuk meg (19-21 vagy 19-28), összesen hat lehetséges projektstruktúra képezhető a logikai operátorok figyelembe vételével, ahogy a 4-2. táblázat mutatja. (Az átfutási idő kiszámításánál az esettanulmányban lerövidített tevékenység időtartamokkal számoltam.) A lehetséges megoldások közül a Papp (2005) esettanulmányában meghatározott projektstruktúra jelenti a legrövidebb idő (49 hét) alatt végrehajtható projekttervet.

4.2.3. A kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazása egy vállalati példára

A továbbiakban gyakorlati példákon keresztül mutatom be a kutatásom során kidolgozott PEM-módszer és algoritmusainak használhatóságát. Először is egy informatikai projekt terve (4-10. ábra) alapján készítettem el a PEM-mátrixot a projekt szakértőjének segítségével.



4-10. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt eredeti projektterve

PEM - Cloud infrastruktúra kialakítása projekt		Tervezés						Implementáció													
		Fizikai hálózat tervezése	IP hálózat tervezése	vmware infrastruktúra tervezése	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	Mentési rendszer tervezése	Fizikai hálózat kialakítása	Fizikai hálózat tesztelése	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	Tesztelés	vmware infrastruktúra felállítása			Szervezeti infrastruktúra felállítása			Mentési rendszer kialakítása			
												vmware hostok telepítése és konfigurációja	Windows infrastruktúra telepítése		Windows infrastruktúra telepítése						
													Telepítés, frissítés	Konfiguráció	Tesztelés	Telepítés, frissítés	Konfiguráció	Tesztelés	Implementáció	Tesztelés	
T e r v e z é s	Fizikai hálózat tervezése	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IP hálózat tervezése	0	1	1	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	vmware infrastruktúra tervezése	0	0	1	0,2	0,5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	0	0	0	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mentési rendszer tervezése	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
I m p l e m e n t á c i ó	Fizikai hálózat kialakítása		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fizikai hálózat tesztelése		0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tesztelés		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	vmware infrastruktúra felállítása	vmware hostok telepítése és konfigurációja		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0	0	0
	Szervezeti infrastruktúra felállítása	Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	1
	Mentési rendszer kialakítása		Implementáció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4-11. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt PEM-mátrixa

A 4-11. ábra tartalmazza a projektterv PEM-mátrixát. A 4-10. ábra projektterve tartalmazza az egyes tevékenységek elvégzéséhez szükséges időtartamokat napban kifejezve. Feltételeztük, hogy minden egyes tevékenység elvégzéséhez egy-egy szakértő szükséges, akiknek a napibére az egyszerűség kedvéért 10 ezer Ft, ez alapján lehet kalkulálni az egyes tevékenységek elvégzésének költségét az időtartam függvényében. Az esettanulmány alapján bemutatom mindkettő algoritmus működését különböző projekt típusok esetén.

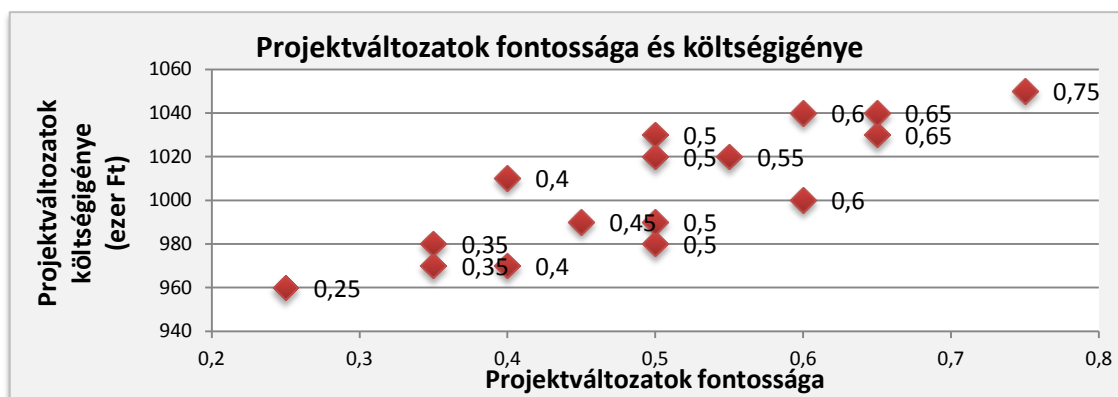
A PEM alkalmazása hagyományos projekttervezés esetén

A projektterv négy bizonytalan tevékenységet tartalmaz, ebből következően $2^4=16$ lehetséges projektváltozat képezhető a segítségükkel. Az alábbi, 4-3. táblázat tartalmazza a lehetséges projektváltozatokat megvalósulási értékek szerint csökkenő sorba rendezve, azonos értékek esetén a költségigények növekvő sorrendjében, a 4-12. ábra pedig a fontossági értékek és költségigények alapján jeleníti meg a projektváltozatokat.

4-3. táblázat: A projektváltozatokhoz tartozó értékek a bizonytalan tevékenységek alapján

Projekt-változat	Valószínűsége	Fontossága	Összege	Szorzata	Költség-igénye
1.	0,7483	0,7500	3,0000	0,3136	1050
2.	0,6055	0,6500	2,6000	0,1344	1030
9.	0,6055	0,6500	2,6000	0,1344	1040
3.	0,5292	0,6000	2,4000	0,0784	1000
5.	0,5292	0,6000	2,4000	0,0784	1040
10.	0,4899	0,5500	2,2000	0,0576	1020
4.	0,4281	0,5000	2,0000	0,0336	980
11.	0,4281	0,5000	2,0000	0,0336	990
6.	0,4281	0,5000	2,0000	0,0336	1020
13.	0,4281	0,5000	2,0000	0,0336	1030
7.	0,3742	0,4500	1,8000	0,0196	990
12.	0,3464	0,4000	1,6000	0,0144	970
14.	0,3464	0,4000	1,6000	0,0144	1010
8.	0,3027	0,3500	1,4000	0,0084	970
15.	0,3027	0,3500	1,4000	0,0084	980
16.	0,2449	0,2500	1,0000	0,0036	960

A PEM-mátrix kiinduló értékei alapján a legelső projektváltozat jelenti a legjobb megoldást a megvalósulási értékek alapján a különböző számítási módok esetén is, hiszen 0,5-es érték fölött inkább a tevékenység megvalósulása esélyes. Költségek tekintetében azonban a legutolsó projektváltozat a legjobb választás, értelemszerűen minél kevesebb a megvalósítandó tevékenység, annál kisebb a költségigénye.



4-12. ábra: A projektváltozatokhoz tartozó fontossági értékek és költségigények

Az összes projektváltozathoz összesen 384 lehetséges projektstruktúra készíthető, ezért célszerű már az első lépésnél szűkíteni a vizsgálandó megoldásokat. Ha a célfüggvény a legnagyobb megvalósulási valószínűséggel vagy fontossággal rendelkező projektváltozat, akkor a legelső projektváltozatot kell választani. Ebben az esetben a bizonytalan kapcsolaterősségek száma öt, így összesen $2^5=32$ lehetséges projektstruktúra képezhető.

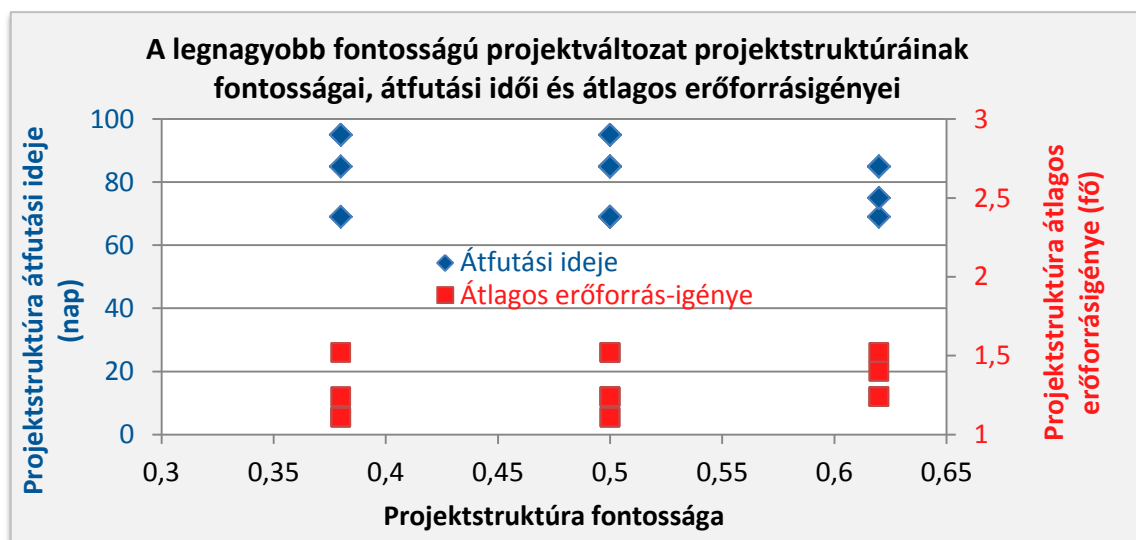
4-4. táblázat: A lehetséges projektstruktúrákhoz tartozó értékek az 1. projektváltozat bizonytalan kapcsolatai alapján

Projekt-struktúra	Valószínűsége	Fontossága	Összege	Szorzata	Átfutási ideje	Átlagos erőforrás-igénye
1.15.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	69	1,52
1.16.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	69	1,52
1.13.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	75	1,40
1.14.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	75	1,40
1.10.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	85	1,24
1.11.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	85	1,24
1.12.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	85	1,24
1.9.	0,6034	0,6200	3,1000	0,0800	85	1,24
1.29.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.30.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.31.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.32.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.7.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.8.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	69	1,52
1.25.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.26.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.27.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.28.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.3.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.4.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	85	1,24
1.1.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	95	1,11
1.2.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	95	1,11
1.5.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	95	1,11
1.6.	0,4573	0,5000	2,5000	0,0200	95	1,11
1.23.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	69	1,52
1.24.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	69	1,52
1.19.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	85	1,24
1.20.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	85	1,24
1.17.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	95	1,11
1.18.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	95	1,11
1.21.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	95	1,11
1.22.	0,3466	0,3800	1,9000	0,0050	95	1,11

A 4-4. táblázatban található az 1. projektváltozat lehetséges projektstruktúráihoz tartozó bekövetkezési értékek, valamint a megoldások átfutási ideje és erőforrásigénye. A projektstruktúrák bekövetkezési értékek szerint csökkenő, egyezőség esetén idő és erőforrás alapján növekvő sorba rendezve láthatók.

(Érdemes megjegyezni, hogy az összes lehetséges projektváltozat és az egyes változatok összes lehetséges projektstruktúrájának elkészítése, továbbá a megvalósulási és bekövetkezési értékeik, valamint a költség-, idő- és erőforrásszükségletüknek a kiszámítása mindössze 15 másodpercig tartott a PGRA MATLAB-alkalmazás számára, ami könnyen belátható, hogy nagyban megkönnyíti a PEM-módszer alkalmazhatóságát, hiszen manuálisan több óráig is eltartana az összes lehetséges megoldás, illetve azok értékeinek a meghatározása.)

A projektstruktúrákat diagram formában is megjelenítettem a fontossági értékek, az átfutási idő és az átlagos erőforrásigény alapján (4-13. ábra).



4-13. ábra: A legnagyobb fontosságú projektváltozat projektstruktúráihoz számolt értékek

A projektstruktúrák esetén a célfüggvény a legnagyobb bekövetkezési értékkel rendelkező megoldás meghatározása (a másodlagos célfüggvény a legkisebb átfutási idejű, a harmadlagos célfüggvény a legkisebb erőforrásigényű projektstruktúra). Az 1.15. és az 1.16. számú projektstruktúra eredményei megegyeznek, így bekövetkezési érték, átfutási idő és átlagos erőforrásigény alapján teljesen mindegy, hogy melyiket választják. A 4-14. ábra és 4-15. ábra mutatja a célfüggvénynek megfelelő optimális megoldás DSM-mátrixát (az 1.15. és az 1.16. számú projektstruktúra alapján).

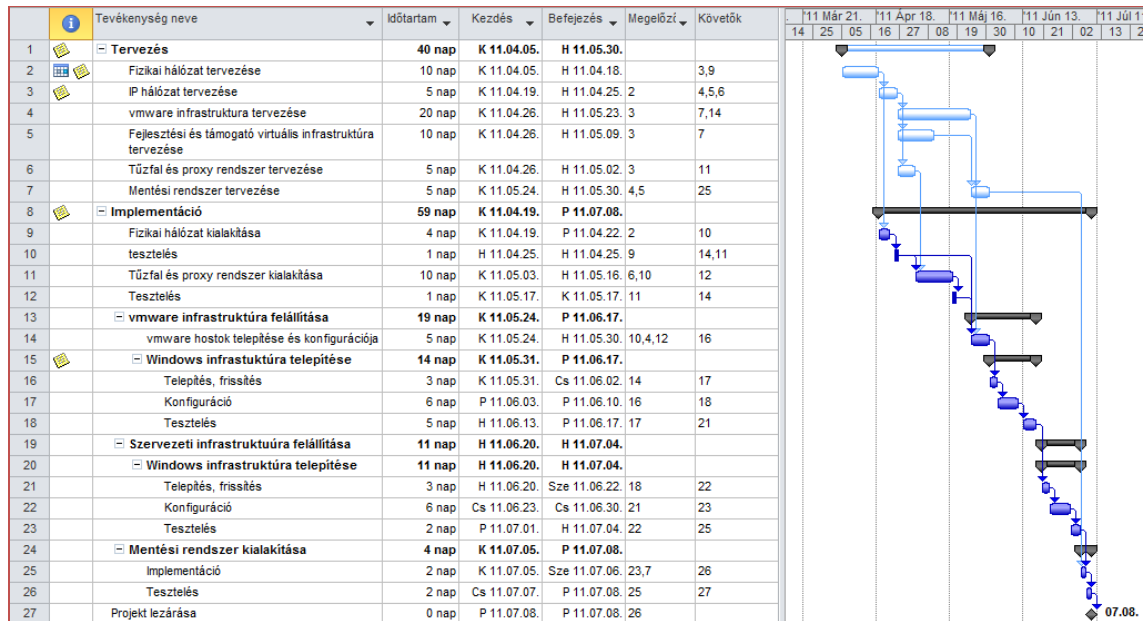
DSM 1.15 Cloud infrastruktúra kialakítása projekt		Tervezés							Implementáció													
		Fizikai hálózat tervezése	IP hálózat tervezése	vmware infrastruktúra tervezése	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	Mentési rendszer tervezése	Fizikai hálózat kialakítása	Fizikai hálózat tesztelése	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	Tesztelés	vmware infrastruktúra felállítása				Szervezeti infrastruktúra felállítása				Mentési rendszer felállítása		
												VMware hosztok telepítése és konfigurációja	Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	Konfiguráció	Tesztelés	Telepítés, frissítés	Konfiguráció	Tesztelés	Implementáció	Tesztelés	
T e r v e z é s	Fizikai hálózat tervezése	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IP hálózat tervezése	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	vmware infrastruktúra tervezése	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I m p l e m e n t é s	Mentési rendszer tervezése	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Fizikai hálózat kialakítása	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Fizikai hálózat tesztelése	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	vmware infrastruktúra felállítása	vmware hosztok telepítése és konfigurációja		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Szervezeti infrastruktúra felállítása	Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	Mentési rendszer kialakítása	Implementáció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Tesztelés		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

4-14. ábra: A “cloud infrastruktúra kialakítása” projekt optimális megoldásának DSM-mátrixa (1.15)

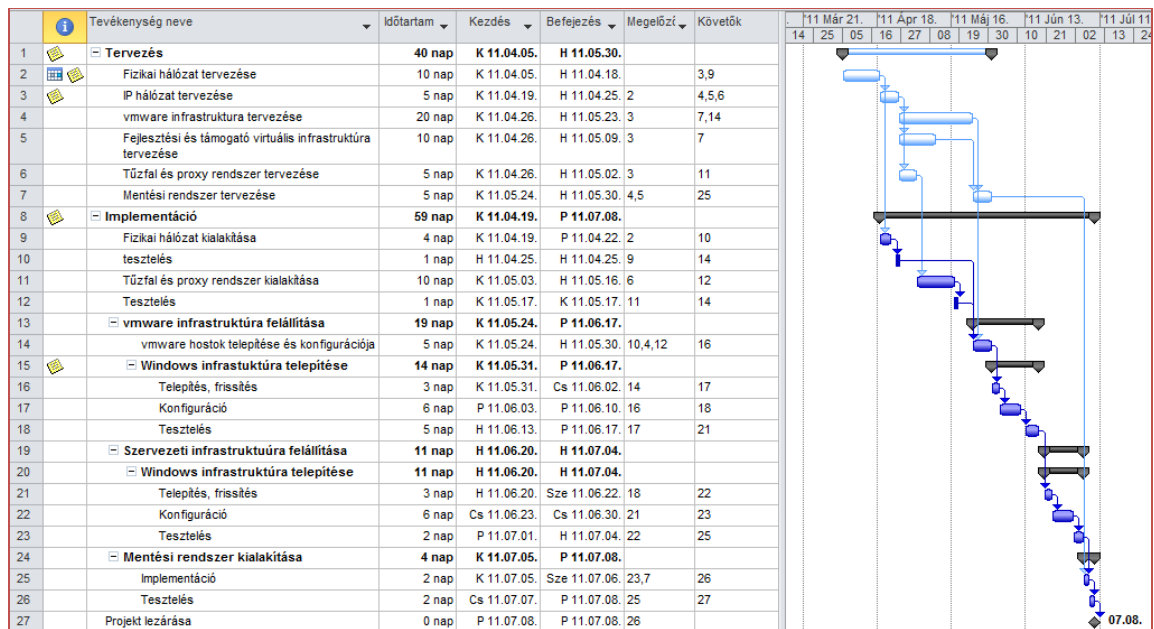
DSM 1.16 Cloud infrastruktúra kialakítása projekt		Tervezés							Implementáció													
		Fizikai hálózat tervezése	IP hálózat tervezése	vmware infrastruktúra tervezése	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	Mentési rendszer tervezése	Fizikai hálózat kialakítása	Fizikai hálózat tesztelése	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	Tesztelés	vmware hostok telepítése és konfigurációja	Windows infrastruktúra telepítése		Szervezeti infrastruktúra telepítése		Mentési rendszer kialakítása					
T e r v e z é s	Fizikai hálózat tervezése	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	IP hálózat tervezése	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	vmware infrastruktúra tervezése	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Mentési rendszer tervezése	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
I m p l e m e n t é s	Fizikai hálózat kialakítása	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Fizikai hálózat tesztelése	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	vmware infrastruktúra felállítása	vmware hostok telepítése és konfigurációja		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
		Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
			Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	Szervezeti infrastruktúra felállítása	Windows infrastruktúra telepítése	Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
			Tesztelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
			Implementáció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Mentési rendszer kialakítása	Tesztelés		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

4-15. ábra: A “cloud infrastruktúra kialakítása” projekt optimális megoldásának DSM-mátrixa (1.16)

Elkészítettem az optimális megoldásokhoz tartozó projektterveket Microsoft Project segítségével (4-16. ábra és 4-17. ábra), ahol a rákövetkezőseket csak a legalsó, tehát a tevékenységek szintjén tüntettem fel a 4-14. ábra és a 4-15. ábra DSM-mátrixa alapján.



4-16. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt optimális terve (1.15) MS Projectben



4-17. ábra: A "cloud infrastruktúra kialakítása" projekt optimális terve (1.16) MS Projectben

A 4-4. táblázat 1.1. számú projektstruktúrája esetén van jelen az összes lehetséges kapcsolaterősség a bináris kombinációképzésnek köszönhetően. Így az 1.1. projektstruktúra (ami az eredeti projekttervet jeleníti meg) átfutási ideje a leghosszabb (95 nap). Ezzel szemben az optimális megoldásnak tekinthető 1.15. és 1.16. projektstruktúra átfutási ideje 69 nap. Megállapítható, hogy a PEM-mátrix lehetséges értékei alapján logikai tervek szintjén újragondolt projektterv esetén 27,4%-kal rövidíthető a projekt. Értelemszerűen az átfutási idő csökkenése az átlagos erőforrásigény növekedését vonja maga után, ami jelen esetben 1,11-ről 1,52-ra növekedett. Ez mindaddig nem okoz problémát, amíg nem kell erőforráskorláttal számolni.

A PEM alkalmazása agilis projekttervezés esetén

A továbbiakban az előbbi esettanulmányt vizsgálom abban az esetben, amikor figyelembe kell venni a projekt során többféle korlátot is. Először is nézzük azt az esetet, amikor a projekt költségvetése 1.000 eFt (Lc), a tevékenységek elvégzésére 70 munkanap (Ld) áll rendelkezésre, továbbá 2 informatikus (Lr) tud ezzel a projekttel foglalkozni az adott időszakban.

Erre a problémára az APPA MATLAB-alkalmazás 4,5 másodperc alatt az alábbi megoldást adta. A legjobbnak választott projektváltozat megvalósulási fontossága (a lehetséges tevékenység előfordulások alapján, a korábbiakban leírt módon számtani átlagként számolva) 0,6; költségigénye 1.000 eFt.

Az előbbieken meghatározott összes lehetséges megoldás közül az adott korlátoknak megfelelő optimális megoldás a 3. projektváltozat 9.,10.,11. és 12. struktúrája, ahogy az alábbi képernyőképen látható.

	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4573	0.4573	0.4573	0.4573	0.4573	0.6034	0.6034	0.6034	0.6034	0.6034	0.6034	0.6034
2	5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.6200	0.6200	0.6200	0.6200	0.6200	0.6200	0.6200
3	5000	2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	3.1000	3.1000	3.1000	3.1000	3.1000	3.1000	3.1000
4	0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
5	0001	75.0001	75.0001	54.0001	54.0001	65.0001	65.0001	65.0001	65.0001	55.0001	55.0001	49.0001
6	5385	1.3333	1.3333	1.8518	1.8518	1.5385	1.5385	1.5385	1.5385	1.8182	1.8182	2.0408

4-18. ábra: A 3. projektváltozat lehetséges struktúráihoz tartozó értékek megjelenítése a PGRA-alkalmazás cellatömbjei által

Az adott változathoz tartozó projektstruktúrák közül a 0,62 bekövetkezési fontossággal rendelkező, 65 nap alatt végrehajtható, és átlagosan 1,54 erőforrást igénylő tervek jelentik az optimális megoldást (melyek közül az elsőt mutatja a 4-19. ábra).

DSM opt Cloud infrastruktúra kialakítása projekt		Tervezés										Implementáció										
		Fizikai hálózati tervezése	IP hálózati tervezése	vmware infrastruktúra tervezése	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	Mentési rendszer tervezése	Fizikai hálózati kialakítása	Fizikai hálózati tesztelése	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	Testelése	vmware hostok telepítése és konfigurációja	Windows infrastruktúra telepítése és konfigurációja	Testelése	Szervizet infrastruktúra felállítása	Windows infrastruktúra telepítése és konfigurációja	Testelése	Mentési rendszer kialakítása	Implementáció	Testelése		
T e r v e z é s	Fizikai hálózati tervezése	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	IP hálózati tervezése	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	vmware infrastruktúra tervezése	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Fejlesztési és támogató virtuális infrastruktúra tervezése	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tűzfal és proxy rendszer tervezése	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Mentési rendszer tervezése	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
	Fizikai hálózati kialakítása	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
I m p l e m e n t á c i ó	Fizikai hálózati tesztelése	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tűzfal és proxy rendszer kialakítása	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	vmware infrastruktúra felállítása	Testelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Windows infrastruktúra telepítése	vmware hostok telepítése és konfigurációja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
			Testelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Szervizet infrastruktúra felállítása	Windows infrastruktúra telepítése	Telepítés, frissítés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
			Konfiguráció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
			Testelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	Mentési rendszer kialakítása		Implementáció	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
			Testelés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

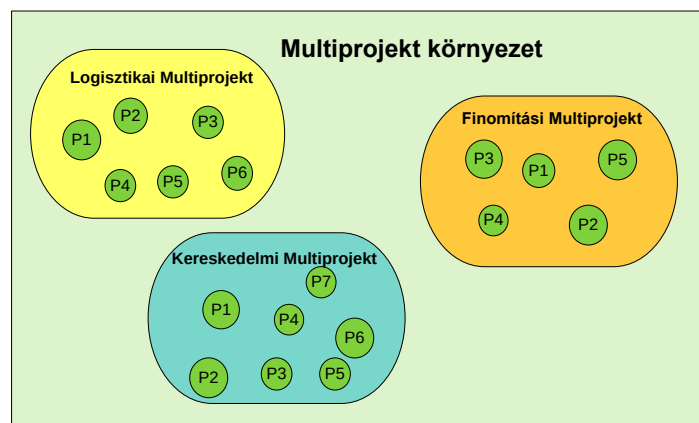
4-19. ábra: A célfüggvénynek és korlátozó feltételeknek megfelelő optimális megoldás

Az eredeti projekttervhez képest az optimális megoldás projektváltozata ugyan kisebb megvalósulási értékű (a 4-3. táblázat alapján $0,6 < 0,75$), azonban projektstruktúrája nagyobb bekövetkezési fontossági értékkel (a 4-4. táblázat és a 4-18. ábra $0,62 > 0,5$) rendelkezik. A költségkorlát miatt egy tevékenységet el kell hagyni, vagy későbbre kell halasztani, ahogy a 4-19. ábra is mutatja, így **a projekt költsége 2,9%-kal csökken**. Az optimális projektterv **átfutási ideje** a kiinduló tervhez képest **31,6%-kal csökkenthető** néhány lehetséges tevékenység és kapcsolat elhagyásával, ami átlagosan 13,3%-kal több erőforrásfelhasználást von maga után (ami két informatikus esetén nem jelentős, mindkét megoldás belefér az erőforráskorlátba).

4.2.4. A kutatás eredményeinek alkalmazása multiprojektek tervezése esetén

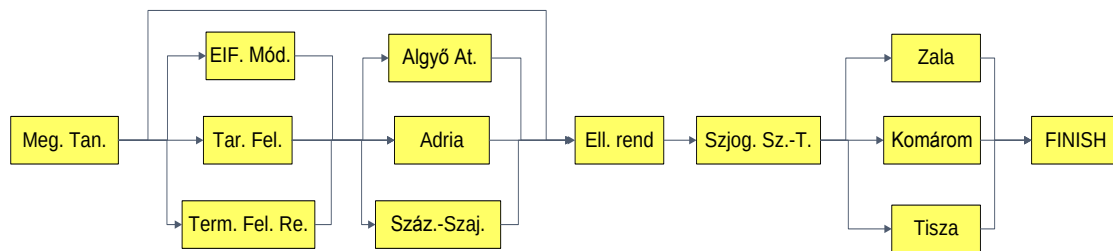
Jelen esettanulmány Simicza Andrea Brigitta és Németh Anikó mesterszakos hallgatók 2011. évi Országos Tudományos Diákköri Konferencián bemutatott, díjazásban részesült munkájában található. A hallgatók a kutatásom alapmodelljét többszintű projekttervezés esetén alkalmazták.

A többszintű, mátrix-alapú projekttervező módszert egy olaj- és gázipari multinacionális vállalat példáján keresztül mutatták be. A vállalat az alábbi fő tevékenységekkel foglalkozik: kőolaj- és földgázkutatás és ezek kitermelése, kőolajtermékek finomítása, szállítása, tárolása továbbá kis- és nagykereskedelmi értékesítése, földgázszállítás, olefin- és polimergyártás és –kereskedelem, elektromos áram és hőenergia előállítás gáz- és megújuló erőforrásokból. Ebből adódóan a vállalatnál számos projekt fut, amelyek csoportosítva vannak hatékonyabb kezelésük érdekében. Az alábbi ábra szemlélteti a vállalat multiprojekt környezetének egy szeletét. A hallgatók ebből a multiprojekt környezetből egy multiprojektet emeltek ki, és ezen mutatták be a kifejlesztett módszer gyakorlati alkalmazását.



4-20. ábra: A vállalat egyes multiprojektjei

A vállalatnál futó multiprojektek közül a logisztikai multiprojekten tesztelték az új multiprojekt tervezési módszert. Ezen multiprojekt részprojektjeinek kapcsolatait az alábbi ábra szemlélteti.



4-21. ábra: A logisztikai multiprojekt részprojektjeinek kapcsolódása (vállalati adatok alapján)

Hagyományos projekttervezés alkalmazása során a logisztikai multiprojekt átfutási ideje: 639 nap lett; és a részprojektek végrehajtása 2.313.600 Mft-ba kerülne. A következőkben azt vizsgálták meg, hogy alakulnak majd ezek az értékek, ha az új matrix-alapú multiprojekt tervezési módszert használják. A 4-22. ábra mutatja az adott multiprojekt matrix-alapú projekttervét (Az I(M)PEM a multiprojekt szakértői matrix logikai mátrixa, amely az elhagyható részprojekteket nem tartalmazza, csak a kötelezően megvalósítandó és a lehetséges (rész)projekteket.)

I(M)PEM	Meg Tan.	EIF Mód.	Tar. Fel.	Term. Fel. Re.	Algyő At.	Adria	Száz.-Szaj.	Ell. Rend.	Szjog. Sz.-T.	Zala	Komárom	Tisza
Meg Tan.	1	1	1	1								
EIF Mód.		1			0,2	0,4	0,3					
Tar. Fel.			1		0,2	0,4	0,3					
Term. Fel. Re.				1	0,2	0,4	0,3					
Algyő At.					0,6			0,6				
Adria						0,7		0,6				
Száz.-Szaj.							0,8	0,6	1			
Ell. Rend.								1				
Szjog. Sz.-T.									0,8	0,7	0,7	0,7
Zala										0,4		
Komárom											0,3	
Tisza												0,6

4-22. ábra: Multiprojekt-mátrix, amely az összes részprojektet tartalmazza

A logisztikai multiprojekt egyszerűbb kezelhetősége érdekében a multiprojekt-mátrixot a biztos és a lehetséges részprojektek mátrixaira bontották fel, így a tervezés során a kezelendő kapcsolatokat 132-ről elsősorban 42-re csökkentették. A I(M)PEM-ben feltüntetett részprojektek között 'ÉS' (∧) illetve 'VAGY' (∨) logikai operátorokat alkalmaztak, hiszen a vállalat úgy határozott, hogy nem mindegyik részprojektet szeretné kivitelezni. A 4-23. ábra a bizonytalan (rész)projekteket és a közöttük levő kapcsolatokat tartalmazza.

I(M)PEM	Algyő At.	Adria	Száz.-Szaj.	Szjog. Sz.-T.	Zala	Komárom	Tisza
Algyő At.	0,6	∧					
Adria		0,7	∧				
Száz.-Szaj.			0,8	∧			
Szjog. Sz.-T.				0,8	∧	0,7	0,7
Zala					0,4	∧	
Komárom						0,3	∧
Tisza							0,6

4-23. ábra: I(M)PEM a logisztikai multiprojekt esetében

Ebben az esetben az adott multiprojekt-változat megvalósítási valószínűsége a következő:

$$P_M = P_{\text{Algyő At.}} \cdot P_{\text{Adria}} \cdot P_{\text{Száz.-Szaj.}} \cdot P_{\text{Szjog. Sz.-T.}} \cdot (1 - P_{\text{Zala}}) \cdot (1 - P_{\text{Komárom}}) \cdot (1 - P_{\text{Tisza}}) = \\ = 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,6) = 0,0452$$

A fent említett egyszerűsítés következtében a logikai operátorok segítségével már nem kellett figyelembe venni mind a 12 részprojektet, hanem ezek helyett csupán a maradék 7 bizonytalan részprojekttel kellett foglalkozni.

A vizsgálat eredményeként a Komárom illetve Tisza részprojektet kivették a l(M)PEM-ből, hiszen ezek megvalósítása ezen multiprojekt keretein belül nem szükséges. Így az alábbi redukált l(M)PEM-mátrixot kapták.

l(M)PEM	Algyő At.	Adria	Száz.-Szaj.	Szjog. Sz.-T.	Zala
Algyő At.	0,6				
Adria		0,7			
Száz.-Szaj.			0,8	1	
Szjog. Sz.-T.				0,8	0,7
Zala					0,4

4-24. ábra: l(M)PEM redukált változata

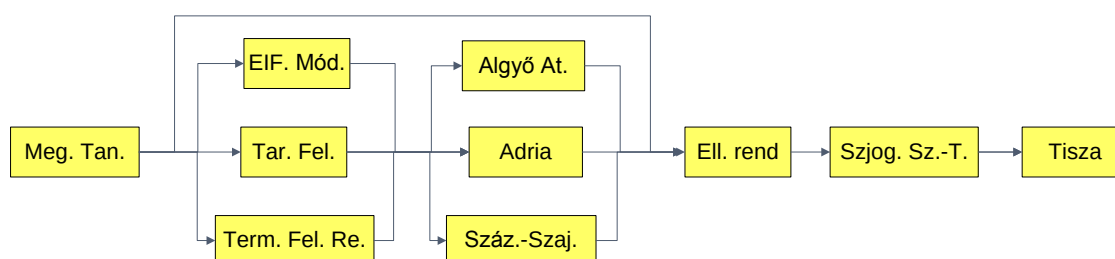
A következő lépésként pedig a részprojektek vizsgálatára tértek át, ahol a multiprojekten belül az egyes részprojektek kapcsolatait vizsgálták. Ez multiprojektek esetében azért fontos, hogy kiderüljön, van-e lehetőség esetlegesen erőforrások megosztására. Ebben az esetben is logikai operátorokat alkalmaztak, amelyek segítségével feltüntethető a részprojektek közötti logikai sorrend. Ezt a 4-25. ábra szemlélteti.

l(M)PEM	Algyő At.	Adria	Száz.-Szaj.	Szjog. Sz.-T.	Zala
Algyő At.	0,6				
Adria		0,7			
Száz.-Szaj.			0,8	1	
Szjog. Sz.-T.				0,8	0,7
Zala					0,4

4-25. ábra: l(M)PEM részprojektek kapcsolati vizsgálatához alkalmazott logikai operátorok

Az ábrán látható, hogy az Algyő At., az Adria és a Száz.-Szaj. között nem definiáltak kapcsolatot, így adott részprojekteket sorosan, külön-külön erőforrásból valósítják meg. A Szjog. Sz.-T. és a Zala részprojekt között pedig implikáció alkalmazásával kizárható a fordított kapcsolat, hiszen először Szjog. Sz.-T-nek kell megvalósulnia, és majd csak azt követően kezdhet hozzá a vállalat a Zala kivitelezéséhez.

A logikai sorrend felállítása után meghatározták a multiprojekt átfutási idejét és költségkeretét, továbbá felrajzolták a reprezentációs gráfját, amelyet a 4-26. ábra szemléltet.



4-26. ábra A redukált logisztikai multiprojekt részprojektjeinek kapcsolata

A mátrixos projekttervezési módszer alkalmazásával a korábbi tervezéshez képest a logisztikai multiprojekt átfutási ideje 599 napra csökkent. Továbbá két részprojekt kivétele a multiprojekt részprojektjeinek listájából 170 MFt megtakarítást eredményezett.

4.2.5. További kutatási irányvonalak

A kutatásom során kidolgozott Projekt Szakértői Mátrix és a hozzá kapcsolódó algoritmusok hagyományos és agilis projektek során egyaránt használhatók, ahogy ezt számos publikációval alátámasztottuk. A mátrix értékeinek értelmezésétől függően különböző projekttypusok esetén használható logikai tervezés megalapozásához. Későbbi kutatások során érdemes lenne megvizsgálni, hogy milyen területeken használható még a módszer. Kiterjeszthető-e Wysocki (2009) felosztását (2-3. táblázat) követve a másik két kategóriába eső, elsősorban kutatás-fejlesztési projektek esetén való alkalmazásra?

Ha elrugaszkodunk a projektektől, akkor használható-e a PEM-módszer különböző típusú folyamatok tervezésére, valamint ütemezésére? Egy későbbi kutatás során vizsgálni lehet többek között a folyamatok specialitásait, jellemzőit, miben térnek el tervezés tekintetében a projektektől, milyen megkorlátokkal alkalmazható ez az alaplódszer, milyen kiegészítések szükségesek még hozzá. A folyamattervezés, -szervezés, -újrarendelés jó kutatási irány lehet a későbbiek során.

Irodalmi áttekintésemben felhívtam a figyelmet a gyakorlatban elterjedt módszerek hiányosságaira, korlátaira, melyek közül az egyik legjelentősebb a tevékenységek iteratív végrehajtásának, a feladatok ismétlésének, átdolgozásának, leegyszerűsítésének körök, körfolyamatok kezelésének problematikája. Létezik ugyan néhány módszer (például a GERT-háló), valamint néhány algoritmus (például a DSM-hez kapcsolódóan), amelyek részben megfelelőek ilyen jellegű feladatok megoldására, azonban bonyolultságuk, valamint nem teljeskörű alkalmazhatóságuk (például különböző kapcsolattypusok kezelésének hiánya, szoftveres támogatottság hiánya) miatt érdekes kutatási terület lehet a továbbiakban is a PEM-módszerhez kapcsolódóan.

4.3. Összegzés

Ahogy a bevezetés nyitó idézete is leírja, a bizonytalanság jelen van mindenütt, azonban a megfelelő módszertan kiválasztásával kezelhetővé válik, lehet vele számolni. Dolgozatomban egy új módszertant, egy új keretrendszert mutattam be részletesen, melynek segítségével lehetővé válik a projektek rugalmasabb logikai tervezése. Az ismertetett mátrix-alapú módszertan alkalmas a projektek logikai tervezésének ellátására mind hagyományos, mind pedig agilis projektek esetén.

A Projekt Szakértői Mátrix képezi a mátrix-alapú logikai tervezés alapját. A PEM-mátrix átlójában jeleníthetők meg a tevékenység előfordulásokhoz rendelhető kategóriák (biztos, bizonytalan, elhagyható/elhalasztható), az átlón kívüli cellákban pedig a tevékenységek közötti kapcsolaterősségek, rákövetkezések kategóriái (biztos, bizonytalan, elhagyható), vagy lehetséges értékei (0 és 1 közötti számmal megjelenítve). A mátrix celláinak kategóriái vagy értékei, ahogy a dolgozatban bemutattam, többféleképpen is meghatározhatók, akár korábbi sikeres projektek sablonjainak felhasználásával, vagy ezek hiányában szakértői vélemények összesítésével. Erről szól 1. tézisem.

A PEM-mátrix lehetséges cellaértékei alapján két lépésben meghatározható az összes lehetséges projektterv, ami azonban kisebb bizonytalanságú projektek esetén is nagyon sok megoldást jelent. Ehhez kapcsolódik 2. tézisem. A lehetséges megoldások költség-, idő- és erőforrásszükségletének kalkulálásával sorba rendezhetők a megoldások, és kiválasztható a projektmenedzsernek leginkább megfelelő projektterv.

Agilis projektek esetén, amennyiben költség-, idő- és/vagy erőforráskorlátokat is figyelembe kell venni a projekt során, meg kell állapítani, melyek a korlátoknak megfelelő megengedett megoldások, majd közülük kiválasztható az adott célfüggvény(ek) szerint optimális megoldás. Agilis projektek esetén az optimális logikai projektterv meghatározását írja le 3. tézisem.

A dolgozat során részleteztem, hogyan használható projektek logikai tervezésére a Projekt Szakértői Mátrix, valamint a hozzá kidolgozott algoritmusok. A megoldások meghatározásának, valamint a hozzájuk tartozó lehetséges értékek kiszámításának támogatására készítettem MATLAB alkalmazásokat is, amelyeket szintén igyekeztem minél szemléletesebben példák segítségével bemutatni. A mátrix-alapú logikai projekttervezés jelentőségét esettanulmányok által is alátámasztottam.

5. IRODALOMJEGYZÉK

Hivatkozott szakirodalmak

1. ABRAHAMSSON, P. – SALO, O. – RONKAINEN, J. – WARSTA, J. (2002): Agile software development: Review and analysis, VTT Publications 478, VTT Information Service, Finland,
2. AGGTELEKY B. – BAJNA M. (1994): Projekttervezés – Projektmenedzsment, Közlekedési Dokumentációs Rt. kiadásában
3. AHMADI, R. – ROEMER, T. A. – WANG, R. H. (2001): Structuring Product Development Processes, European Journal of Operational Research, vol.130, no. 3, pp. 539-558.
4. AHMADI, R. H. – WANG, H. (1994): Rationalizing product design development processes, UCLA Anderson Graduate School of Management, Los Angeles, CA, Working Paper
5. ALEXANDER, C. (1964): Notes on the Synthesis of Form, Cambridge, MA, USA, Harvard University Press
6. AMBLER, S. (2002): Agile Modeling: Effective Practices for Extreme Programming and the Unified Process, New York, John Wiley & Sons Inc. in (Abrahamsson et al., 2002)
7. AMEN, R. – RASK, I. – SUNNERSJÖ, S. (1999): Matching design tasks to knowledge-based software tools—When intuition does not suffice, in Proceedings of DETC99: ASME Design Engineering Technical Conference, Las Vegas, NV, USA
8. ANDERSSON, J. (1999): On engineering systems design - A simulation and optimization approach, M. E. thesis, Linköpings University, Linköping, Sweden
9. ANDRÁSFALVI B. (1983): Gráfelmélet – folyamatok mátrixok; Akadémiai Kiadó, Budapest
10. ARCHIBALD, R. D. (1976): Managing, High-Technology Programs and Projects, John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto; in (Madauss, 2000)
11. AUSTIN, S. – BALDWIN, A. – LI, B. – WASKETT, P. (1998): Development of the ADePT methodology: An interim report on the link IDAC 100 project, Loughborough University, Dept. of Civil and Building Engineering, Loughborough, U. K.
12. AUSTIN, S. – BALDWIN, A. – LI, B. – WASKETT, P. (2000): Application of the Analytical Design Planning Technique to Construction Project Management, Project Management Journal, vol. 31, no. 2, pp. 48-59.
13. AUSTIN, S. – BALDWIN, A. – NEWTON, A. (1996): A data flow model to plan and manage the building design process, Journal of Engineering Design, vol. 7, no. 1, pp. 3–25.
14. BALDWIN, C. Y. – CLARK, K. B. (2000): Design Rules: The Power of Modularity, Cambridge, MA, USA, MIT Press, vol. 1
15. BECK, K. (1996): Smalltalk Best Practice Patterns, Prentice Hall, 1st Edition, ISBN 978-0134769042
16. BECK, K. (1999): Extreme Programming explained: Embrace change, Reading, Mass., Addison-Wesley in (Abrahamsson et al., 2002)
17. BENDER, M. B. (2010): A Manager's Guide to Project Management: Learn how to apply best practices, Pearson Education, Inc. New Jersey
18. BENEDIKTSSON, O. – DALCHER, D. – THORBERGSSON, H. (2006): Comparison of software development life cycles: a multiproject experiment, *IEE Proceedings - Software*, vol. 153, no. 3, pp. 87-101.
19. BIERMAN, H. – BONINI, C.P. – HAUSMAN, W.H. (1969): Quantitative analysis for business decision, 3rd ed. Homewood, Irwin; in (Kindler, 1991)
20. BLACK, T. A. – FINE, C. H. – SACHS, E. M. (1990): A Method for Systems Design Using Precedence Relationships: An Application to Automotive Brake Systems, Cambridge, MA, USA MIT Sloan School of Management, 3208, (WP #3208-90-MS)
21. BOEHM, B. (1981): Software Engineering Economics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ
22. BOEHM, B. (1986): A Spiral Model of Software Development and Enhancement, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 11, no. 4, pp. 14-24.
23. BOGNÁR F. – KOSZTYÁN Zs. T. – KISS J. – GÁSPÁR M. (2011): Karbantartási folyamatok tervezése, mint többtényezős döntési probléma (Planning Maintenance Processes as a Multi-Factor Decision Problem), XXIII. Nemzetközi Karbantartási Konferencia, Veszprém, 2011. június 6-7., pp. 191-204.

24. BORBÁS I. (2010): Genetikus algoritmus fejlesztése MOGAlib keretrendszerben mátrix alapú projektütemezési feladatokra; témavezető: Gaál Balázs, Pannon Egyetem, Veszprém, Műszaki Informatikai Kar, Műszaki informatika szak, diplomadolgozat
25. BOYD, J.C. – SAVORY, J. (2001): Genetic algorithm for scheduling of laboratory personnel, *Clinical chemistry*; vol. 47, no. 1, pp. 118-23.
26. BROWNING, T. R. – DEYST, J. J. – EPPINGER, S. D. – WHITNEY, D. E. (2002): Adding value by creating information and reducing risk, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 49, no. 4, pp. 443-458 (Complex system product development: Adding value by creating information and reducing risk, in Proceedings of the 10th Annual International Symposium of INCOSE, Minneapolis, MN, USA, pp. 581–589., 2000)
27. BROWNING, T. R. – EPPINGER, S. D. (2002): Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 49, no. 4, pp. 428-442 (Lockheed Martin Aeronautics, FortWorth, TX, Working Paper, 2001)
28. BROWNING, T. R. (1996): Systematic IPT Integration in Lean Development Programs, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Department of Aeronautics and Astronautics
29. BROWNING, T. R. (1998a): Integrative mechanisms for multiteam integration: Findings from five case studies, *Systems Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 95–112.
30. BROWNING, T. R. (1998b): Modeling and analyzing cost, schedule, and performance in complex system product development, Ph.D. dissertation, MIT, Cambridge, MA .
31. BROWNING, T. R. (1998c): Use of dependency structure matrices for product development cycle time reduction, in Proceedings of the 5th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, Tokyo, Japan, pp. 89–96.
32. BROWNING, T. R. (1999): The design structure matrix, in Dorf, R.C., Ed. (1999): Technology Management Handbook, Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRCnet-BASE, Chapter 14.18., pp. 103–111.
33. BROWNING, T. R. (2001): Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 48, no. 3, pp. 292-306
34. BROWNING, T. R. (2010): The Design Structure Matrix: Introduction and Applications, 12th International Design Structure Matrix Conference Workshop, Cambridge, UK, 21 July 2010
35. BROWNING, T.R., (2002): Process Integration Using the Design Structure Matrix, *Systems Engineering*, vol. 5, no. 3, pp.180-193.
36. BRÖHL, A.P. – DRÖSCHEL, W. (1995): Das V- Modell: Der Standard in der Softwareentwicklung mit Praxisleitfaden, Oldenbourg R. Verlag GmbH, München, Wien, ISBN-13: 978-3486222074
37. BURGHARDT, M. (1988): Projektmanagement, (Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten), Siemens AG; in (Madauss, 2000)
38. BURNS, T. – STALKER, G. M. (1961): The Management of Innovation, Tavistock Publications, London
39. CARRASCOSA, M. – EPPINGER, S. D. – WHITNEY, D. E. (1998): Using the Design Structure Matrix to Estimate Product Development Time, DETC'98/DAC-6013, ASME International Design Engineering Technical Conferences, Design Automation Conference, Atlanta, GA, USA, September 13-16, 1998.
40. CESIEL, D. S. (1993): A structured approach to calibration development for automotive diagnostic systems, Master of Science in Management and Master of Science in Electrical Engineering thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA
41. CHEN, C.-H. – LING, S. F. – CHEN, W. (2003): Project Scheduling for Collaborative Product Development Using DSM, *International Journal of Project Management*, vol. 21, no. 4, pp. 291-299.
42. CHEN, S.-J. – LIN, L. (2003): Decomposition of interdependent task group for concurrent engineering, *Computers and Industrial Engineering*, vol. 44, no. 3, pp. 435 – 459.
43. CLARK, K. B. – WHEELWRIGHT, S. C. (1993): Managing New Product and Process Development: Text Cases, The Free Press, New York, NY, USA

44. CLARKSON, P. J. – HAMILTON, J. R. (2000): 'Signposting', A Parameter-driven Task-based Model of the Design Process, *Research in Engineering Design*, vol. 12, no. 1, pp. 18-38
45. CLEGG, D. – BARKER, R. (2004). *Case Method Fast-Track: A RAD Approach*, Addison-Wesley Longman, 1st edition
46. COCKBURN, A. (2002): *Agile Software Development*, Boston, Addison-Wesley in (Abrahamsson et al., 2002)
47. CORMEN, T. H. – LEISERSON, C. E. – RIVEST, R. L. – STEIN, C. (2003): *Új algoritmusok*, Scolar Kiadó, ISBN 978 963 9193 90 1 (az eredeti mű címe: *Introduction to Algorithms*, 4th printing, The MIT Press/McGraw Hill, Cambridge/Boston, 2001
48. CORSTEN, H. (2000): *Projektmanagement*, Oldenbourg Verlag, München
49. DALCHER, D. J. (2009): AiPM book series & research at the NCPM, *PMUni Conference*, Vienna
50. DANILOVIC, M. – Browning, T. R. (2007): Managing Complex Product Development Projects with Design Structure Matrices and Domain Mapping Matrices, *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 3, pp. 300 - 314.
51. DANILOVIC, M. L. (1999): Leadership and organization of integration in product development, Ph.D. dissertation, Linköpings Universitet, Linköping, Sweden
52. DENKER, S. – STEWARD, D. – BROWNING, T. (1999): Planning Concurrency and managing iteration in projects, *Center for Quality of Management Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 55–62.
53. DIN 69 901; in (Madauss, 2000) & in Steinbuch, 2000
54. DIN 69 900 (1983): *Netzplantechnik*, Deutscher Normenausschuß, Frankfurt
55. DREGER, W. (1975): *Projekt-Management*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin; in (Madauss, 2000)
56. DÜLFER, E. (1982): *Projektmanagement International*, C.E. Poeschel Verlag, Stuttgart, ISBN 3791003399; in (Madauss, 2000)
57. ELMAGHRABY, S. E. (1964): An algebra for the Analysis of Generalized Activity Networks, *Management Science*, vol. 10, no. 3, pp. 464-514. in (Corsten, 2000)
58. EPPINGER, S. D. – BROWNING T. R. (2012): *Design Structure Matrix Methods and Applications*, MIT Press, Cambridge, MA, USA
59. EPPINGER, S. D. (2001): Innovation at the speed of information, *Harvard Business Review*, vol. 79, no. 1, pp. 149–158.
60. EPPINGER, S.D. – WHITNEY, D.E. – SMITH, R.P. – GEBALA, D.A. (1994): A model-based method for organizing tasks in product development, *Research in Engineering Design*, vol. 6, no. 1., pp. 1-13.
61. EVELEENS, J. L. – VERHOEF, C. (2010): The Rise and Fall of the Chaos Report Figures, *IEEE Software*, vol. 27, no. 1, pp. 30-36.
62. FANG, H. (1994): *Genetic Algorithms in Timetabling and Scheduling*, University of Edinburgh, PhD Thesis
63. FATEMI GHOMI, S.M.T. – RABBANI, M. (2003): A new structural mechanism for reducibility of stochastic PERT networks, *European Journal of Operational Research*, vol. 145, no. 2, pp.394-402.
64. FENG, C. – YEH, Y. (2006): Using DSM and fmGA to determine the optimal design process for engineering design projects, in *Proceedings of the 23rd ISARC*, Tokyo, Japan, pp. 90-95.
65. FERNANDEZ, C. I. G. (1998): Integration analysis of product architecture to support effective team co-location, ME thesis, MIT, Cambridge, MA, USA
66. FERNANDO, E. P. C. (1969): Use of Interdependency Matrix for Expediting Implementation of an Integrated Development Programme in a Developing Country, In H. J. M. Lombaers, editor, *Project planning by network analysis*, page 76-85. Publisher: North-Holland Pub. Co, Amsterdam
67. FONDAHL, J. W. (1961): A non-computer approach to the critical path method for construction industry, Department of Civil Engineering, Stanford University
68. FORSBERG, K. – MOOZ, H. (1991): The Relationship of Systems Engineering to the Project Cycle, Chattanooga, Tennessee: *Proceedings of the National Council for Systems Engineering (NCOSE) Conference*, pp. 57–65., First Annual Symposium of the National Council On Systems Engineering (NCOSE)

69. FULKERSON, D.R. (1962): Expected critical path length in PERT network. *Operations Research*, vol. 10, no. 6, pp. 808–817.
70. GAÁL Z. – SZABÓ L. (2002): Segédlet a projekt menedzsmenthez I. – Megközelítések, felfogások, koncepciók, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém
71. GANTT, H. L. (1974): *Work, Wages and Profit*, published by The Engineering Magazine, New York, 1919; republished as *Work, Wages and Profits*, Easton, Pennsylvania, Hive Publishing Company
72. GAREIS, R. – STUMMER, M. (2008): *Processes & Projects*, MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung GmbH, Wien
73. GÄRTNER, T. – ROHLER, N. – SCHLICK, C.M. (2009): DeSiM – A Simulation Tool For Project And Change Management On The Basis Of Design Structure Matrices, In *Proceeding of the 11th International Design Structure Matrix Conference*, pp. 259-270.
74. GEBALA, D. A. – EPPINGER, S. D. (1991): Methods for analyzing design procedures, in *Proceeding ASME 3rd International Conference on Design Theory and Methodology*, Miami, FL, USA, vol. 31, pp. 227–233.
75. GÖRÖG M. – TERNYIK L. (2001): *Informatikai projektek vezetése*, Kossuth Kiadó, ISBN 963 09 4227 5
76. GÖRÖG M. (1999): *Általános projektmenedzsment*, Aula Kiadó, Budapest, (eredeti kiadás: 1996); 2., javított kiadás
77. GÖRÖG M. (2001): *Bevezetés a projektmenedzsmentbe*, Aula Kiadó, Budapest, (eredeti kiadás: 1993); 4., átdolgozott kiadás
78. GÖRÖG M. (2003): *A projektvezetés mestersége*, Aula Kiadó, Budapest
79. GROSE, D. L. (1994): Reengineering the aircraft design process, *Proceedings of the 5th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization*, Panama City Beach, FL, USA in (Browning, 1998)
80. GROTH, R. – ERSBLÖH, F. D. – HUGELSHOFER, H.-J. – STROMBACH, M. E. (1983): *Projektmanagement in Mittelbetrieben*, Deutscher Instituts-Verlag, Köln; in (Madauss, 2000)
81. HALTER, A.N. – DEAN, G.W. (1971): *Decision under uncertainty*, South-Western Pub. Co., Cincinnati in (Kindler, 1991)
82. HAMBURG, M. (1970): *Statistical analysis for decision making*, Harcourt Brace, New York; in (Kindler, 1991)
83. HAMER, A.-P. – NIHTILÄ, J. – REHN, J. (1999): Document Viewpoint on One-of-a-Kind Delivery Process, *International Journal of Production Research*, vol. 37, no. 6, pp. 1319–1336.
84. HARTMANN, S. (1998): A competitive genetic algorithm for resource-constrained project scheduling, *Naval Research Logistics*, vol. 45, no. 7, pp. 733-750.
85. HAYES, M. (1969): The Role of Activity Precedence Relationships in Node-Oriented Networks, *Proceedings of the 2nd International Congress for Project Planning by Network Analysis*, pp. 128-146. Publisher: North-Holland Publ. Comp., Amsterdam in (Browning, 1998)
86. HEGEDŰS Cs. – KISS J. – CSERTI P. – NÉMETH A. (2010): Termelési és karbantartási feladatok menedzselése elosztott szakértői rendszerekkel, 7. Országos Gazdaság-informatikai Konferencia OGIK'2010, (témavezető: Dr. Kosztján Zsolt Tibor), Pécs, 2010. november 26-27.
87. HENDERSON, R. M. – CLARK, K. B. (1990): Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 9–30.
88. HIGHSMITH, J.A. (2000): *Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems*, New York, Dorset House Publishing in (Abrahamsson et al., 2002)
89. HOBBS, P. (2000): *Projektmenedzsment* (Scolar Önfelkészítő Program), Scolar Kiadó, 2000
90. HUNT, A. – THOMAS, D. (2000): *The Pragmatic Programmer*, Addison Wesley in (Abrahamsson et al., 2002)
91. HUOVILA, P. – KOSKELA, L. – PIETILÄINEN, L. – TANHUANPÄÄ, V.-P. (1995): Use of the design structure matrix in construction, in *3rd Int. Workshop on Lean Construction*, Albuquerque, NM.
92. IIBA – International Institute of Business Analysis (2009): *A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABoK Guide)*, Toronto, Ontario, Canada

93. KÄHKÖNEN, K. – TANHUANPÄÄ, V.-P. – LEINO, S. (1997): Design process analysis, optimization and management – A practical tool for the construction and engineering projects, VTT Building Technology, Finland.
94. KAO, H.-P. – WANG, B. – DONG, J. – KU, K.-Ch. (2006): An event-driven approach with makespan/cost tradeoff analysis for project portfolio scheduling, *Computers in Industry*, vol. 57, no. 5, pp. 379-397.
95. KEHAT, E. – SHACHAM, M. (1973): Chemical process simulation programs-2: Partitioning and tearing of system flowsheets, *Process Technology International*, vol. 18, no. 3, pp. 115–118.
96. KELLEY, J. E. – WALKER, M. R. (1959): Critical-Path Planning and Scheduling, *Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference*. pp. 160-173. – (Weaver, 2008) publikációjának függelékében olvashatók részletek
97. KELLEY, J. E. (1961): Critical-Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis, *Operations Research* May/June 1961, vol. 9, no. 3, pp. 296-320.
98. KEMP, S. (2004): *Project Management Demystified*, McGraw-Hill Company, ISBN-13: 978-0071440141
99. KERZNER, H. (2009): *Project management – A systems approach to planning, scheduling, and controlling*, John Wiley Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, tenth edition, ISBN 978-0-470-27870-3
100. KINDLER J. (1991): Fejezetek a döntésméletből, Aula Kiadó, Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem, Budapest, kézirat
101. KISS J. – KOSZTYÁN Zs. T. – NÉMETH A. – BOGNÁR F. (2011): Matrix-based methods for planning and scheduling maintenance projects, *Proceedings of the 13th International DSM Conference*, Cambridge, MA, USA, 14-15 September 2011, pp. 421-434, Carl Hanser Verlag, Munich
102. KISS J. – KOSZTYÁN Zs. T. (2009): Handling the specialities of Agile IT projects with a new planning method, *OGIK Gazdasági Informatikai Konferencia a CONFENIS 2009 társkonferenciája*, Győr, 2009. október 28-30., (Published in CD)
103. KISS J. – KOSZTYÁN Zs. T. (2010): Using PEM as a knowledge management tool, *Proceedings of the KMO (Knowledge Management in Organizations)*, Veszprém, 18-19 May 2010., pp. 204-217.
104. KISS J. – TÖRÖK O. (2007): A logikai tervezés szerepe a projektek ütemezésében és folyamatszervezésben, Témavezető: Kosztyán Zs. T., Veszprém, ITDK, Közgazdaságtudományi szekció, Szervezés-vezetéstudományi tagozat. 2007. november 14. (Díjazás: II. díj)
105. KISS J. – TÖRÖK O. (2008): The importance of logical planning at the project scheduling and process management, instructor: Zs. T. Kosztyán, *Happy Projects'08 Conference – International Student Paper Award*, Wien June 2008
106. KISS J. – TÖRÖK O. (2009): A logikai tervezés szerepe a projektek ütemezésében és folyamatszervezésben, Témavezető: Kosztyán Zs. T., Debrecen, OTDK, Közgazdaságtudományi szekció, Módszertan Tagozat. 2009. április 6-8.
107. KISS J. (2009): Egy új módszer az informatikai projektek logikai tervezésére; témavezető: Kosztyán Zs. T., VI. Jedlik Ányos Szakmai Napok, Veszprém, 2009. február 26-28; Egy csepp tudomány - válogatott munkák a VI. Jedlik Ányos Szakmai Napok előadóitól, Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 13-67.
108. KISS J. (2011): A projekttervezés támogatása mátrix-alapú módszerekkel, témavezető: Kosztyán Zs. T., I. Harsányi János Gazdasági és Menedzsment Szakmai Konferencia, Veszprém, 2011. március 25-26.
109. KISS J. (2012): Next generational applications – Supporting the planning phase of projects, 3rd World Conference on Information Technology, virtual conference, 16 November 2012
110. KISS J. (2013a): New Applications for Logic planning of traditional and agile projects, 2nd PMUni Workshop, Veszprém, 4-5 October 2013
111. KISS J. (2013b): Logikai tervezési keretrendszer agilis projektekhez, VII. Régiók a Kárpát-medencén innen és túl Konferencia, Kaposvár, 2013. október 11.
112. KOH, S.C.L. – GUNASEKARAN, A. (2006): A knowledge management approach for managing uncertainty in manufacturing, *Industrial Management & Data Systems*, vol. 106, no. 4, pp. 439-459.
113. KOSKELA, L. – BALLARD, G. – TANHUANPÄÄ, V.-P. (1997): Towards Lean Design Management, In S. N. Tucker, editor, *IGLC-5: proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 16-17 July, 1997, Gold Coast, Australia , pp. 1-13.

114. KOSZTYÁN Zs. T. – FEJES J. – KISS J. (2008): Sztochasztikus hálóstruktúrák kezelése projektütemezési feladatokban, *Sigma*, XXXIX. 1-2., pp. 85-103.
115. KOSZTYÁN Zs. T. – HEGEDŰS Cs. – KISS J. – NÉMETH A. – BORBÁS I. – CSERTI P. (2010): Projekt szakértői rendszer karbantartási projektek menedzselésére, XXII. Nemzetközi Karbantartási Konferencia (A karbantartás kihívása – A tudástőke felértékelődése), Veszprém, 2010. június 7-8., pp. 178-193.
116. KOSZTYÁN Zs. T. – KISS J. – TÖRÖK O. (2008): Az ERP-bevezetés támogatása logikai tervezés segítségével, *Komplex Műszaki Tanácsadó, Verlag Dashöfer*
117. KOSZTYÁN Zs. T. – KISS J. (2009): The importance of logic planning in case of IT and innovation projects, *AVA International Congress on the Aspects and Vision of Applied Economics and Informatics*, Debrecen, 26 March 2009, published in *Applied Studies in Agribusiness and Commerce – APSTRACT*, Agroinform Publishing House, Budapest, vol. 2009, no. 5-6, pp. 15-20.
118. KOSZTYÁN Zs. T. (2005): Optimális erőforrás-tervezés, doktori (PhD) disszertáció, Pannon Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, témavezető: Dr. Bencsik Andrea
119. KOSZTYÁN Zs. T., KISS J. (2011): Mátrix-alapú projekttervezési módszerek, *Vezetéstudomány*, XLII. évfolyam, 10. szám, pp. 28-43.
120. KOSZTYÁN, Zs. T. – HEGEDŰS, Cs. – KISS, J. – NÉMETH, A (2010): Handling Maintenance Projects with Matrix-based Methods, *International Joint Conference on Computer, Information and System Sciences and Engineering (CISSE 10) - International Conference on Industrial Electronics, Technology & Automation (IETA 10)*, 3-12 December, 2010 (<http://cisse2010.org>)
121. KOSZTYÁN, Zs. T. – HEGEDŰS, Cs. – KISS, J. (2010): Developing Expert System for Managing Maintenance Projects, *2nd International Conference on Software, Services and Semantic Technologies*, Varna, Bulgaria, 11-12 September 2010; Printed by Demetra EOOD, 2010, Sofia, pp. 218-225.
122. KOSZTYÁN, Zs. T. – KISS, J. (2010a): Stochastic Network Planning Method, *Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering* (edited by Khaled Elleithy) Springer Netherlands, pp. 263-268.
123. KOSZTYÁN, Zs. T. – KISS, J. (2010b): PEM - A new matrix method for supporting the logic planning of software development projects, *12th International Dependency and Structure Modelling Conference, DSM'10*, 22-23 July 2010, Cambridge, UK; Carl Hanser Verlag, Munich, pp. 97-110.
124. KOSZTYÁN, Zs. T. – KISS, J. (2010c): Matrix-based Methods for Supporting Logic Planning of IT Projects, *International Joint Conference on Computer, Information and System Sciences and Engineering*, Conference: 3-12 December 2010. (<http://cisse2010.org>)
125. KOSZTYÁN, Zs. T. – KISS, J. (2011): Matrix-based project planning methods, *Problems of Management in the 21st Century*; vol. 1, no. 1, pp. 67-85.
126. KRISHNAN, V. – EPPINGER, S. D. – WHITNEY, D. E. (1997): Simplifying iterations in cross-functional design decision making, *Journal of Mechanical Design*, vol. 119, no. 4, pp. 485-493
127. KRUCHTEN, P. (2000): The Rational Unified Process: an Introduction, Addison-Wesley in (Abrahamsson et al., 2002)
128. KUSIAK, A. – LARSON, T. N. – WANG, J. R. (1994): Reengineering of Design and Manufacturing Processes, *Computers and Industrial Engineering*, vol. 26, no. 3, pp. 521-536.
129. KUSIAK, A. – WANG, J. (1993a.): Decomposition of the design process, *Journal of Mechanical Design*, vol. 115, no. 4, pp. 687-695
130. KUSIAK, A. – WANG, J. (1993b.): Efficient organizing of design activities, *International Journal of Production Research*, vol. 31, no. 4, pp. 753-769.
131. KUSIAK, A. (1999): *Engineering Design: Products, Processes, and Systems*, Academic Press, 1st edition., San Diego, CA, USA
132. LANGER T. (2007): Projektmenedzsment a szoftverfejlesztésben, Panem Kft., Budapest
133. LANO, R. J. (1979): *A Technique for Software and Systems Design*, New York: North-Holland.
134. LARSON, N. – KUSIAK, A. (1996): Managing design processes: A risk assessment approach, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 26, no., pp. 749-759.
135. LEWIS, W. P. – CANGSHAN, L. (1997): The timely allocation of resources in the concurrent design of newproducts, *Journal of Engineering Design*, vol. 8, no. 1, pp. 3-17.

136. LITKE, H.-D. (2007): Projektmanagement: Methoden, Techniken, Verhaltensweisen, 5. erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag München
137. LOCK, D. (1998): Projektmenedzsment, Panem Könyvkiadó, Budapest; az eredeti mű: The Essentials of Project Management, Gower Publishing Limited, Hampshire, England, 1996
138. LOCKYER, K. – GORDON, J. (2000): Projektmenedzsment és hálós tervezési technikák, Kossuth Kiadó, Budapest
139. MADAUSS, B. J. (2000): Handbuch Projektmanagement – Mit Handlungsanleitungen für Industriebetriebe, Unternehmensberater und Behörden, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 6., überarbeitete und erweiterte Auflage
140. MAHESWARI, J.U. – VARGHESE, K. (2005): Project Scheduling using Dependency Structure Matrix. International Journal of Project Management, vol. 23., no. 3, pp. 223-230.
141. MAKINS, B. J. – MILLER, D.W. (2000): Web-based aerospace system evaluation software: The development and assessment of conceptual space missions, in Proceeding of the 10th Annual International Symposium of INCOSE, Minneapolis, MN, pp. 167-174.
142. MALMSTRÖM, J. – PIKOSZ, P. – MALMQVIST, J. (1999): The complementary roles of IDEF0 and DSM for the modeling of information management processes, Concurrent Engineering: Research and Application, vol. 7, no. 2. pp. 95-103.
143. MARTIN, J. (1990): RAD: Rapid Application Development, MacMillan Publishing Co., New York
144. MAURER, M. (2007): Structural Awareness in Complex Product Design, PhD Thesis, Institute of Product Development, Munich
145. MCDANIEL, N. A. (chair) – BAHNMAIER, W. W. (editor) (2001): Scheduling Guide for program managers, Defense Systems Management College Press, Fort Belvoir, VA 22060-5565
146. METHOD123 (2003): Project Management Guidebook, editor: Jason Westland
147. MICHELENA, N. F. – PAPALAMBROS, P. Y. (1995): Optimal model-based decomposition of powertrain system design, Journal of Mechanical Design, vol. 117, no. 4, pp. 499-505.
148. MINOGUE, P. (2011): "Gantt-Like" DSMs, In Proceedings of the 13th International DSM Conference, pp. 259-271., Cambridge, MA, USA, Publisher: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, Munich
149. MORRIS, P. W. G. – PINTO, J. K. (2004): The Wiley guide to managing projects, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
150. NASA (1963): APOLLO Terminology, NASA SP-6001; in (Madauss, 2000)
151. NÉMETH A. (2010): Egy új módszer az informatikai projektek optimalizálására, témavezető: Kosztján Zs. T., Kiss J., VII. Jedlik Ányos Szakmai Napok, Informatika/Gazdaságtudományi tudományterület, Veszprém 2010. április 15-17. (Díjazás: I. díj); Egy csepp tudomány - válogatott munkák az VII. Jedlik Ányos Szakmai Napok előadójától, Pannon Egyetemi Kiadó, pp. 73-137.
152. NÉMETH A. (2011): Egy új módszer az informatikai projektek optimalizálására, Témavezető: Kosztján Zs. T., Kiss J., XXX. OTDK, Közgazdaságtudományi Szekció, Gödöllő, 2011. április 14-16.; ITDK Közgazdaságtudományi Szekció, Vezetés, szervezés és logisztika tagozat, Veszprém, 2009. november 11. (Díjazás: I. díj)
153. NOUR, M. – SCANLAN, J. (2000): Modeling and simulating product development process, in Proceeding of 6th International Conference on Concurrent Enterprising, Toulouse, France, pp. 111-118.
154. O'REILLY, T. (1999): Lessons from Open Source Software Development, Communications of the ACM, vol. 42., no. 4., pp. 32-37. in (Abrahamsson et al., 2002)
155. OSBORNE, S. M. (1993): Product Development Cycle Time Characterization Through Modeling of Process Iteration, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Sloan School of Management
156. PALMER, S.R. – FELSING, J.M. (2002): A Practical Guide to Feature-Driven Development, Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall in (Abrahamsson et al., 2002)
157. PAPP O. (1967): Hálótervezési módszerek alkalmazása a műszaki fejlesztésben, Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 66-2892
158. PAPP O. (1969): A hálós programozási módszerek gyakorlati alkalmazása, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest,

159. PAPP O. (1998): Projekt menedzsment (Projektek tervezése, szervezése, irányítása), Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest
160. PAPP O. (2005): Projektmenedzsment a gyakorlatban, LSI Informatikai Oktatóközpont a Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány, Budapest
161. PATANAKUL, P. – MILOSEVIC, D. (2009): The effectiveness in managing a group of multiple projects: Factors of influence and measurement criteria, *International Journal of Project Management*, vol. 27, no. pp. 216-233.
162. PENNYPACKER, J. S. – DYE, L. D. (2002). Project portfolio management and managing multiple projects: Two sides of the same coin? In Pennypacker, J. S. - Dye, L. D. (Eds.), *Managing multiple projects* (pp. 1–10), New York: Marcel Dekker Inc.
163. PFETZING, K. – ROHDE, A. (2001): *Ganzheitliches Projektmanagement*, 1. Aufl. Verlag Dr. Götz Schmidt
164. PIMMLER, T. U. – EPPINGER, S. D. (1994): Integration Analysis of Product Decompositions, *Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference*, Minneapolis, MN, September 1994
165. PINKETT, R. D. (1998): Product Development Process Modeling and Analysis of Digital Wireless Telephones, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Department of Electrical Engineering and Computer Science, and Sloan School of Management
166. PLATANITIS, G. – POPILIEV, R. – BARARI, A. (2009): A dsm-based method for investigating the impact of random disturbances on the outcome of a design project, In *Proceeding Of The 11th International Design Structure Matrix Conference*, pp. 221-232.
167. PLATZ, J. – SCHMELZER, H. J. (1986): *Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo; in (Madauss, 2000)
168. PRITSKER, A. B. (1966): GERT: Graphical Evaluation and Review Technique, Memorandum, RM-4973-NASA
169. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2006a): Projektmenedzsment útmutató, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Third Edition magyar fordítása, fordította: Pollák Tamás, Akadémiai Kiadó Zrt., Budapest
170. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2006b): The Standard for Program Management
171. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2006c): The Standard for Portfolio Management
172. RAFFAI M. (2004): Vállalati alkalmazások integrációja - Objektum- és architektúraszemplétű fejlesztési stratégia, Marketing Kommunikációs Kft. Informatikai tudásbázis
173. RAFFAI M.(1996): Információrendszer-tervezés – Az információs társadalom kihívásai, Novadat Bt., Győr
174. RASK, I. – SUNNERSJÖ, S. (1998): DESIGN STRUCTURE MATRICES FOR THE planning of rule-based engineering systems, in *Proceeding of the European Conference on Integration in Manufacturing*, Göteborg, Sweden, pp. 349-358.
175. RECHTIN, E. (1991): *Systems Architecting: Creating & Building Complex Systems*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
176. RESCHKE, H. – SVOBODA, M. (1983): Projektmanagement-konzeptionelle Grundlagen, Beiträge der Artikelreihe in Frankfurter Zeitung Blick durch die Wirtschaft (GPM-Verlag); in (Madauss, 2000)
177. RICK, T. – MÁRK, H. – BERCSEY, T. (2006): Design tasks scheduling using genetic algorithms, *Periodica Politechnica Ser. Mechanical Engineering*; vol. 50, no. 1, pp.37-51.
178. RINZA, P. (1998): Projektmanagement – Planung, Überwachung und Steuerung von technischen und nichttechnischen Vorhaben, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany 4., neubearbeitete Auflage
179. ROGERS, J. L. – SALAS, A. O. – WESTON, R. P. (1998): A web-based monitoring system for multidisciplinary design projects, in *7th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symp. on Multidisciplinary Analysis and Optimization*, St. Louis, MO.
180. ROGERS, J. L. (1999): Tools and Techniques for Decomposing and Managing Complex Design Projects, *Journal of Aircraft*, vol. 36, no.1, pp. 266-274.
181. ROSENAU, Jr. M. (1984): *Project Management for Engineers*, Lifetime Learning Publications, Belmont, Cal.; in (Madauss, 2000)

182. ROYCE, W. W. (1970): Managing the Development of Large Software Systems, Proceedings of IEEE WESCON, pp. 1–9.
183. RUSHTON, G. J. – ZAKARIAN, A. (2000): Modular vehicle architectures: A systems approach, in 10th Annual International Symposium of INCOSE, Minneapolis, MN, pp. 29–35.
184. RÜSBERG, K.-H. (1971): Die Praxis des Projekt-Management, Verlag Moderne Industrie, München; in (Madauss, 2000)
185. SAKAWA, M. (2000): Fuzzy programming for multiobjective job shop scheduling with fuzzy processing time and fuzzy due date through genetic algorithms, *European Journal of Operational Research*, vol. 120. no. 2, pp. 393–407.
186. SANCHEZ, R. – MAHONEY, J. T. (1997): Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design, *IEEE Engineering Management Review*, vol. 25, pp. 50–61.
187. SCHEER, A. W. (2000): ARIS – Business Process Modeling, Springer, 3rd Edition
188. SCHWABER, K. (1995): Scrum Development Process, OOPSLA'95 Workshop on Business Object Design and Implementation, Springer-Verlag in (Abrahamsson et al., 2002)
189. SCHWALBE, K. (2010): Information Technology Project Management, 6th ed., Course Technology, Boston, MA, USA
190. SCHWARZE, J. (2006): Projektmanagement mit Netzplantechnik, Verlag Neue Wirtschafts-Briefe GmbH & Co. KG, Herne/Berlin, 1970, 9., überarbeitete Auflage
191. SEQUEIRA, M. W. (1991): Use of the Design Structure Matrix in the Improvement of an Automobile Development Process, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Department of Materials Science and Engineering, and Sloan School of Management
192. SHARIF, S. A. – KAYIS, B. (2007): DSM as a Knowledge Capture Tool in CODE Environment, *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 18, no. 4, pp.497-504.
193. SIMICZA A. B. – NÉMETH A. (2011): Multiprojektek támogatása mátrixos projekttervezési módszerekkel, Témavezető: Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, XXX. OTDK, Közgazdaságtudományi Szekció, Vezetés, Szervezés I. tagozat, Gödöllő, 2011. április 14-16. (DÍJAZÁS: III. DÍJ)
194. SINGH, K. J. – ERKES, J. W. – CZECHOWSKI, J. – LEWIS, J. W. – ISSAC, M. G. (1992): DICE approach for reducing product development cycle, in Proceedings of Worldwide Passenger Car Conf. and Expo, Dearborn, MI, USA, pp. 141–150.
195. SMITH M. F. (1991): Software Prototyping: Adoption, Practice and Management. McGraw-Hill, London
196. SMITH, R. P. – EPPINGER, S. D. (1997a): A predictive model of sequential iteration in engineering design, *Management Science*, vol. 43, no. 8, pp. 1104–1120.
197. SMITH, R. P. – EPPINGER, S. D. (1997b): Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration, *Management Science*, vol. 43, no. 3, pp. 276-293
198. STANDISH GROUP (1994): The CHAOS Report (www.standishgroup.com); another reference is Jim Johnson (1995): CHAOS: The Dollar Drain of IT Project Failures, *Application Development Trends*; In: Schwalbe (2010)
199. STAPLETON, J. (1997): Dynamic Systems Development Method – The method in practice, Addison-Wesley in (Abrahamsson et al., 2002)
200. STEINBUCH, P. A. (2000): Moderne Organisation für Praxis und Studium – Projektorganisation und Projektmanagement, Friedrich Kiehl Verlag GmbH, Ludwigshafen (Rhein), 2. Auflage
201. STEWARD, D. V. (1981a): The Design structure system: A method for managing the design of complex systems, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 28, no. 3, pp. 71-74.
202. STEWARD, D. V. (1981b): Systems Analysis and Management: Structure, Strategy and Design, Petrocelli Books, New York
203. STEWARD, D. V. (1987): Software engineering with systems analysis and design, Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, California
204. SZABÓ L. (2012): Projekt menedzsment, Pearson Education, Harlow
205. SZENDREI Ágnes (2006): Diszkrét matematika – Logika, algebra, kombinatorika, Szegedi Egyetemi Kiadó, Polygon, Szeged, 7. kiadás
206. TAKEUCHI, H. – NONAKA, I. (1986): The New New Product Development Game, *Harvard Business Review*, January- February 1986, pp. 137-146.

207. TANG, D. – ZHENG, L. – LI, Z. – LI, D. – ZHANG, S. (2000): Re-engineering of the design process for concurrent engineering, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 38, no. 4, pp. 479–491.
208. TIERSTEIN, L.M. (1997): *Managing a Designer/2000 Project*, New York Oracle User Group. Fall '97.
209. TURNER R. J. (1993): *The Handbook of Project-Based Management*, McGraw-Hill Book Company, London
210. TURNER R. J. (2009): *The Handbook of Project-Based Management*, McGraw-Hill Book Company, London
211. ULRICH, K. T. – EPPINGER, S. D. (2000): *Product Design and Development*, Second edition, McGraw-Hill, New York
212. VERZUH, E. (2006): *Projektmenedzsment*, kiadja: HVG ZRt., Budapest, 2006, a fordítás alapja: Erich Verzug: *The fast forward MBA in Project Management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
213. VON HIPPEL, E. (1990): Task partitioning: An innovation process variable, *Research Policy*, vol. 19, no. 5, pp. 407–418.
214. WARFIELD, J.N. (1973): Binary matrices in system modeling, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 3, no. 5, pp. 441–449.
215. WARFIELD, J.N. (1976): *Societal Systems: Planning, Policy, and Complexity*, Wiley, New York
216. WEAVER, P. (2008): *Brief History of Scheduling*, *PM World Today*, 2nd edition, Vol. X, No. II; originally presented at the MyPrimavera06 Conference 4-6 April 2006 Canberra, Australia
217. WEIL, R. L. – KETTLER, P. C. (1971): Rearranging matrices to block-angular form for decomposition (and other) algorithms, *Management Science*, vol. 18, no. 1, pp. 98–108.
218. WHITNEY, D. E. (1990): Designing the design process, *Research in Engineering Design*, vol. 2, no. 1, pp. 3–13.
219. WISCHNEWSKI, E. (1993): *Modernes Projektmanagement – Eine Anleitung zur effektiven Unterstützung, Durchführung und Steuerung von Projekten*, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
220. WOMACK, J.P. – JONES, D.T. (1996): *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, New York
221. WYSOCKI, R. K. (2009): *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, 5th ed.
222. YAGER, R.R. (2000): Intelligent control of the hierarchical agglomerative clustering process, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 30, no. 6, pp. 835–845.
223. YASSINE, A. – FALKENBURG, A. D. – CHELST, K. (1999): Engineering design management: An information structure approach, *International Journal of Production Research*, vol. 37, no. 13, pp. 2957–2975.

Felhasznált honlapok

1. MIT DSM Research Group (2005): MIT DSM Web Site: www.dsmweb.org (utoljára megnyitva: 2013. november 16.)
2. www.planningplanet.com/forums/planning-scheduling-programming-discussion/411152/flowcharts-and-cpacpm (letöltve: 2011. július 20.)
3. www.interventions.org/pertcpm.html (letöltve: 2011. július 19.)
4. epplans.com/external/menu17/menu1.html (letöltve: 2011. július 19.)
5. www.accessscience.com/content/Gert/288310 (letöltve: 2011. július 22.)
6. www.pmforum.org/library/second-edition/2008/PDFs/Weaver-2-08.pdf (letöltve: 2011. július 24.)
7. russarchibald.com/home/journals/ (letöltve: 2012. április 24.)
8. www.spiderproject.ru (letöltve: 2011. július 19.)
9. www.agilemanifesto.org/, 2001 (letöltve: 2012. március 03.)
10. www.extremeprogramming.org/ (letöltve: 2012. április 24.)
11. http://www.scribd.com/doc/6923048/Software-Engineering-Pressman-5th-EDITION 26-51. o. 2.3. alfejezet Szoftver folyamat modellek (letöltve: 2012. április 24.)
12. www.softdevteam.com/Incremental-lifecycle.asp (letöltve: 2012. április 24.)
13. www.method123.com (letöltve: 2012. augusztus 14.)
14. agilistréning.hu: www.agilistréning.hu/agilis-projektmenedzsment/agilis-megközelites (utoljára megnyitva: 2013. szeptember 21.)

6. MELLÉKLETEK

6.1. A szakirodalmi áttekintéshez kapcsolódó mellékletek

Projektdefiníciók

6-1. táblázat: A projektek tulajdonságainak összefoglalása

Szerző(k)	Projektjellemzők
Turner, 1993: 14, 2009: 2, 14. o.	- egyedi munka újszerű szervezeti keretek között hasznos változások elérésével - jelentős bizonytalansággal és kockázatokkal jár.
Wischnewski, 1993: 12. o.	- szokatlan, rendkívüli cél megvalósítása, - a határidő-, költség- és technikai kockázat közül legalább az egyik jellemzi.
Litke, 2007: 18-19. o.	- interdiszciplináris ; nagy projektek esetén komplex, - kockázatos (technikai, gazdasági, határidő tekintetében).
Aggteleky–Bajna, 1994: 21. o.	- időben lehatárolt; méretük, bonyolultságuk, jelentőségük és egyediségük miatt eltérnek a rutinszerű feladatokról, - a projekttervezés feladatának jelentősége.
Raffai, 1996: 100. o.	- a projektmunka megfelelő színvonalú, minőségi eredményének biztosításáért a projekt vezetője, a projektmenedzser felelős.
Lock, 1998: 14. o.	- „legfontosabb jellemzője az újdomsága ”, - kockázatos, bizonytalan.
Rinza, 1998: 3. o.	- egyszeri , komplex struktúrájú feladat, - a meghatározott célt előre megadott időn belül adott eszközökkel kell megvalósítani.
Görög, 1999: 16. o.	- egyszeri és komplex feladat; egy definiált cél (eredmény) elérésére irányul - teljesítési időtartama és költségei (erőforrások) meghatározottak.
Hobbs, 2000: 8. o.	- határozott eredménye van, - (emberi és más) erőforrásokon alapszik, időkeretek korlátozzák.
Lockyer–Gordon, 2000: 13-14. o.	- létezik a megvalósítást leíró projektterv, - adott a megvalósításra szánt időkeret és költség, - léteznek minőségi elvárások, követelmények , - létezik a projekt megvalósítását gátló bizonytalansági területek megjelölése, és az esetleges kockázatok értékelése, megfelelő reakciók.
Corsten, 2000: 1-5. o.	- időbeli korlátozottság; - komplexitás és relatív újszerűség (sajátosság vagy egyszeri előfordulás is lehet).
Görög, 2001: 32. o.	- konkrétan leírható teljesítéseket (vagy teljesítményeket), leszállítandókat hoz létre, ez lehet: kézzelfogható (például termék vagy készítmény); nem kézzelfogható (például szolgáltatás végrehajtása); cél vagy eredmény (például egy dokumentum).
Görög–Ternyik, 2001: 18. o.	- kölcsönös összefüggés az elsődleges célok (az elérendő eredmény, a teljesítés időtartama és költségkerete) között.
Pfetsing–Rohde, 2001: 14-15. o.	- egyszeri folyamat egy meghatározott cél elérésére - adott kezdési és befejezési időpont között, korlátozott erőforrásokkal, - egyedi hierarchiával és szabályozással (projektstruktúra), - egyedi normákkal, értékelképességekkel, beállítottságokkal, amelyek valamennyi projektben dolgozó viselkedését meghatározzák (projektkultúra), - a szervezeti stratégiából levezetett alapvető irányvonalakkal (projektstratégia).
PMI, 2006a: 21-22. o.; 2008	- egyedi termék, szolgáltatás vagy eredmény létrehozása, - időben behatárolt (van egyértelműen meghatározható kezdete és vége), ideiglenes .
Verzuh, 2006: 29-30. o.	- csak egyszer elvégzett munka, - jól meghatározott kezdeti és befejezési időpontja van, - egyedi terméket valósít meg.
Schwalbe, 2010: 4., 7-8. o.	- a körülmények projektről projektre változnak .
Kerzner, 2009: xxi-xxii., 2. o	- speciális célja van, - meghatározott kezdő és befejező dátummal rendelkezik, - finanszírozási korlátja van (ha alkalmazható), - emberi és nem emberi erőforrások használata (pl. munkaerő, pénz, felszerelések), - multifunkcionális (több funkcionális területet is érint).
Szabó, 2012: 4. o.	- egyszeri, nem ismétlődő; összetett, komplex feladat; - egyértelműen, világosan meghatározott célja (célrendszere) van; - adott költségvetési és időkerete, valamint hozzárendelt erőforrásai vannak; - a feladat mérete, bonyolultsága, jelentősége vagy egyedisége meghatározó; - meghatározott kezdő és befejezési időpont (a projekt csak ideiglenesen létezik).

6-2. táblázat: A projekt definíciók elemzése Madauss (2000: 524.o.) táblázatának továbbgondolásával

Projektjellemzők Definíciók szerzői	egyszeri előfordulás, egyszeri (adiklus) lefutás, (nem ismétlődő)	időbeli kötöttség, tisztaított kezdési és befejezési időpontok; ideiglenes	egyértelmű feladatmeghatározás, felelősség és elköltetés (végtermék)	komplexitás, bonyo- ltság, összetettség	a feladatkiadás inter- diszciplináris jellemzői – sok ember, munka- csoport, cég, stb. részvétele – különböző funkcionális területekről	(relatív) újszerűség, újdonosság	pénzügyi keretek és korlátozott erőforrások	nagyság, méret	bizonytalanság /kockázat	dinamika	más tervvel szembeni elhatárolás	projekt-specifikus szervezet	hasznos változás elérése	speciális szakismeret, szabályozás, eljárások	teljesítmény és minőség	egyedi termék, szolgáltatás, eredmény; egyedi feladat, (szokatlan törekvés)
Nasa, 1963: 75,76,91.o.	X	X	X													
Rüsberg, 1971: 20.o.	X	X	X	X	X											
Dreger, 1975: 2.o.	X	X	X													
Archibald, 1976: 2.o.		X	X	X			X									
Dülfer, 1982: 7.o.	X	X	X	X								X				
Groth et al., 1983: 10.o.	X	X														
Reschke – Svoboda, 1983: 6.o.		X	X		X	X	X									
Rosenau, 1984: 2,5.o.	X	X	X													
Platz – Schmelzer, 1986: 2.o.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Burghardt, 1988: 16.o.	X	X	X				X									
DIN 69 901	X	X	X				X				X	X				
Wischniewski, 1993: 12.o.		X					X		X							X
Aggtelek – Bajna, 1994: 21.o.		X	X	X			X	X						X		X
Raffai, 1996: 100.o.			X												X	
Lock, 1998: 14.o.		X				X	X		X						X	
Rinza, 1998: 3.o.	X	X		X			X									
Görög, 1999: 16.o.; 2001: 32.o.	X	X	X	X			X									
Madauss, 2000: 525-526.o.	X	X		X	X	X										
Hobbs, 2000: 8.o.		X	X				X									
Lockyer–Gordon, 2000: 13-14.o.	X	X	X				X									
Corsten, 2000: 1-5.o.	X	X		X		X										
Steinbuch, 2000: 24.o.	X	X		X	X				X							
Görög–Ternyik, 2001: 18.o.	X	X	X	X			X								X	
Pfetzinger–Rohde, 2001: 14-15.o.	X	X	X				X							X		
Method123, 2003: 4.o.	X	X					X						X			X
Verzuh, 2006: 29-30.o.		X														X
PMI, 2006a: 21-22.o.; 2008		X	X				X									X
Turner, 1993: 8.,14.; 2009:24.o.		X				X	X		X				X			X
Kerzner, 2009: xxi-xxii.,2.o		X	X		X		X									
Schwalbe, 2010: 4,7-8.o.		X			X				X							X
Szabó, 2012: 4.o.	X	X	X	X			X									X

Turner, 1993: 8., 14.o.; 2009: 2., 24.o.

Definition of a project: „an endeavour in which human, material and financial resources are organized in a novel way, to undertake a unique scope of work, of given specification, within constraints of cost and time, so as to achieve beneficial change defined by quantitative and qualitative objectives.” (Turner, 1993, 2009)

A project is a temporary organization to which resources are assigned to do work to achieve beneficial change. Resources from across the organization need to be integrated to work on the project. They work under a sense of urgency and uncertainty. *To coordinate their efforts they must have a plan that is robust but flexible, and that means it should be goal oriented and staged.* (Turner, 2009)

Wischniewski, 1993: 12.o.

„Jedes außergewöhnliche Vorhaben ist ein Projekt. Dabei kann das Vorhaben sowohl ein Kundenauftrag wie auch eine eigenfinanzierte Entwicklung darstellen. Außergewöhnlich ist ein Vorhaben genau dann, wenn mindestens einer der drei folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Das Vorhaben stellt besondere Anforderungen an die zeitliche Abwicklung (*Terminrisiko*).
- Das Kostenvolumen ist ungewöhnlich (*Kostenrisiko*).
- Es handelt sich um neuartige Technik (*Technisches Risiko*).“

Aggteleky - Bajna, 1994: 21,22.o.

„A *projektek* időben lehatárolt, gyakorlati vonatkozású vagy absztrakt tervek, amelyek méretük, bonyolultságuk, jelentőségük és egyediségük miatt a menedzsment rutinszerű terv- és vezetői feladatainak keretei között általában nem oldhatók meg kielégítően. A *projekttervezés* feladata, hogy az ilyen jellegű problematikákra optimális megoldásokat találjon és alkalmas feldolgozási módokat, illetve eljárásokat kínáljon.”

„A projekteket bizonyos bonyolultság és nagyság, valamint tematikus, időbeli és ráfordításokkal összefüggő lehatárolás jellemzi, azaz a projektek pontosan meghatározható kezdési és befejezési időponttal, terjedelemmel rendelkeznek. Általában saját céltervezést, felsőbb szempontú döntés(rejtés)t, valamint a rendszerkialakításra (objekttervezésre) és az alkalmazandó eljárásra (projektmenedzsmentre) vonatkozó speciális szakismeretet igényelnek.”

Projekt (DIN 69901 szerint) - Aggteleky – Bajna könyvében (1994: 68.o.)

„Olyan tervszándék (terv, feladat), amelynek legfontosabb jellemzője a feltételek egyszeri előfordulása az adott összetételben. Ilyen feltételek pl.:

- célleírás (tartalom, minőség, ráfordítások, határidők),
- időbeli, pénzügyi, személyi vagy egyéb behatárolások,
- más tervektől elhatárolás,
- projektspecifikus szervezet.”

Raffai, 1996: 100.o.

„Projektnek nevezzük azokat a szerveződések, amelyek egy meghatározott fejlesztési feladat tevékenységeinek elvégzésére alakulnak, jönnek létre. A projekt munka megfelelő színvonalú, minőségi eredményének biztosításáért a projekt vezetője → projekt-menedzser felelős.”

Lock, 1998: 14.o.

„Egy project legfontosabb jellemzője az újdonsága. Minden project egy lépés az ismeretlenbe, amely előre nem látható kockázatokat és bizonytalanságot rejt. Ezért bármely két, egyébként azonos project is különbözőképpen valósulhat meg eltérő kereskedelmi, adminisztratív és fizikai körülmények között, de ugyanez igaz egy olyan projektre is, amelyet már egyszer sikeresen megvalósítottak.”

„A projektek célja”: „1. Teljesítmény és minőség ... 2. A költségvetés... 3. A rendelkezésre álló idő” (Lock, 1998 15-18.o.)

Rinza, 1998: 3.o.

„Ein Projekt wird definiert als ein Vorhaben,

- dessen Ablauf zumindest weitgehend einmalig ist,
- dessen Struktur eine bestimmte Komplexität aufweist,
- dessen festgelegte Zielsetzung in vorgegebener Zeit und mit den gegebenen Mitteln zu erreichen ist.”

Görög, 1996: 15-16.o.

„A projekt egy olyan egyszeri, komplex tevékenységfolyamat, amelynek végeredménye – definiált célja – előre meghatározott műszaki paraméterekkel leírható olyan, önmagában működőképes létesítmény,

aminek megvalósítása időben és pénzértékben egyaránt meghatározott. Ebben az értelemben a projekt azonos magával a beruházási folyamattal, aminek végeredménye egy olyan létesítmény, amely további célkitűzések eléréséhez ... használható fel.”

Görög, 1999: 16.o.

„Projekt minden olyan tevékenység, amely egy szervezet számára olyan egyszeri és komplex feladatot jelent, amelynek teljesítési időtartama (kezdés és befejezés), valamint teljesítésének költségei (erőforrások) meghatározottak és egy definiált cél (eredmény) elérésére irányul”.

Hobbs, 2000: 8.o.

„Minden munka projekt is egyben, ha:

- határozott eredménye van,
- erőforrásokon alapszik (emberi és általában más erőforrásokon is)
- és időkeretek korlátozzák.

A projektek lényege egy kitűzött cél megvalósítása – legyen az egy híd felépítése, vagy valamilyen előnyös változás bevezetése, mint például a munkafolyamatok optimalizálása.”

Lockyer – Gordon, 2000: 13. o. az ISO 8402 (1994) szabványra hivatkozva

„Projekt: egyedi folyamatrendszer, amely kezdési és befejezési dátumokkal megjelölt, specifikus követelményeknek – beleértve az idő-, költség- és erőforrás-korlátokat – megfelelő célkitűzés elérése érdekében vállalt, koordinált és kontrollált tevékenységek csoportja.”

ISO 10006 szabvány kiegészítése:

„Ismérvek:

1. A szervezet ideiglenes, és a projekt élettartamára alakították.
2. A projekt számos esetben egy nagyobb projektstruktúra részét képezi.
3. A projekt célkitűzéseket és termékjellemzőket folyamatosan lehet meghatározni és elérni a projekt időtartama alatt.
4. A projekt eredménye lehet egy termék egy vagy több egységének megteremtése.
5. A projekttevékenységek közötti viszony összetett is lehet.”

Corsten, 2000: 1-4.o.

„Am häufigsten finden sich jedoch die folgenden Merkmale:

- zeitliche Befristung (zeitliche Abgeschlossenheit),
- Komplexität und
- relative Neuartigkeit (auch Singularität oder Einmaligkeit genannt).”

Rüsberg, 1971: 20.o. in Madauss, 2000: 516.o.

„Unter dem Begriff dem Begriff Projekt sollen ungewöhnliche Vorhaben verstanden werden, die durch

- einmalige (azyklische) Abläufe,
 - definierbare Anfangs- und Endzeitpunkte,
 - Aufgabenstellung und Zielsetzung,
 - die Beteiligung mehrerer oder zahlreicher Menschen, Arbeitsgruppen, Unternehmen oder Institutionen, und
 - Komplexität
- gekennzeichnet sind.”

Madauss, 2000: 525-526.o.

„Projekte sind Vorhaben mit definiertem Anfang und Abschluß, ... die durch die Merkmale zeitliche Befristung, Einmaligkeit, Komplexität und Neuartigkeit gekennzeichnet sind ... und wegen ihres interdisziplinären Querschnittcharakters eine vorübergehende organisatorische Veränderung und damit verbunden auch eine Neufestlegung der Aufgabenbereiche im Betrieb bewirken können.

DIN 69 901 in Steinbuch, 2000: 24.o. – Pftzing, Rohde, 2001: 14-15.o.

„Ein Projekt ist ein “Vorhaben, das im Wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, z.B. Zielvorgabe, zeitliche, finanzielle, personelle und andere Begrenzungen, Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben und projektspezifische Organisation”.”

Steinbuch, 2000: 24.o.

„Projekt – Kurzdefinition: Einmaliges Vorhaben einer Aufgabenausführung.”

„Mehrere *Eigenschaften* bestimmen Projekte: ... Bedeutung... Komplexität... Umfang... Interdisziplinarität... Einmaligkeit... Endlichkeit... Risiko....”

Pfetzing, Rohde, 2001: 14-15.o.

“Projekte sind damit immer etwas Zusätzliches, Besonderes. Sie erfordern jeweils spezielle, für konkrete Probleme und Aufgabenstellungen geeignete Regelungen und Verfahren.”

Definition: Projekt “Einmaliger Prozess mit einem bestimmten Start- und Endtermin zur Erreichung definierter Ziele mit

- begrenzten Ressourcen
- eigenständiger Hierarchie und Regelungen (Projektstruktur)
- eigenständigen Normen, Wertvorstellungen, Einstellungen, die das Verhalten aller Projektmitarbeiter prägen (Projektkultur)
- aus der Unternehmensstrategie abgeleiteter grundlegender Ausrichtung (Projektstrategie)”.

Görög, Ternyik, 2001: 18.o.

“Projekt minden olyan tevékenység, amely egy szervezet számára olyan egyszeri és komplex feladatot jelent, amelynek teljesítési időtartama, valamint teljesítésének költségei (erőforrások) meghatározottak, és (hasonlóan a stratégiai célfeladatokhoz) az egy definiált cél (eredmény, amely egyben mindig egy meghatározott minőség szerint értendő) elérésére irányul, azaz olyan valaminek a létrehozására, amely az adott időben a szervezet számára nem létező.” “Egy konkrét project ... leírható, illetve definiálható:

- a célként elérendő eredménnyel,
- a teljesítés időtartamával,
- a teljesítés költségkeretével.”

“Egy projektet mindenkor behatárolnak a rá jellemző konkrét elsődleges célok, amelyek között kölcsönös összefüggés áll fenn”.

Method123, 2003: 4.o.

Project: „A unique endeavor to produce a set of deliverables within clearly specified time, cost and quality constraints.”

Verzuh, 2006: 29-30.o.

„Minden projekt két fontos jellemzővel rendelkezik:

1. Minden projektnek van kezdete és befejezése. A kezdés időpontja nem biztos, hogy egyértelmű, mivel általában egy ötletet fejlesztenek tovább projektté. A végét azonban pontosan definiálni kell, mert a projekt minden résztvevőjének egyet kell értenie azzal, mit értünk a projekt befejezése alatt.
2. Minden projekt egyedi terméket állít elő. Az eredmény lehet kézzelfogható, mint például egy épület vagy egy szoftver, vagy elvont, mint például új betegfelvételi irányelvek.”

„A rendszeresen végzett tevékenységek a projekttel ellentétes jellemzőkkel rendelkeznek, mivel nincs befejezésük, és segítségükkel a cégek hasonló – sokszor egyforma – szolgáltatást vagy terméket nyújtanak ügyfeleiknek. A rendszeresen végzett tevékenységek gyakran a vállalat vagy a részleg elsődleges céljait képviselik.... A rendszeresen végzett tevékenységek hasonló termékeket állítanak elő, illetve hasonló szolgáltatást nyújtanak, és nincs határozott lezárásuk.”

PMI, 2006a: 21-22.o.

„A projekt egy időben behatárolt erőfeszítés egy egyedi termék, szolgáltatás vagy eredmény létrehozása céljából.” („időben behatárolt”: „van egyértelműen meghatározható kezdete és vége.”; „Egy projekt egyedi teljesítéseket, leszállítandókat hoz létre, amelyek termékek, szolgáltatások vagy egyéb eredmények lehetnek.”; „Az egyediség a projekt leszállítandóinak fontos jellemzője.”

PMI, 2008 – 4th ed. In Schwalbe, 2010: 4.o.

A project is “a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service, or result.”

Schwalbe 2010: 4, 7-8.o.

“ A project is a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service, or result.”

Project attributes:

- „a project has a unique purpose...
- A project is temporary...
- a project is developed using progressive elaboration...
- a project requires resources, often from various areas...
- a project should have a primary customer or sponsor...
- a project involves uncertainty...”

Kerzner, 2009: 2.o

“A project can be considered to be any series of activities and tasks that:

- have a specific objective to be completed within certain specifications

- have a defined start and end dates
- have funding limits (if applicable)
- consume human and nonhuman resources (i.e. money, people, equipment)
- are multifunctional (i.e. cut accross several functional lines).”

Szabó, 2012: 4.o.

„Projektnek tekintünk tehát minden olyan feladatot, amely a következő ismérvekkel rendelkezik:

- egyszeri, nem ismétlődő;
- összetett, komplex feladat;
- egyértelműen, világosan meghatározott célja (célrendszere) van;
- adott költségvetési és időkerete van;
- hozzárendelt erőforrásai vannak;
- a feladat mérete, bonyolultsága, jelentősége vagy egyedisége meghatározó;
- meghatározott kezdő és befejezési időpontja van (a projekt csak ideiglenesen létezik).”

Projektek és folyamatok összehasonlítása

A szakirodalom segítségével röviden bemutatom a projektek és folyamatok közötti hasonlóságokat, valamint különbségeket. Folyamat alatt a különböző folyamat típusok (például üzleti, termelési, logisztikai) közül az üzleti folyamatokat értem. Az alábbi összehasonlító táblázat tartalmazza a legfontosabb jellemzőiket.

6-3. táblázat: Projektek és folyamatok összehasonlítása

Projektek	Folyamatok
Közös jellemzők	
➤ emberek hajtják végre, ➤ tevékenységek sorozata, ➤ tervezés, végrehajtás, ellenőrzés, ➤ meghatározott céljuk és eredményük van, ➤ korlátozott erőforrásokat használnak, ➤ meghatározott kezdő- és befejezőeseménnyel rendelkeznek.	
Különbségek	
○ ideiglenesek, ○ az elsődleges célrendszer által behatárolt, ○ célja: viszonylag egyedi, nagy kiterjedésű feladatok elvégzése, ○ túlmutatnak a szervezet megszokott működési keretein, ○ ideiglenes erőforrások (új csapatok), ○ kockázat és bizonytalanság jellemzi, ○ gyakran tekinthetők a szervezet stratégiai tervét megvalósító eszköznek, ○ a szervezet változását, környezethez való alkalmazkodását, rugalmasságát fejezik ki, ○ tervezés, nyomon követés például Microsoft Project és WBS Chart Pro programokkal.	▪ ismétlődő és folyamatos, ▪ folyamatosan, állandó jelleggel jelen vannak, ▪ operatív tevékenységek, ▪ tevékenységek logikus sorozata, mely egy vagy több szervezet számos feladatának együttműködését követeli meg, ▪ állandó erőforrások, ▪ tapasztalatok jellemzik, ▪ elemei tevékenységek, döntések, illetve ezek és a szervezeti felelősségek közötti kölcsönös kapcsolatok, ▪ input-output kapcsolattal jellemezhetők, ▪ tervezés, nyomon követés Microsoft Visio és Excel programokkal (pl. folyamatábrák, felelősségi mátrixok), ARIS szoftvercsomag segítségével.

(Görög, 1999; PMI, 2006a; Gareis-Stummer, 2008)

6-4. táblázat: Projektek tipologizálása különböző szempontok szerint

Szempontok	Projekt típusok	Szerző(k)
A projektben foglalt feladat komplexitása és újszerűsége alapján	„pionír”, „potenciál”, „ismételt” projektek, standard feladatok; - magas / alacsony újszerűségi fokkal rendelkező p.	Litke, 1992: 38-61.o.; Corsten, 2000: 6.o.
A célok fajtája, konkretizálhatósága, illetve számszerűsíthetősége alapján	- sztochasztikus (nyitott), - determinisztikus (zárt) projektek	Aggteleky – Bajna, 1994: 140.o.
A hasznosság fajtája és számszerűsíthetősége alapján	- eszmei célok és hatások; - általános hasznosítás; - üzemgazdasági hasznosítás	
Az elvégzendő tevékenységek jellege, illetve a használt módszertani és tech-nikai eszközök megfelelő megválasztása érdekében; a létrehozandó projekt-eredmény tartalma szerint	- beruházási, - kutatási és fejlesztési, - szellemi szolgáltatási/szervezet-fejlesztési/szervezeti projektek; (informatikai projektek); - Egyéb - társadalmi, gazdasági, orvosi projektek	Görög, 1999: 6,27-31.o., Görög – Ternyik, 2001: 21-22.o., Görög, 2003: 34-35.o.; Rinza, 1998: 7-8.o.
A résztvevők szempontjából/külső-részvétel szerint	- külső/külsőleg befolyásolt/idegen, - belső/külsőleg nem befolyásolt (belső)/saját; - vegyes (részben külső, részben belső)/(vállalati alkalmazottak és külső szakértők) projektek	Görög, 1999: 6,27-31.; Corsten, 2000: 6.o.; Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.; Görög, 2003: 34-35.
A munkatársak bevonása a projekt munka méretének megfelelően	- teljes munkaidős, - részmunkaidős, - vegyes projektek	Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.o.
Orientáltsága szerint	tárgyi célú / folyamatorientált projektek	Corsten, 2000: 6.o.
Az érintettek szerint	- személyes, állami, vállalati, - egyesületek, kutatási intézmények, főiskolák, intézmények projektjei	Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.o.
A projekt feladat tartalma szerint (gazdálkodó vállalatoknál); Ipari szektor szerint	- építési, termékbevezetési, termékfejlesztési, szoftverimplementálási, vállalat alapítási p.; - építőmérnöki, építészeti, petrokémiai, bányászati és kőfejtési; feldolgozóipari projektek; (belső) menedzsmentprojektek; kutatói projektek - építési, üzemlétesítési, IT, gyógyszerészeti, stb	Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.o.; Lock, 1998: 14.o.; Gareis – Stummer, 2008: 54-56,58-61.o.
Innovációfajta szerint	„forradalmi” (pl. radikális újragondolási); - fejlődési, fejlesztési (továbbfejlesztés, javítás); terjeszkedő projektek	Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.o.
A projekteredmény meghatározhatósága szerint	- jól kvantifikálható és - nehezen kvantifikálható projektek	Görög – Ternyik, 2001: 21-22.o.
A stratégiához való illeszkedés szerint	- esemény jellegű projektek; - szuperprojektek/megaprojektek/programok	
Párhuzamosan futó projektek	multiprojekt, program, projektportfólió	PMI, 2006a: 32-33.o.
Helyileg	nemzeti, nemzetközi	
Tartalma szerint	vevőszolgálat, termékek és piacok, infrastruktúra, személyzeti, szervezeti projektek, stb.	
Befektetési fázis szerint	tanuló, koncepcionális, bevezetési, újbevezetési/karbantartási	Gareis – Stummer, 2008: 54-56,58-61.o.
Az ismétlődés foka szerint	egyedi vagy ismétlődő	
Vevők szerint	külső vagy belső vevő	
A projekt időtartama szerint	rövid, közép vagy hosszú távú projekt	
Folyamatokhoz való kapcsolata szerint	primer, szekunder vagy terciér folyamat	
A projektek szervezeti szintje szerint	stratégiai és operatív projektek	
A projektek kiterjedése szerint	nemzetközi, nemzeti, konszern, üzemi szintű, több vállalati osztályt érintő, szakterületi szintű p.	
A projektek tartalma szerint	- struktúra-orientált, - termék-orientált, - termelési eszköz-orientált, - építési, kooperáció-orientált, - piac, illetve értékesítés-orientált, - rendszer-bevezetési, esemény-szervezési projektek	Szabó, 2012: 4-15.o.
A projektek mérete szerint	időtartama, költségei, technikai-technológiai paraméterek	
A projektek filozófiája szerint	- vállalati: reengineering, vállalat-átalakítási, szervezetfejlesztési, informatikai, minőségügyi, logisztikai, értékesítési, termelési projektek - társadalmi: környezetvédelmi, szociális, egészségügyi, oktatási-képzési, kulturális p.	

6-5. táblázat: Projektek tipologizálása szerzők szerint

Szerző(k)	Projekttypusok
Litke, 2007: 46.o.	- <i>a projektben foglalt feladat komplexitása és újszerűsége alapján: „pionír”, „potenciál”, „ismételt” projektek és standard feladatok</i>
Aggteleky – Bajna, 1994: 140.o.	- <i>A célok fajtája, konkretizálhatósága, illetve számszerűsíthetősége alapján: sztochasztikus (nyitott) és determinisztikus (zárt) projektek</i> - <i>A hasznosság fajtája és számszerűsíthetősége alapján: eszmei célok és hatások; általános hasznosítás; üzemgazdasági hasznosítás különíthető el.</i>
Lock, 1998: 14.o.	- <i>építőmérnöki, építészeti, petrokémiai, bányászati és kőfejtési; feldolgozóipari projektek; (belső) menedzsmentprojektek; kutatói projektek.</i>
Rinza, 1998: 7-8.o.	- <i>Beruházási projektek</i> - <i>K+F projektek</i> - <i>Szervezeti projektek</i> - <i>Egyéb – társadalmi, gazdasági, orvosi projektek.</i>
Görög, 1999: 6, 27-31.o.; Görög, 2003: 34-35.o.	- <i>az elvégzendő tevékenységek jellege, illetve a használt módszertani és technikai eszközök megfelelő megválasztása érdekében/ a létrehozandó projekteredmény tartalma szerint: beruházási⁴⁸, kutatási és fejlesztési⁴⁹; szellemi szolgáltatási/szervezetfejlesztési⁵⁰ projektek</i> - <i>a résztvevők szempontjából: külső⁵¹, belső⁵², vegyes⁵³ (részben külső, részben belső) projektek.</i>
Corsten, 2000: 6.o.	- <i>tárgyi célú / folyamatorientált projektek</i> - <i>külsőleg befolyásolt / külsőleg nem befolyásolt (belső) projektek</i> - <i>magas / alacsony újszerűségi fokkal rendelkező projektek</i>
Steinbuch, 2000: 21-23, 67-70.o.	- <i>az érintettek szerint: személyes projektek, állami projektek, vállalati projektek, egyesületek, kutatási intézmények, főiskolák, intézmények projektjei</i> - <i>a projektfeladat tartalma szerint (gazdálkodó vállalatoknál): építési, termékbevezetési, termékfejlesztési, szoftverimplementálási, vállalatalapítási projektek.</i> - <i>a projekt feladatától függően:</i> ➤ <i>innovációfajta: „forradalmi” (pl. radikális újragondolási); fejlődési, fejlesztési (továbbfejlesztés, javítás); terjeszkedő projektek</i> ➤ <i>munkatársak bevonása a projektmunka méretének megfelelően: teljes munkaidős, részmunkaidős, vegyes projektek</i> ➤ <i>külsőrésztvétel szerint: idegen, vegyes (vállalati alkalmazottak és külső szakértők), saját projekt.</i>
Görög – TERNYIK, 2001: 21-22.o.	- <i>az elérendő eredmény alapján: beruházási; kutatási és fejlesztési; szellemi szolgáltatási projektek; informatikai projektek⁵⁴</i> - <i>a projekteredmény meghatározhatósága szerint: jól kvantifikálható és nehezen kvantifikálható projektek</i> - <i>stratégiához való illeszkedés szerint: esemény jellegű projektek⁵⁵; szuperprojektek/megaprojektek/programok⁵⁶</i>
PMI, 2006a: 32-33.o.	- <i>párhuzamosan futó projektek: multiprojekt, program, projektportfólió</i>
Gareis – Stummer, 2008: 54-56., 58-61.o.	- <i>ipari szektor szerint: építési, üzemlétesítési, IT, gyógyszerészeti, stb.;</i> - <i>helyileg: nemzeti, nemzetközi;</i> - <i>tartalma szerint: vevőszolgálat, termékek és piacok, infrastruktúra, személyzeti, szervezeti projektek, stb.;</i> - <i>befektetési fázis szerint: tanuló, koncepcionális, bevezetési, újrabevetési/karbantartási;</i> - <i>az ismétlődés foka szerint: egyedi vagy ismétlődő;</i> - <i>vevők szerint: külső vagy belső vevő;</i> - <i>a projekt időtartama szerint: rövid, közép vagy hosszú távú projekt;</i> - <i>folyamatokhoz való kapcsolata szerint: primer, szekunder vagy terciér folyamat.</i>
Szabó, 2012: 4-15.o.	- <i>a projektek szervezeti szintje szerint:</i> ➤ <i>stratégiai és operatív projektek</i> - <i>a projektek kiterjedése szerint:</i> ➤ <i>nemzetközi, nemzeti, konszern, üzemi szintű, több vállalati osztályt érintő, szakterületi szintű projektek</i> - <i>a projektek tartalma szerint:</i> ➤ <i>struktúra-orientált, termék-orientált, termelési eszköz-orientált, építési, kooperáció-orientált, piac, illetve értékesítés-orientált, rendszer-bevezetési, esemény-szervezési projektek</i> - <i>a projektek mérete (időtartama, költségei, technikai-technológiai paraméterei) szerint</i> - <i>a projektek filozófiája szerint:</i> ➤ <i>vállalati: reengineering, vállalat-átalakítási, szervezetfejlesztési, informatikai, minőségügyi, logisztikai, értékesítési, termelési projektek</i> ➤ <i>társadalmi: környezetvédelmi, szociális, egészségügyi, oktatási-képzési, kulturális projektek</i>

Projektmenedzsment definíciók

Turner (1993: 9-15.o.): „Project management is the process by which a project is brought to a successful conclusion.” „Project management has three dimensions:

- the *objectives*: scope, organization, quality, cost, time
- the *management processes*: plan, organize, implement, control
- the *levels*: integrative, strategic, tactical.”

„Project management has three levels:

- *why*: the purpose, context and principles of the approach
- *what*: the methods of the approach
- *how*: the tools and techniques of the approach.” (Turner, 1993: 32.o.)

Papp Ottó (1998: 13.o.): A projektmenedzsment „egy komplex folyamat (projekt) egészét átfogó és eredményességét segítő integrált vezetési-irányítási rendszer, amely magába foglalja a projekt egész „életciklusát”; a problémafeltárás, illetve koncepcióalkotás fázisától egészen a megvalósítás, az implementálás fázisáig.”

DIN 69 901 in **Steinbuch**, 2000: 27.o.

„Projektmanagement – Definition der DIN 66 901: Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und –mittel für die Abwicklung eines Projektes.”

„Projektmanagement – Kurzdefinition in Anlehnung an DIN 66 901:

Gesamtheit der Führungsaufgaben zur Projektabwicklung.”

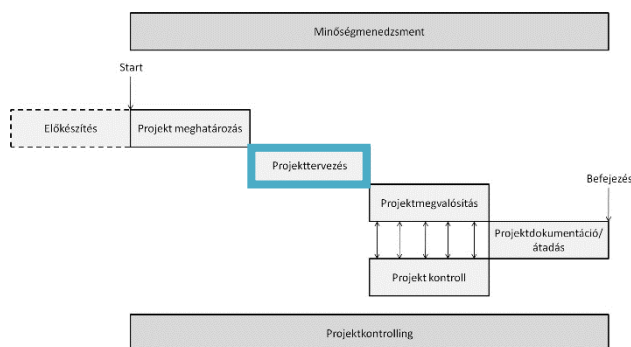
Method123, 2003: 4.o.

“Project Management is the skills, tools and management processes required to undertake a project successfully”

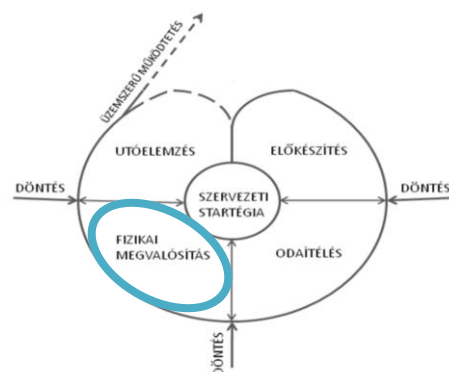
A **PMI** (2006a: 24.o.) szerint: „A projektmenedzsment a projekt tevékenységeinek végrehajtása során a tudás, a képességek, az eszközök és a technikák alkalmazása a projekt követelményeinek teljesítése céljából. A projektmenedzsment a projektmenedzsment-folyamatok – kezdeményezés, tervezés, végrehajtás, követés és ellenőrzés, valamint lezárás – alkalmazásán és egységbe illesztésén keresztül valósítható meg.”

Görög Mihály (2001: 18.o.) szerint: „a projektmenedzsment nem más, mint magának a létesítménymegvalósítás folyamatának a vezetése, irányítása, szervezése, amely egyrészt az erőforrásokat, másrészt az információkat, továbbá a rendelkezésre álló módszertani és technikai eszköztárat a definiált cél elérésére összpontosítja.”

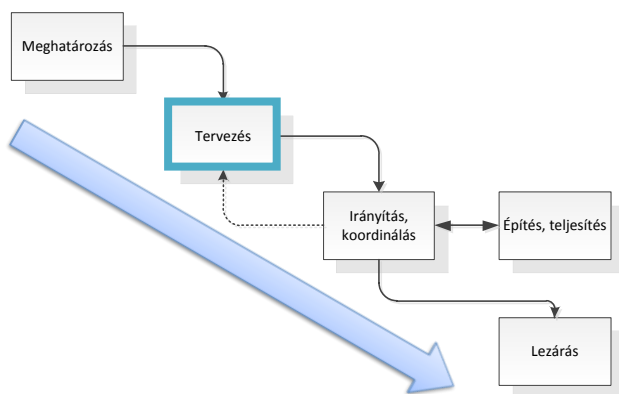
Projekt(menedzsment) életciklus modellek és fázisok



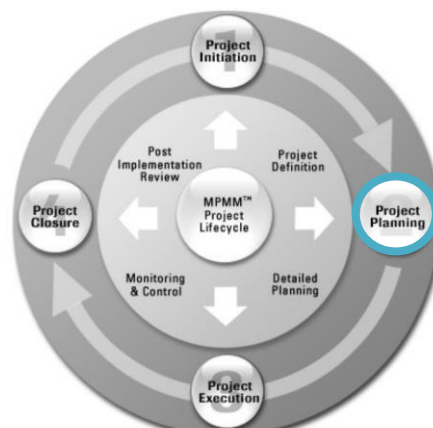
6-1. ábra Corsten (2000) projektmenedzsment fázisai



6-2. ábra A létesítménymegvalósítási projekt életciklusa Görög (2001;2003) szerint



6-3. ábra: Bender (2010) projektmenedzsment folyamatmodellje



6-4. ábra: A projektélelciklus fázisai a Method123 (2003) szerint

Projekttervezés „hagyományos” módszerekkel

6-6. táblázat: A legismertebb hálótérvezési módszerek kialakulása

Hálótérvezési módszerek	Kialakulása
PERT-módszer	- Eredetileg 1956-ban kezdték el fejleszteni; - Az Amerikai Haditengerészet Speciális Projekt Irodája akkoriban nagy katonai fejlesztési programokban vett részt, melynek keretében 1958-ban a Polaris fegyverrendszer kifejlesztése során⁵⁷ alkalmazták először (alkalmazásával csaknem 2 évet nyertek a projekt során); - Később az Apolló program⁵⁸ során is alkalmazták - kapcsolódó kutatások: (Fulkerson, 1962; Fatemi Ghomi – Rabbani, 2003)
CPM-módszer	- 1956-ban az Egyesült Államokban az előző módszertől függetlenül a DuPont vállalat kezdeményezte kidolgozását; - 1957-ben Morgan R. Walker a DuPont mérnöke és James E. Kelley jr. a Remington-Rand számítástechnikusa készített egy <i>nyildíagramot</i>, mely később CPM néven vált ismertté. (Kelley – Walker, 1959; Kelley, 1961)
MPM-módszer	- 1957-ben dolgozták ki a metra potenciális módszer alapjait Franciaországban; - Roy nevéhez fűződik a potenciálok módszere.
GERT-módszer	- 1966-ban Pritsker dolgozta ki a NASA megbízásából (Pritsker, 1966).

Forrás: (Kerzner, 2009; Lock, 1998; Papp, 1967; Schwarze, 2006) alapján

6-7. táblázat: A GERT-módszer során alkalmazott jelölések

Jelölés	Értelmezés
	„KIZÁRÓ VAGY” bemenet: a csomópontba vezető bármely ág bekövetkezése a csomópont megvalósulását okozza. Az egyik ág (tevékenység) végrehajtása kizárja a többi bejövő tevékenység végrehajtását.
	„VAGY” bemenet: a csomópont akkor következik be, ha valamelyik bejövő tevékenység végrehajtott. Értelmszerűen a legrövidebb időtartamú ág/tevékenység ideje biztosítja a csomópont bekövetkezését.
	„ÉS” (determinisztikus) bemenet: a csomópont akkor következik be, ha valamennyi bejövő tevékenység végrehajtott. Ebből adódik, hogy a megvalósulási idő a leghosszabb tevékenység teljesítési idejével egyezik meg.
	Determinisztikus kimenet: ha a csomópont bekövetkezik, akkor végrehajtható az összes tevékenység, ami a csomópontból indul (mindegyik ág valószínűsége 1).
	Sztochasztikus kimenet: ha a csomópont bekövetkezik, akkor a kiinduló ágak közül pontosan egy hajtható végre. (A kimenetek valószínűségeinek összege 1).

Forrás: (Pritsker, 1966: 6.o.)

6-8. táblázat: Hálótervezési módszerek összehasonlítása

Hálótervezési módszerek	Jellemzői	Előnyei	Hátrányai
PERT-módszer	- Sztochasztikus, a tevékenységidők valószínűségi változók, - Eredetileg csak <i>esemény csomópontú háló</i> esetén volt alkalmazható. - Vagy a tevékenységeket, vagy az eseményeket ábrázolja a háló csomópontjában,, tehát AoN- és AoA-hálóként is használható. - Hasznos a bizonytalanság figyelembe vételével történő tervezés és irányítás során. - Minden tevékenységhez el kell végezni a hárompontos időbecslést. Az optimista, legvalószínűbb és pesszimista időadatokat az adott tevékenységet leginkább ismerő személy(ek) becslé(k). - A fentiek alapján a kritikus út és a tartalékidők kiszámolhatók.	- Alapos tervezésen nyugszik - Megvalósítási idők valószínűségeés szórása számolható, így alternatív tervek is készíthetők, illetve elemezhetők. - Képes értékelni a program változásainak, illetve a tényleges időtervektől való eltérésének hatását - Nagyfokú bizonytalanság kezeléséhez használható. - Alkalmas a tevékenységidők bizonytalanságának kezelésére.	- Összetett, sok adatot igényel - idő- és munkaintenzív, - bonyolult, körülményes az alkalmazása különösen szoftveres támogatottság hiányában - A gyakorlatban szinte alig használják. - A tevékenységek időtartamait függetleneknek feltételezzük.
CPM-módszer	- Determinisztikus, - Manapság többnyire a <i>tevékenység nyíl háló</i> szinonimája - Legfontosabb célja a projekt befejezéséhez szükséges legrövidebb időtartam kiszámolása a logikai korlátok és a tevékenységek becsült időtartamának figyelembe vételével	- Meghatározza a projekt kritikus útját, illetve a nem kritikus tevékenységek (teljes, szabad, független) tartalékidejét, - Elemzésre és ellenőrzésre is használható; - különböző időadatok, tevékenységek közötti logikai kapcsolat megjelenítése, kritikus út számítása.	- A tevékenységek közötti átfedések grafikus ábrázolására nincs mód ezzel a technikával, - Vizuálisan nem érzékelhetők a várakozások és átfedések, nem szemléletes.
MPM-módszer	- Determinisztikus, - Manapság a <i>tevékenység csomópontú háló</i> szinonimája, - Logikai diagram vagy angolszász szakirodalomban precedencia diagram, - Eredetileg csak kezd-kezd kapcsolatokat tudott kezelni, de az eredeti koncepciót bővítették, továbbfejlesztették.	- Szoftver csomagok általában tevékenység csomópontú hálókat alkalmaznak, - Tevékenységszámtól függetlenül képes érzékelteni a logikai kapcsolatokat.	- Túl sok adat feltüntetése bonyolulttá teheti a háló áttekintését és értelmezését, - Csak determinisztikus időadatokat kezel.
GERT-módszer	- A tevékenységek és a tevékenységidők is lehetnek valószínűségi változók.	- Determinisztikus és sztochasztikus időadatokat is képes kezelni; - AND/OR/XOR operátorok, döntési események kezelése.	- A többi módszerhez hasonlóan a GERT sem kezeli a tevékenységek között a rákövetkezési relációkat valószínűségi változóként.

Forrás: (Papp, 1967; Lock, 1998; Görög, 2001; Schwarze, 2006; Kerzner, 2009; Kiss –Török, 2009)

Szoftverfejlesztési modellek

Az alábbi táblázatban összefoglaltam a különböző szoftverfejlesztési modellek tulajdonságait, mikor célszerű használni őket. Az első négy inkább a felhasználói oldal igényeinek felel meg, míg az utolsó hat modell a fejlesztői szabadságot helyezi előtérbe.

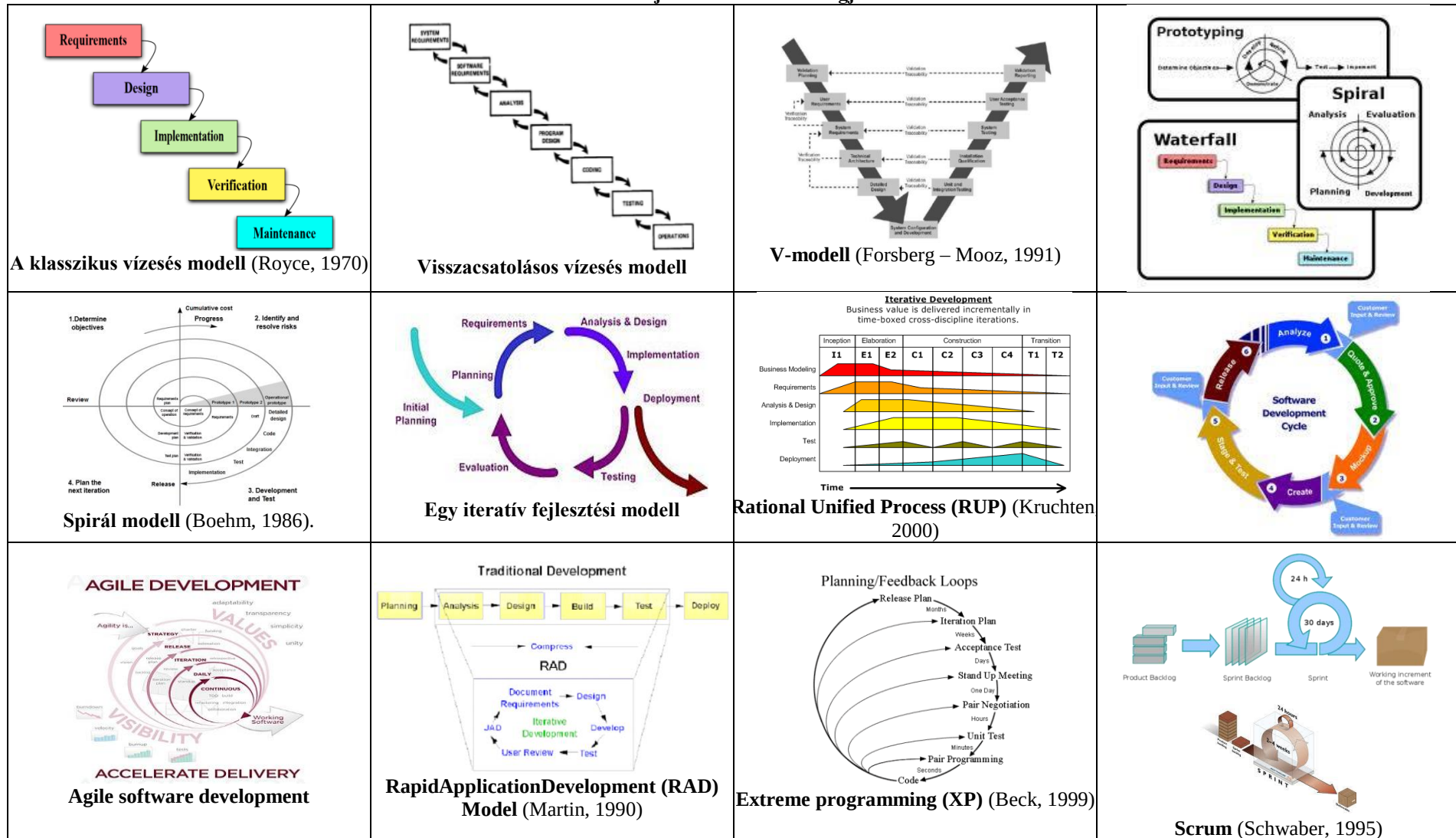
6-9. táblázat: A szoftverfejlesztési modellek összehasonlítása

Modell megnevezése	Lényege	Előny	Hátrány	Mikor használható?
Vízesés modell (életciklus szemléletű tervezés)	- a szoftverfejlesztés lépcsőin sorban végigmegy, némi átfedés lehet, - legrégebb, legelterjedtebb modell, - hagyományos mérnöki szemléletet követ	- egyszerű a megvalósítás, - könnyű menedzselni, - világos a tevékenységek struktúrája	- nem támogatja a párhuzamosságot és a komponensek újrafelhasználását, - nincs tapasztalatgyűjtés, - nehéz a javítás, a korrekció, - feltételezi az igények pontos megfogalmazását, ami a projekt indításakor problémás, - a felhasználónak nincs beleszólása, a működő programot csak a tervezési ciklus végén kapja meg, - a fázisok végén szakértői felülvizsgálat, mielőtt a következő fázis elkezdődne.	- jól meghatározott követelmények, illetve a végrehajtás során - kevés változás esetén - a felhasználó egyéni, speciális igényeinek kielégítésére szolgáló szoftvertermék fejlesztésekor
V-modell	- fejlesztés folyamatos visszacsatolással - top-down rendszermegközelítés és bottom up megvalósítás	- folyamatos visszacsatolás, - garancia a magas termékminőségre, - a betanulási idő és a képzési költségek csökkentése	- az esetlegesen sok visszacsatolás miatt sokáig tarthat.	- változó környezetben, ahol rendszeres visszacsatolásra van szükség
Prototípuson vagy gyors modellezésen alapuló modell	- elemzés után készítenek egy prototípust, melyet majd újraterveznek, újraprogramoznak, újratesztelnek, hogy minél inkább megfeleljen a felhasználó igényeinek	- kevésbé kockázatos, ezért költségkímélő; - gyorsan elkészül a 0. változat; időben rendelkezésre állnak a legfontosabb funkciók, - fokozatos javulás a prototípusokban, - nem kerülnek be felesleges funkciók a rendszerbe	- maradhatnak a véglegesben prototípus szintű megoldások; - az egyenként kialakított jó megoldások nem biztos, hogy egy egységes egészé állnak össze, előfordulhatnak kompatibilitási problémák, - nem biztos, hogy konzisztens lesz a rendszer struktúrája, - sok prototípus eldobása pazarlás; a megrendelő elnyomja a fejlesztőt	- gyorsan kell egy használható verzió a felhasználó számára; - változó feltételek esetén, - kísérleti fejlesztéseknél, kis termék esetén, üzleti intelligencia rendszerek, illetve szakértői rendszerek, vagy egyes moduljaik fejlesztésénél
Programnövesztési modell	- vízesés modell, de funkciók szerint fejlesztik a programot	- funkció részletesen kidolgozott; jól párhuzamosítható az egyes részek kidolgozása	- az egész rendszerre vonatkozó elemzés és tervezés során hozott rossz döntések, hibák benne maradhatnak	- kisebb költségvetés vagy gyorsabb bevezetés esetén; rögzített, jól definiált igények esetén

Modell megnevezése	Lényege	Előny	Hátrány	Mikor használható?
Újrafelhasználható komponenseken alapuló modell	újrafelhasználható komponensek (kész, előzetesen definiált, elkészített függvények, eljárások, modulok) beépítése a rendszerbe	gazdaságos, gyors, megbízható (előzetes tesztek miatt)	túl nagy a mérete, (nem a teljes modulra van szükség, de így áll rendelkezésre); komponensek illesztése nehézkes; nehezen módosíthatók	sürgős határidők esetén; ha rendelkezésre állnak az adott területen újrafelhasználható komponensek
Magasszintű nyelveken, vagy alkalmazásgenerátorokon alapuló modell	probléma definiálása (megadott korlátok között), majd az alkalmazásgenerátor automatikusan előállítja a programkódot; fejlesztő tesztel	szabványos alkalmazások gyorsan fejleszthetők, egyszerű, hibamentes kód	kódok nem hatékonyak, nagyméretűek, utólagos módosítás nehézkes	szabványos alkalmazási területen (például raktárnyilvántartás)
Spirál modell	több modell kombinációja (prototípus+vízesés), a fejlesztés fázisát többször is végigjárja a fejlesztendő elem kiválasztását a rizikófaktor meghatározásával végzik, a kiválasztás kritériuma a funkció hasznossága,	folyamatos fejlesztés, fázisokra tagolt eljárás, fázisonként ugyanazokkal a visszatérő tevékenységekkel, alternatívák értékelése és kockázatelemzés minden fázisban.	a fejlesztés hosszadalmas, elkészültekor már lehet, hogy nem aktuális	nagy kockázatú, bizonytalan fejlesztés esetén, nagyméretű, drága és összetett projektek során, illetve standard szoftverek esetén
Operációs folyamatmodell	azonnal elkészíthető a program a pontos tervezés miatt	azonnal elkészíthető a program, nem kell kódolni	nagyon pontos tervezés	specifikáció pontossága függvényes, ebből már algoritmizálható a program (pl. az ARIS-ban készített program SAP-fejlesztéshez közvetlenül használható)
Agilis szoftverkészítés	az iterált fejlesztést egy projekt teljes életciklusára kiterjeszti	kis kockázatú fejlesztésre törekszik a rövid idejű fejlesztési ciklusokkal (ismétlések, iterációk); személyes kapcsolatok	NEM használható: nagy projekteknel, elosztott fejlesztéseknél, létfontosságú projektekben; kevés írásos dokumentáció	kis projektméret, kevés (de tapasztalt) fejlesztő esetén, illetve gyakran változó követelmények esetén
Extrém programkészítés (XP)	állandó változásokhoz való alkalmazkodás, egyszerűség, visszacsatolás	jobb kommunikáció a megrendelővel, jobb programkód	követelmények folyamatos változása, kevés írásos dokumentáció	állandóan változó környezetben

Forrás: (Raffai, 1996; Steinbuch, 2000; Kiss, 2009) alapján

6-10. táblázat: A szoftverfejlesztési modellek megjelenítése2-13. táblázat



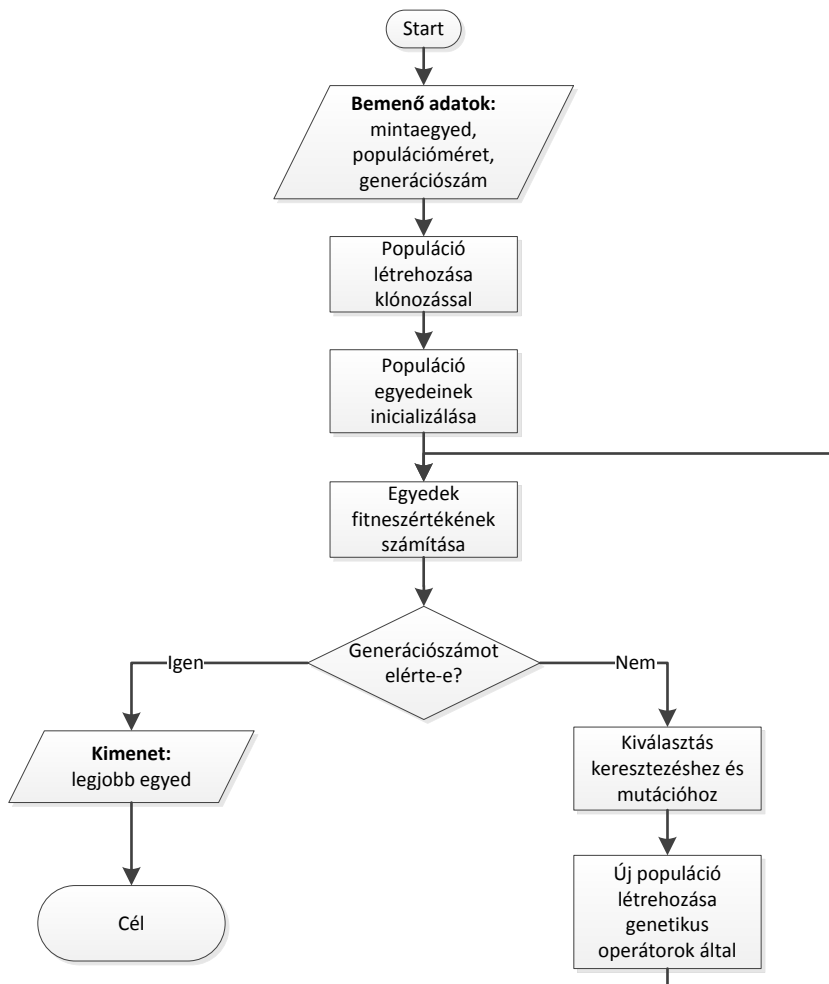
6.2. A „pgramain.m” program eredménye az adott példára

6-11. táblázat: A PEM-mátrixhoz tartozó összes SNPM- és DSM-mátrix

<table><tr><td>1</td><td>0,8</td><td>0</td><td>0,6</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0,8</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0,6</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0,8	0	0,6	0	0	1	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0,8</td><td>0</td><td>0,6</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0,8</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	0,8	0	0,6	0	0	1	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>0,8</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0,8	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0,8</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	0,8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0,8</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0,6</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0,8</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																					
1	0,8	0	0,6	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0,8	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0,8	0	0,6	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0,8	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0,8	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0,8	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0,8	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0,8	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																												
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																															
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																															
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

6.3. Az MPPGA alkalmazás rövid bemutatása

Borbás István (2010) diplomadolgozata keretében készített programjának továbbfejlesztését bemutató folyamatábrát mutatja az alábbi, 6-5. ábra. Az alkalmazás a Matrix-based Project Planning Genetic Algorithm nevet kapta, rövidítéseként MPPGA-ként hivatkozok rá.



6-5. ábra: A mátrix-alapú projekttervezési genetikus algoritmus (MPPGA) folyamatábrája

Az MPPGA segítségével a bemeneti PEM-mátrix és a tevékenységekhez rendelt költség-, erőforrás- és időadatok alapján kimenetként a célfüggvényként megadott és a korlátozó feltételeknek megfelelő legjobb megoldásokat, projektterveket lehet meghatározni DSM-mátrix formában megjelenítve.

A GA különböző optimalizálási problémák megoldására használható, ahogy írtam a 2.7. alfejezetben. Ebben az esetben a problémát a PEM-mátrix sztochasztikussága jelenti. Az egyed egy DSM-mátrix által reprezentált determinisztikus megoldást jelent, továbbá tartalmazza azt az SNPM-mátrixot, amiből származik. Populáció az egyedek sokasága. Minden generációhoz egy adott populáció tartozik. Az új generáció populációja az előző generáció populációjából képezhető genetikus operátorok (szelekció, mutáció, keresztezés) által.

A szelekciós operátor segítségével meghatározhatók a legjobb fitnessértékű egyedek, melyek felhasználhatók keresztezésre és mutációra. A mutáció során az egyed DSM-mátrixának értékei véletlenszerűen, de a hozzá tartozó SNPM-mátrixnak megfelelően, megváltoznak. Ezáltal elkerülhető a lokális optimumokban való megrekedés. A keresztezés során az eltérő, jó fitnessértékű megoldások DSM-mátrixainak értékei véletlenszerűen rekombinálódnak, természetesen a “szülők” közül véletlenszerűen kiválasztott SNPM-mátrix értékei alapján.

6.4. Fogalomtár

Az alábbi fogalomtárban a dolgozatban felmerült kifejezések magyarázata olvasható.

¹ „Azokat a projekteket tekintjük **ismételt projekt**nek, amelyek célja és fő folyamatai ugyan projektről-projektre ismétlődnek, ugyanakkor a környezeti feltételek egyik projekt esetén jelentősen eltérnek a másik projekt feltételeitől. Ilyen projekt lehet például egy autópálya építési projektje, ahol az építési technológia és a fő folyamatok ismertek, a földrajzi-geológiai-hidrológiai feltételek, a jogi szabályozás, a gazdasági környezet változása viszont mégiscsak azt indokolja, hogy a feladatot projektként kezeljük.” „...nem újszerűek, azonban komplexitásuk miatt mégis célszerű projektként kezelni.” (Szabó, 2012: 13.o.)

² „**Standard feladatok** azok a feladatok, amelyek nem újszerű és alacsony komplexitású tevékenységeket jelentenek. Gyakori hiba, hogy sok esetben ezeket a feladatokat is projektként kezelik, projektesszközöket és –módszereket alkalmaznak azok megvalósítására, így feleslegesen bonyolulttá, lassúvá és nehézkessé teszik azok rutinszerű végrehajtását.” Ezek nem projektek! (Szabó, 2012: 13-14.o.)

³ Az **interdependenciák típusai**: a *munkafolyamat-interdependenciái*, melyek lehetnek: tovagyűrűző, szekvenciális, reciprok interdependenciák; a *technológiai folyamat interdependenciái*, illetve a skála-interdependenciák. Közöttük kölcsönhatás figyelhető meg, a komplexebb típus magában foglalja a kevésbé komplexeket. Azonban az utóbbi kettő ellentétesen hat a megvalósítási folyamatra, hiszen míg a folyamat-interdependenciák integratívan hatnak a beruházási folyamatra, addig a skála-dependenciák adott nagyság fölött már differenciáló hatást mutatnak (Görög, 2001: 36-40.o.).

A **tovagyűrűző interdependenciák**: a közös forrást (például a műszaki megvalósíthatósági tanulmányt)használó tevékenységek esetén a közös forrást jelentő tevékenységben elkövetett hiba hatással van az azt felhasználó tevékenységek eredményeire is. Mivel minden tevékenységfolyamat során előfordulhat, *alapvető* interdependenciának tekinthető. (Például a műszaki megvalósíthatósági tanulmányt)

A **szekvenciális interdependenciák**: a tevékenységek, vagy folyamat elemek egymást követően hajtódnak végre, egyik addig nem kezdődhet el, míg a másik be nem fejeződik. Mindig tartalmaznak tovagyűrűző kapcsolatokat. Két fajtája létezik: az egyszerű és az átfedésszerű. Jó példa az építőipari munkák teljesítése.

A **reciprok interdependenciák**: adott feladat több, különböző szerepkörrel és felelősséggel rendelkező közreműködő többkörös együttműködése által jön létre. Tartalmazza az előző kettő kapcsolatot, ezért nagyon összetett. Példa az egyes résztanulmányok elkészítése több közreműködő által.

A **technológiai folyamat interdependenciái**: a munkafolyamat-interdependenciákkal szemben – melyek a folyamat elejéről indulva fejtik ki a hatásukat – a technológiai folyamat interdependenciái a folyamat végeredményének irányából indulnak ki, és a létesítménymegvalósítás folyamatára kifejtett hatást jellemzi. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a beruházási folyamat nem függetleníthető a projekt céljaként létrejövő létesítmény technológiai folyamataitól.

A **skála-interdependenciák**: tágabb értelemben az elkészítendő létesítmény gazdaságos méretét jelentik, de jelenthetik a kivitelezés folyamatának gazdaságos méretű egységekre bontását, illetve a létesítmény funkcionális komplexitását is.

⁴ „**Időterv**: a projektfeladatban foglalt tevékenységfolyamat elemeinek (tevékenységeinek) időbeli összefüggéseit grafikai úton is megjelenítő teljesítési program.” (Görög, 2003: 358.o.)

⁵ A **tevékenység** „a projektfolyamat minden olyan eleme” amely egy meghatározott kezdéssel és befejezéssel rendelkező történés, melynek idő-, erőforrás- és költségvonzata van; földrajzi vagy szervezeti helyszíne azonosítható. Minden tevékenység két meghatározott időpont, egy kezdő- és egy

befejezőesemény között kerül teljesítésre. (Schwarze, 2006: 98.o.; Görög, 2001: 49.o.; Görög, 2003: 364.o.)

⁶ Az **esemény** egy bizonyos projektállapot elérését jelenti, melyet egy időponthoz rendelnek (Schwarze, 2006: 99.o.).

⁷ A **mérföldkő** egy olyan esemény, amelynek a projekt végrehajtásánál különös jelentősége van. Gyakran egy előre meghatározott határideig teljesíteni kell a mérföldköveket (Schwarze, 2006: 99.o.).

⁸ **WBS** – Work Breakdown Structure: munkalebontási struktúra vagy tevékenységi struktúra, projektstruktúra terv, fastruktúra. A WBS a projekt leszállítandóinak hierarchikus lebontására, áttekintésére szolgál; decimálisan számozott azonosító kódok hozzárendelésével egyedileg tartalmazza a projekt során elvégzendő feladatokat, munkacsomagokat, tevékenységeket. Többszintű tervezést tesz lehetővé, részletes tervezést és az összefoglaló tevékenységek révén átfogóbb felügyeletet egyaránt biztosít. (Görög, 2001; Schwarze, 2006; PMI, 2006a)

⁹ A tevékenységek közötti **logikai kapcsolatok, függőségek, sorrendek vagy rákövetkezések** azt mutatják, hogy mely, ún. *megelőző* tevékenységek előznek meg közvetlenül más tevékenységeket, illetve mely, ún. *követő* tevékenységek követnek közvetlenül más tevékenységeket; vagyis mely közvetlenül megelőző tevékenység(ek)nek kell lezárulnia, illetve bekövetkeznie, ami után más tevékenység(ek) elkezdődhetnek. Ez utóbbi magyarázat miatt a szigorú rákövetkezések **korlátoknak** is tekinthetők. A tevékenység között lehetnek párhuzamos vagy soros logikai kapcsolatok, esetlegesen átfedések is. A logikai kapcsolatok a munkafolyamat-interdependenciákat mutatják (Lock, 1998: 96.o.; Görög, 2001: 50.o.; Schwarze, 2006: 99.o.).

¹⁰ A **tartalékidő** (slack/reserve time) az ütemezett teljesítési idő és a kritikus úthoz szükséges idő közötti különbség. Definíálható a legkésőbbi engedélyezett idő és a legkorábbi várható idő közötti különbségként is. A tartalék méri, milyen korán vagy milyen későn kezdődhet vagy fejeződhet be egy esemény. (Lehet negatív tartalékidő is speciális esetben) (Kerzner, 2009: 502,507.o.).

¹¹ A **késleltetés** egy tevékenység legkorábbi kezdése vagy befejezése és egy másik tevékenység legkorábbi kezdése vagy befejezése közötti időtartam a sorrendi láncban (hálóban). Leggyakrabban precedencia hálók esetében használják. (Kerzner, 2006: 526-8.o.)

¹² A **Gantt-diagram** a legegyszerűbb, legrégebbi, de mégis legelterjedtebb szemléltetési eszköz tevékenységek vagy események ábrázolására az idő vagy költség függvényében (elsősorban építkezési projekteknél). Henry L. Gantt, amerikai ipari tervezőmérnök után nevezték el, aki kifejlesztette, és elsőként használta ezt az eljárást az 1900-as évek elején termelés-tervezési és –ellenőrzési eszközként (Kerzner, 2009: 557.o.; Görög, 2001: 51.o.; Lock, 1998: 89.o.).

¹³ A Line of balance (LoB), magyarul **ciklogram** módszert elsőként termelés-tervezési és –ellenőrzési módszerként alkalmazták a II. világháborús hadigazdaságban az USA-ban. A ciklogram a gyártási műveleteknél (to) a termelősor tevékenységeinél (for) alkalmazható, azonban építőipari projektek tevékenységeinél is használható véges számú leszállítandó adott időtartamon belüli elvégzéséhez. A termelés-menedzsment szakterülete nyújt részletesebb információt e technikáról. (Görög, 2001: 58.o.; Kerzner, 2009 494.o.)

¹⁴ A **hálóterv** a projekt tevékenységeinek és a tevékenységek közötti sorrendek, rákövetkezések, függőségek grafikus ábrázolása, amely nem tartalmazhat hurokékeket (Schwarze, 2006: 27,115-116.o.).

¹⁵ **AoN** – Activity on Node – tevékenység csomópontú háló: a tevékenység csomópontban a tevékenységről minden fontos információ megjeleníthető (az azonosítója, időtartama, erőforrás szükséglete, legkorábbi kezdés/befejezés, legkésőbbi kezdés/befejezés, tartalékideje, leírása, stb.); két tevékenység közötti kapcsolatot (és a kapcsolat irányát) pedig egy nyíl reprezentálja. (Schwarze, 2006; PMI, 2006a)

¹⁶ **PDM** – Precedence Diagram(ming) Method – precedencia diagram módszer: a tevékenység csomópontú hálók másik elnevezése (PMI, 2006a)

¹⁷ Az **IJ-háló** elnevezés a befejezés-kezdés kapcsolattípusok által meghatározott tevékenységek azonosítóira utal.

¹⁸ **AoA** – Activity on Arrow/Arc – tevékenység nyíl háló: a tevékenységek a nyilakon vannak ábrázolva, melyek csomópontok segítségével kapcsolódnak. A csomópontok egy-egy (kezdő/befejező) eseményt reprezentálnak. (Schwarze, 2006; PMI, 2006a)

¹⁹ **ADM** – Arrow Diagram(ming) Method – a nyíl diagram módszer: a tevékenység nyíl hálók másik elnevezése

²⁰ A **látszattevékenység**, más néven „látszólagos” vagy virtuális (dummy) tevékenységek a tevékenység nyíl típusú hálók logikai kiegészítésére szolgálnak, időszükséglete nulla. Alkalmazásával vigyázni kell, nehogy hibásan vagy feleslegesen használják (Schwarze, 2006: 123.o.; PMI, 2006a)

²¹ A **kritikus út** a tevékenységek és események azon sorrendje, melyek teljesítése a legnagyobb időt igényli. A kritikus út alapvető a projekt sikeres irányításához, mert ezen az úton nincs tartalékidő, ha valamelyik tevékenységének vagy eseményének befejező dátuma csúszik, az az egész projekt végének a csúszásához vezet. Ezen kívül a kritikus úton levő tevékenységek vagy események a legkritikusabbak a projekt sikerére, ezért a menedzsmentnek nagy figyelmet kell rájuk fordítani, hogy időben be tudják fejezni a projektet (Kerzner, 2009: 495, 499.o.).

A hálótérvek kritikus útja a leghosszabb idejű elvégzendő tevékenységek sorozatának feleltethető meg, vagyis a gráfelméleti algoritmusok közül a legrövidebb út keresésére alkalmas módszerek használhatók kis módosítással (vagy a súlyok ellentettjét kell venni, vagy a relációs jeleket kell változtatni, hogy ne a legrövidebb, hanem leghosszabb utat keresse). A projekttervek időszükségletének számításánál alkalmazható a Dijkstra-algoritmus módosítása. Ez az algoritmus irányított, nemnegatív élsúlyozott gráfok esetén használható a legrövidebb utak meghatározására. (Cormen et al., 2003: 510-516.o.)

²² A **várható tevékenységidő** a három becsült időérték súlyozott statisztikai átlaga. A becsült értékek ábrázolására használt valószínűségeloszlási függvény aszimmetrikus és unimodális, Béta-eloszlást követ (Papp, 1967: 32.o.).

²³ **Legvalószínűbb időtartam**: normál feltételek közötti *leggyakoribb* lefutás (jele: m). (Schwarze, 2006; Papp, 1967)

²⁴ **Optimista időtartam**: a legrövidebb, veszteség nélküli idő, ami alatt végrehajtható egy tevékenység. A *legkedvezőbb* lefolyás valószínűsége legfeljebb 1% (jele: a). (Schwarze, 2006; Papp, 1967)

²⁵ **Pesszimista időtartam**: az az időtartam, ami a legrosszabb feltételek esetén szükséges, maximális veszteségidőt kell figyelembe venni a zavaró tényezők erős jelenléte miatt. A *legkedvezőtlenebb* lefolyás valószínűsége legfeljebb 1% (jele: b). (Schwarze, 2006; Papp, 1967)

²⁶ A **csúszási időtartam** gyakorlatilag a *tevékenység tartalékidejét* reprezentálja, azt az időmennyiséget mutatja, amennyivel az időtartam megnövelhető vagy eltolható anélkül, hogy megváltoztatná a következő tevékenység terv szerinti elkezdését, vagy csúszást idézne elő a projektben (Görög, 2001: 56.o.).

²⁷ Az **emberi erőforrások szakmai leltárának mátrixa** bal oldalt a rendelkezésre álló erőforrások felsorolását tartalmazza, a felső sorban pedig a projekt során szükséges szakmai kvalitások. A mátrix négyzeteiben jelölhető, hogy ki milyen szakmai kvalitással rendelkezik (Görög, 1999: 103-108.o.).

²⁸ A **feladat/felelősség mátrix** bal oldalt tartalmazza a teljesítendő tevékenységeket, a felső sorban pedig a szervezeti egységbe, illetve a teljesítéshez választott emberi erőforrásokat adja meg. A mátrixban megadható ki a felelős az egyes feladatok elvégzéséért. A mátrixban feltüntethető az időtartam, illetve az adott erőforrás projekttel kapcsolatos napi terhelése. (Görög, 1999: 103-108.o.).

²⁹ A **termékfejlesztési projekt** célja valamilyen általános célú, kereskedelmi forgalomba kerülő (ügynevezett „dobozos”, COTS - Commercial of The-Self – általános célú szoftver) szoftvertermék kifejlesztése. Sok-sok potenciális ügyfél igényeit kell figyelembe venni, általánosan használható szoftvert kell alkotni még azon az áron is, hogy az egyes ügyfelek igényeit nem fogja tökéletesen kielégíteni. (Langer, 2007)

³⁰ Az **egyedi alkalmazásfejlesztési projekt** esetén az előbbivel ellentétben az ügyfél speciális igényei szerint (általában csak az ő számára) történik az egyedi program vagy rendszer fejlesztése. (Langer, 2007)

³¹ Az **alkalmazásintegrációnál** az ügyfélnél futó különböző módon és különböző időben elkészített programok, rendszerek közötti együttműködés kialakítása a cél. (Langer, 2007)

³² A **rendszerintegráció** a különböző gyártó által készített hardver- és szoftverelemek működő rendszerbe történő összeállítását jelenti. (Langer, 2007)

³³ A **bevezetési projekt** egy nagyobb, bonyolultabb, paraméterezhető szoftvertermék üzembeállítása, melynek során el kell végezni a *termék paraméterezéssel történő tesztelés szabását*, a *vállalati folyamatok és a szoftver közelítését*, valamint a *betanítást* (például ilyen egy integrált vállalatirányítási rendszer bevezetése is). (Langer, 2007)

³⁴ Az **infrastruktúrafejlesztés** különböző hardverek és alapszoftverek beszerzését foglalja magában. (Langer, 2007)

³⁵ „**Szoftverfejlesztés** fogalma alatt a fejlesztés során felhasznált tudományos ismereteknek és módszereknek a probléma hatékony megoldását célzó alkalmazását értjük, amelynek eredménye egy

valóságos feladat számítógéppel támogatott megoldása.” Angolul: Software Engineering. (Raffai, 1996: 71.o.)

³⁶ „A rendszerek komplex, integrált szemléletű elemzésére, hatékonyabbá és korszerűbbé tételére irányuló szoftverfejlesztési munkát **rendszerfejlesztésnek** hívjuk.” Angolul: System Engineering. (Raffai, 1996: 72.o.)

³⁷ „Azt a folyamatot, amelyre során egy szervezet alrendszerének adatait, információfolyamatait és – feldolgozását egységes rendszerszemléletben kezelve, számítógéppel támogatott információfeldolgozássá fejlesztjük **információrendszer tervezésnek** nevezzük.” Angolul: Information Engineering. (Raffai, 1996: 73.o.)

³⁸ „Azt a fejlesztési folyamatot, amelynek során bizonyos szakterület ismeretanyagát számítógéppel támogatott feldolgozáshoz előkészítjük, tároljuk → **tudásbázis**, megfelelő módszerek és szabályok szerint feldolgozzuk **tudástervezésnek** vagy **tudásalapú információfeldolgozásnak** nevezzük.” Angolul: Knowledge Engineering. (Raffai, 1996: 73.o.)

³⁹ „Az **információrendszer-fejlesztés** meghatározott *elvek, módszerek, eljárások, eszközök* olyan tudatos, a rendszer céljának megfelelő *alkalmazása*, amely az alaptevékenységre és a felhasználó igényeire alapozva a valós probléma felmerülésétől, annak megismerésén, elemzésén, egy hatékonyabb, *számítógéppel megvalósított rendszer* megtervezésén, megvalósításán keresztül a minőségi követelményeket is kielégítő, *működőképes, információfeldolgozó rendszert hoz létre* és felügyeli annak működését.” (Raffai, 1996: 111.o.)

⁴⁰ „Informálisan **algoritmusnak** nevezünk bármilyen jól definiált számítási eljárást, amely *bemenetként* bizonyos értéket vagy értékeket kap és *kimenetként* bizonyos értéket vagy értékeket állít elő. Eszerint az algoritmus olyan számítási lépések sorozata, amelyek a bemenetet átalakítják kimenetté. Az algoritmusokat tekinthetjük olyan eszköznek is, amelyek segítségével pontosan meghatározott *számítási feladatokat* oldunk meg. Ezeknek a feladatoknak a megfogalmazása általában a bemenet és kimenet közötti kívánt kapcsolat leírása.” (Cormen et al., 2003: 23.o.)

⁴¹ A **pszeudokód** egy algoritmus világos és tömör megadására szolgál, átmenetet képez az „igazi” programkód és a szöveges leírás között (Cormen et al., 2003: 31.o.).

⁴² A **genetikus algoritmusok** működésének lényege, hogy fenntartanak egy populációt, amelynek minden egyede a probléma egy megoldása. Ezek az egyedek hajtják végre az evolúciós operátorokat, mint amilyen a szelekció, a mutáció és a keresztezés. Minden egyed rendelkezik egy jósági (fitness) értékkel, amelyet egy vagy több objektív függvényből kaphatunk meg. Ez a jósági érték egy szám által reprezentálja a megoldás optimálishoz történő közelségét (vagyis minél nagyobb a fitness érték, a megoldás annál közelebb van a célfüggvény szerinti optimumhoz), ezt az értéket használjuk fel a populáció fejlesztéséhez, és ezáltal egyre jobb egyedeket kapunk, míg végül elérjük az optimális megoldást.

⁴³ *Konjunkcióban* az „és” kötőszó helyett szerepelhet más is (például „de”, „bár”, stb.), vagy egyáltalán nincs kötőszó (Szendrei, 2006).

⁴⁴ A **kizáró vagy** esetén saját jelölést használunk ($\times$) utalva a XOR elnevezésre; Szendrei (2006) negáció, konjunkció és diszjunkció segítségével írta körbe a következő módon: $(A \vee B) \wedge \neg(A \wedge B)$

⁴⁵ „A **bináris keresőfák** ... bináris faként szervezett objektumok. ... A keresőfákat láncolt struktúráként ábrázolhatjuk, ahol minden csúcs egy önálló objektum.” A bináris keresőfák összes értéke kiíratható az úgynevezett inorder bejárással, vagyis a bináris keresőfa kulcsai egy egyszerű rekurzív algoritmussal rendezett sorrendben adhatók meg. (Cormen et al., 2003: 232-233.o.)

⁴⁶ A **hatványhalmaz** egy halmaz összes részhalmazának halmazát jelenti.

⁴⁷ „A **mohó algoritmus** mindig az adott lépésben optimálisnak látszó választást teszi. Vagyis a lokális optimumot választja abban a reményben, hogy ez globális optimumhoz fog majd vezetni.” Nem mindig ad optimálist megoldást, azonban sok esetben jól használható. Ebbe a kategóriába sorolhatók például a minimális feszítőfák algoritmusai. (Cormen et al., 2003: 326.o.)

⁴⁸ **Beruházási projektek:** eredményeként valamilyen termék előállítására vagy valamilyen szolgáltatás teljesítésére alkalmas *létesítmény* jön létre, vagy már meglévő létesítmény kerül átalakításra bővítés, felújítás, esetleg megszüntetés formájában. Korábbi, hasonló létesítmények megvalósítási, átalakítási tapasztalatai felhasználhatók, amennyiben léteznek és hozzáférhetők. A projekt eredménye és az előállítási folyamata is többnyire jól kvantifikálható. Teljesítésük meghatározó erőforrása materiális jellegű (például anyag, berendezés, gép). Többségükben külső projektek. (Görög – Ternyik, 2001: 22.o.; Görög, 2003: 34-35.o.)

⁴⁹ **Kutatási és fejlesztési projektek:** minden olyan projekt, amelynek eredményeként

- Új termék, új szolgáltatás vagy új technológia jön létre,
- Meglévő termék, szolgáltatás vagy technológia javulás következik be,
- Új termék gyártása vagy új technológia alkalmazása, illetve új szolgáltatás kerül bevezetésre,
- A termékek vagy szolgáltatások előállítási költsége csökkenthető,
- Új értékesítési vagy beszerzési piacokat szereznek meg,
- Új számítógépes program jön létre vagy meglévő kerül továbbfejlesztésre,
- Termékek és szolgáltatások piaci bevezetése valósul meg; stb.

Az eredmény általában kvantitatív módon jól rögzíthető, az első két ponthoz tartozók esetében többnyire műszaki paraméterek segítségével, ezek az ún. termékfejlesztési projektek, melyekhez prototípus készíthető, a többi modellezhető, és korábbi, hasonló projektekből származó tapasztalatok használhatók. A teljesítés során a materiális mellett egyre inkább a szellemi erőforrások válnak meghatározóvá. A projekt céljai jól kvantifikálhatók, a projekteredmény előállítási folyamata nem, ezek a nehezen kvantifikálható projektek; többnyire belső projektek (kutatásigényes ágazatokban, például gyógyszeriparban, információtechnológiai iparban). (Görög – Ternyik, 2001: 22.o.)

⁵⁰ **Szellemi szolgáltatási/szervezetfejlesztési projektek:** eredményeként egy szervezet működési körülményeinek és működése keretfeltételeinek új minősége jön létre; például: a szervezeti struktúra átalakítása, a tulajdoni struktúra megváltoztatása, a szervezet tagjainak jelentős mértékű továbbképzése vagy átképzése, a szervezet működési folyamatainak az újratervezése. Elvárt eredménye sok esetben nem kvantifikálható megfelelően, ahogy a projekteredmény előállítási folyamata sem. Ezek az alig kvantifikálható projektek. Eredménye modellezhető, korábbi projekt tapasztalatok felhasználhatók. Részben külső, részben belső projektek. Teljesítésüknek a meghatározó erőforrása a szellemi erőforrás. (Görög – Ternyik, 2001: 22.o.; Görög, 2003: 34-35.o.)

⁵¹ **Külső projekt:** a projekt teljesítését nem a projektet kezdeményező szervezet saját erőforrásai, hanem vele szerződéses viszonyra lépő külső közreműködők végzik. (Görög, 2003: 36.o.)

⁵² **Belső projekt:** a projekt teljesítését a projektet kezdeményező szervezet saját erőforrásaival végzi. (Görög, 2003: 36.o.)

⁵³ **Vegyes (részben külső, részben belső) projektek:** a projekt teljesítését a projekt tulajdonosi szervezet és a vele szerződéses viszonyra lépő külső közreműködők közösen teljesítik. (Görög, 2003: 36.o.)

⁵⁴ **Az informatikai projektek** többnyire a beruházási, K+F és szellemi szolgáltatási projektek keverékei. „Minden olyan ... projekt, amely az elérendő projekteredmény tekintetében informatikai megoldások bevezetését, fejlesztését, illetve továbbfejlesztését valósítja meg. Nem feltétlenül számítástechnikai eszközök alkalmazását jelenti. A nagyméretű informatikai projektek komplexitásuk miatt hasonlítanak a superprojektekhez, programokhoz. Jellemzően külső projektek. (Görög – Ternyik, 2001: 25.o.) A létrehozandó projekteredmény tartalma alapján vitatható, hogy külön projekt típusnak tekinthető-e. (Görög, 2003: 34-36.o.)

⁵⁵ **Esemény jellegű projektek** – az idő a fontos, a megvalósítási idő egybeesik a teljesítés határidejével (pl. olimpia megrendezése) (Görög – Ternyik, 2001: 23.o.)

⁵⁶ **Szuperprojektek/megaprojektek/programok:** rendkívül összetett, komplex projektek. (Görög – Ternyik, 2001: 23.o.)

⁵⁷ A Polaris rakéta kifejlesztésének programja során „8 mammut vállalat (például General Electric, Lockheed) 250 fővállalkozója és 9000 alvállalkozó kooperációjára volt több évig szükség, ami 50000 feletti tevékenység tervszerű irányítását követelte meg.” Kezdetben a műszaki problémákat tekintették legnehezebbnek, később rájöttek, hogy a koordinációs és szervezési problémák is komoly nehézségeket jelentenek. (Papp, 1967: 7,12.o.)

⁵⁸ Az Apolló-program célja az volt, hogy űrhajósokat juttassanak a Holdra, és vissza is hozzák őket. A program 18000 vállalatot és mintegy 150000 tudományos kutató közreműködésével valósult meg. (Papp, 1967: 12.o.)