

Projektek érzékenységvizsgálata

Készítette: Németh Gábor

Kézirat lezárása: 2013. 01. 06

Tartalom

Bevezetés	5
1. Projekt és projektmenedzsment – alapfogalmak.....	6
1.1 A projekt.....	6
1.2 Projektmenedzsment.....	8
2. Kockázatmenedzsment	9
2.1 Kockázatkezelés	10
2.2 Monte-Carlo szimuláció	14
3. Projekttervezési technikák	19
3.1 Hálótervezési technikák.....	19
3.1.1 A hálótervezési technikák csoportosítása	20
3.1.2 PERT-módszer	22
3.1.3 A GERT-módszer	24
3.1.4 Bináris mátrix-alapú módszer	26
3.1.5 Sztochasztikus mátrix-alapú módszer	28
3.1.6 Projekt Szakértői Mátrix – PEM	30
3.1.7 A PSSM-módszer – Projektváltozat/Projektstruktúra kiválasztási módszer.....	34
3.1.8 APS – Agilis Projektütemezés	35
3.1.9 Projekttervezési módszerek összehasonlítása.....	37
3.2 Folyamatok, folyamatmodellezés	38
4. A kifejlesztett módszer bemutatása	44
5. A legutóbbi dolgozat eredményei.....	47
6. A projekt bemutatása.....	48
7. A módszer gyakorlati alkalmazása	50
Összefoglalás	60
Irodalomjegyzék.....	62
Ábrák, egyenletek és táblázatok jegyzéke.....	66

Kivonat

Az elmúlt években számos kutatás jelent meg a projektek kockázatairól. Több szakember is foglalkozott, és különböző módszereket fejlesztettek ki a projektek kockázatainak csökkentése érdekében. TDK dolgozatomban e téma elméleti hátterét mutatom be és egy, a korábbi tanulmányok alapján összegzett módszert szemléltetek és fejleszték tovább.

A dolgozatom második felében egy gyártósor telepítési projektet vizsgálok. A telepítés egyes lépéseinek megismerése után elkészítettem a projekt alaphálóját, majd annak lehetséges további változatait. Összesen 8 projektváltozatot kaptam. Következő lépésben megvizsgáltam a kapott projektváltozatok érzékenységet, ahol is szemügyre vettem, hogy milyen kihatással van az átfutási időre és az erőforrás-szükségletre a tevékenységek arányainak megváltoztatása. A vizsgálat során kétszer 160.000 adatot kaptam, amelyeket az SPSS program segítségével tovább vizsgáltam, azt keresve, hogy az időadatok, majd az erőforrás-szükségletek alapján melyik projektet ajánlom megvalósításra. Az elemzések elvégzése után új rangsort állítottam fel a projektváltozatok között, amely alapján kiválasztható a legpraktikusabb megvalósítási lehetőség.

Kutatásom céljának azt tűztem ki, hogy a projektmenedzsment és a vállalatok számára egy új, könnyen használható módszert ajánljak, amely segítséget nyújt a projekt idő- erőforrás- és költség-szükségeiből fakadó kockázatokat csökkenteni.

Kulcsszavak: *projektmenedzsment, projekt kockázatok, rizikó, érzékenységvizsgálat,*

Abstract

In the recent years there were several researches about the risks of the projects. More professionals have been dealing with them and developed different methods to decrease the risks of the projects. In my research I present the theoretical background of this topic and I improve a summarized method from previous studies.

I examine a production line installation project in the second half of my research. After knowing the steps of the installation I prepare the basic net of the project, then it's further possible versions. Totally I got 8 project versions. In the next step I examined the sensitivity of the project versions, and I take a look at the effects of changing the rates of activities on the total project time and on the resource needs. During the research I got 160.000 data twice, which I analyzed further with the SPSS program. I was looking for that project, which I recommend on the basis of the time data and resource needs. After the analyses I made a new ranking from the project versions. According to it we can choose the most practical opportunity.

The aim of my research is to recommend a new method, which helps to decrease the risk of the time, resource and cost needs of the project, for companies and project management.

Keywords: *project management, risks of the project, risk, sensitivity research*

Bevezetés

Az elmúlt években, évtizedekben nap, mint nap már-már közhelyként halljuk, hogy felgyorsult az élet. Az ilyen és ehhez hasonló kijelentések pedig az élet minden területét érintik, befolyásolják. Így a szervezetek, vállalatok mindennapjait is. A helyzet egyfajta megfelelési kényszert szül, amelyben az a vállalat lehet sikeres, ami minél előbb és minél hatékonyabban tud válaszolni a környezet kihívásaira. Ennek érdekében a vállalatok különböző kisebb, olykor nagyobb projektekbe kezdenek, hogy növeljék hatékonyságukat, termelékenységüket, bevételeiket. Így egyre inkább előtérbe kerülnek a projektek, amelyek menedzselése, irányítása a végső cél elérése szempontjából rendkívül fontosak. Egy jól meghatározott projektstruktúra, rendelkezésre álló erőforrás-szükséglet, pontos ütemezés mind-mind hatással vannak az új módszerek, technológiák bevezetésére. Azonban a projektek megvalósítása során számos kockázattal kerülhetünk szembe, amelyek időbeni felismerése szintén nagy jelentőséggel bír.

Dolgozatomban ezeknek a kockázatoknak az elkerülésére keresek megoldást, olyan módszert kívánok kidolgozni, amely segítséget nyújt a menedzsmentnek a különböző projektváltozatok közül a legmegfelelőbb kiválasztására. Mindenekelőtt elméleti alapot adok a munkámnak, amelynek során kitérek a tanulmányaim során elsajátítottakra és a téma szakértői által kidolgozott módszerekre, technikákra. Ennek keretén belül érintem a projektek és a projektmenedzsment legfontosabb definícióit, valamint a kockázatkezelési lehetőségeket. Részletesen kitérek a gyakorlati részemnek alapot adó idő- és erőforrás-tervezési eljárásokra. Majd az érzékenységvizsgálat során alkalmazható szimulációs módszert, a Monte Carlo szimulációt mutatom be.

A dolgozat második felében a saját módszerem kidolgozására és gyakorlati bemutatására törekszem. Ebben a szakirodalmi összefoglalóban bemutatásra kerülő módszerek előnyeit kívánom kihasználni, valamint a korábbi kutatásokból kimaradó területek megoldására kívánok megoldást nyújtani.

Munkám elsősorban az alábbi kérdésköröket érinti:

- Hogyan csökkenthetjük a projektek kockázatait?
- Több projektváltozat esetén melyiket válasszuk?
- Hogyan egyesíthetők és alkalmazhatók, valamint bővíthetők ki a korábbi módszerek?

1. Projekt és projektmenedzsment – alapfogalmak

Már a projektmenedzsment tantárgy keretein belül is számos definícióval találkoztam. Ezek közül emeltem ki párat, amelyek segítséget nyújtanak dolgozatom elméleti megalapozásához. Ahhoz, hogy a projektekkel és a projektek menedzselésével, a felmerülő kockázatokkal foglalkozni tudjunk szükséges megemlíteni a legfontosabb hazai és külföldi projektdefiníciókat, meghatározásokat.

1.1 A projekt

Az alábbi definíciót tekinthetjük az egyik legátfogóbb projekt meghatározásnak, ezért is esett erre a választásom:

„A projekt egy időben behatárolt erőfeszítés egy egyedi termék, szolgáltatás, vagy eredmény létrehozása céljából [39].”

Aggteleky Béla és Bajna Miklós [2] a projekteket így definiálta: *„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”.*

Görög Mihály és Schwarze projektdefinícióját vontam össze, annak érdekében, hogy egy komplexebb, a témát széleskörűen érintő meghatározást kapjunk:

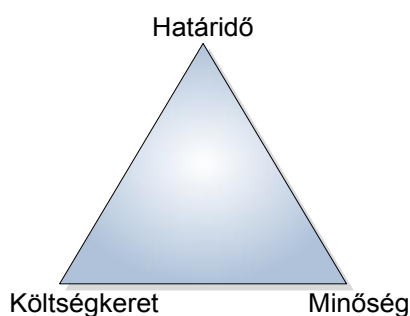
A projekt egy olyan egyszeri, összetett tevékenységfolyamat, amelynek végeredménye – definiált célja – előre meghatározott műszaki paraméterekkel leírható. Olyan, önmagában működőképes létesítmény, aminek megvalósulása időben, helyileg és pénzürtékben is egyaránt meghatározott. Végrehajtásához emberi erőforrásokra, használati eszközökre (gépek, szerszámok) és alapanyagokra van szükség [38],[26].

Mindkét szerző felhívja a figyelmet a projektek egyszeri megvalósulására, azonban a gyakorlat során számos olyan példával találkozunk, hogy a projektek megismétlődhetnek. Korábbi dolgozatom témáját adó gyártósor felújítást – amelyre a gyakorlati részben szintén

kitérek még - is ilyen kivételes esetnek tekintem. Egy vállalat esetében a gyártósorok felújítása bizonyos időközönként szükségszerűvé válik. Minden egyes gyártósor felújítást tekinthetünk egy-egy visszatérő projektnek, ha azonos gyártósorokról van szó. Azonban az ismétlődés ellenére a körülmények változhatnak.

A fentiek alapján, illetve a szakirodalmi kutatásaim alapján megállapítható, hogy a projektek az alábbi hármas peremfeltételek betartása mellett valósulnak meg:

- határidő
- költségkeret
- teljesítmény, minőség



1. ábra: Projekt hármas peremfeltétele (saját szerkesztés, [34] alapján)

Az elmúlt évtizedekben a fent meghatározott fogalom kibővült, kiteljesedett. Ezzel párhuzamosan a projektek hármas peremfeltétele is tágabb értelmet nyert.

Napjainkban a projekt fogalma ettől tágabb értelemben is használatos, s általában „projektnek tekinthetünk minden olyan feladatot, illetve annak végrehajtását, amely eltér egy szervezet szokásos, így rutinjellegűnek nevezhető napi tevékenységétől, és valamilyen egyszeri komplex feladatot jelent a szervezet számára [27].”

Továbbá használatos a projektek korábban bemutatott definíciója, miszerint a projektek mindig egyediek, időben, költségkeret és erőforrás szempontjából korlátozottak [38].

Általánosságban a fenti definíciók alapján a projektekről megállapíthatók a következők:

- egyszeri, meg nem ismételt tevékenységek,
- meghatározott költségvetési és időkerettel rendelkeznek, ezekhez kapcsolódóan finanszírozási kérdéseket és időbeli korlátokat is figyelembe kell venni
- összetett, komplex feladatok,

- világosan meghatározott célja van,
- meghatározott kezdő és befejezési időpontja van,
- a feladat mérete, bonyolultsága, jelentősége és egyedisége meghatározó.
- megvalósítása érdekében emberi és más erőforrásokat használ (pénz, anyag, eszköz)

Összefoglalva tehát a projektek a hétköznapi élettől, munkától eltérő viselkedésmódot igényelnek az emberektől és a szervezetektől egyaránt. A projektek előkészítése és lefolyása során figyelembe kell venni a hármas peremfeltételt, annak érdekében, hogy a megbízói, vevői elvárásoknak eleget tudjunk tenni.

1.2 Projektmenedzsment

A hétköznapi életben, így a vállalati gyakorlatban is általában a tevékenységek önmaguktól nem valósulnak meg. Minden esetben szükség van a folyamatok irányítására, tervezésére, szervezésére, menedzselésére. A projektmenedzsment ezeket a feladatokat fogja össze a végső cél, a projekt sikeres megvalósítása érdekében. Nézzük, mit is írnak a terület szakértői!

A projekt menedzsment viszonylag modern ágazatnak tekinthető. 40 évvel ezelőtt még csak az Amerikai Nemzetvédelmi vállalatokra és az építőipari vállalatokra korlátozódott, napjainkban már érinti az összes iparágat és szervezetet[32].

Egyik legelterjedtebb megfogalmazás Görög Mihály szerint az alábbi:

„A projektmenedzsment nem más, mint magának a létesítménymegvalósítás folyamatának vezetése, irányítása, szervezése, amely egyrészt az erőforrásokat, másrészt az információkat, továbbá a rendelkezésre álló módszertani és technikai eszköztárat a definiált cél elérésére összpontosítja[27].”

A projektmenedzsment, a menedzsment tudományok azon ága, amely keretet ad a projektek megvalósításának. Ezáltal érhetjük el a hármas peremfeltétel betartását, a projekt sikeres lefolyását, továbbá a projektfolyamatok során visszacsatolást ad a projekt adott helyzetéről és a szükséges beavatkozásokról.

A projektmenedzsment célja, hogy minél több lehetséges veszélyt és problémát előre jelezve, úgy szervezze meg (tervezéstől a megvalósításon át az ellenőrzésig) az egyes tevékenységeket, hogy a projekt az összes felmerülő nehézség és kockázat ellenére a lehető legteljesebben és legsikeresebben valósuljon meg.

Egy projekt legfontosabb jellemzője az újdonsága. Minden projekt egy lépés az ismeretlenbe, amely előre nem látható kockázatot és bizonytalanságot rejt [32].

Gareis [25] szerint a hagyományos projektmenedzsment definíciók esetében a projektek szervezése, tervezése és ellenőrzése nem elegendő. Szükségesnek tartja a meghatározás kibővítését a funkcionális értelmezéssel, amely szerint: a sikeres projektmenedzsment előfeltétele a projektek részfolyamatainak kibővítése, a projektkezdéssel, a projektkoordinációval, a projekt kontrollinggal, a projekt csúszások kiküszöbölésével és a projektzárással.

Kerzner [33] ezt kiegészíti azzal, hogy funkcionális személyzetet alkalmaz a projektek megvalósítása érdekében.

Atkinson [3] a projektek emberi tényezőire hívja fel a figyelmet, hogy az emberi erőforrás megfelelő felhasználásával érhetőek el a projekt céljai. A projektmenedzsmentet az irányítás, a tervezés és a változások kezelésének kombinációjaként határozza meg

2. Kockázatmenedzsment

Dolgozatom alapgondolata a projektek kockázatából indul ki, ezért elengedhetetlen, hogy foglalkozzak vele. Minden tevékenység, projekt során találkozhatunk kockázatokkal, amelyek időbeni felismerése és kezelése elősegíti a projektcélok legjobb, legmegfelelőbb megvalósítását.

A projektek kivitelezése során számos esetben találkozhatunk bizonytalan tényezőkkel, amelyek hatással vannak projektünkre. Pl.

1. Nem lépjük-e túl a meghatározott költségkeretet?

2. Be tudjuk-e fejezni határidőre a projektünket?

3. Elégséges erőforrásokkal rendelkezünk-e? És még sorolhatnánk.

A bizonytalan feltételek negatív megvalósulása esetén beszélünk kockázatokról. A bizonytalanság abból fakad, hogy egy adott esemény, tevékenység megvalósulását nem ismerjük pontosan.

„A kockázatok jelenléte végigkíséri a létesítmény megvalósítását, ezért gyakorlatilag a várható kockázatok elemzésére mindvégig szükség van, még ha egy egyszerű döntési fa alapján is. A kockázatok mértékével kapcsolatban általános tendencia, hogy projektcikluson előre haladva a kockázatok mértéke a kiemelkedő döntési pontoknak megfelelően lépcsőzetesen csökken, annak megfelelően, ahogy egyre több információ áll rendelkezésre [26].”

A kockázatelemzés fő tevékenységei:

- A kockázatok, kockázati források feltárása, azok csoportosítása
- A kockázatok hatásainak elemzése [26]

A kockázatokkal kapcsolatban nem elégséges csupán azok ismerete. Fontos, hogy esetleges fellépésük esetén legyen tervünk azok elhárítására, illetve még a fellépés előtt adott esetben meg tudjuk azokat szüntetni.

2.1 Kockázatkezelés

Kockázatkezelés eszközei

A kockázatkezelés kettős célt jelent a projektek menedzselésében:

1. A projekt hatékonyabb véghez vitelét segíti elő
2. Rámutat azokra a kockázatokra, amelyek befolyásolják a projekt sikerességét, reális pénzügyi-gazdasági tervezést biztosít

„A kockázatkezelési politika a döntéshozónak a kockázatokkal kapcsolatos reakciója, azon cselekvési módok összessége, amelyeket a kockázatok váltanak ki a döntéshozónál [26].”

A döntéshozó reakciója a kockázatokra sokféle lehet. Amelyek többsége a gyakorlat során alakultak ki a kockázatok enyhítésére, csökkentésére esetleg megszüntetésére. Ezek az alábbiak lehetnek:

Kockázatok:

- elkerülése
- csökkentése
- áthárítása
- megosztása

A gyakorlat során azonban ezek a módszerek valamilyen kombinációja valósul meg [33].

A kockázatelemzés és kezelés folyamata

Dr. Fekete István [16] a folyamatot 4 szakaszra bontotta:

- Kockázati tényezők feltárása és csoportosítása
- A feltárt tényezők kvalitatív értékelése, a kritikus tényezők kiválasztása
- Szükség esetén a kritikus tényezők mélyebb elemzése (kvantitatív elemzés)
- Az elemzés eredménye alapján a megfelelő kockázatkezelési stratégia kialakítása

Hogyan csökkenthetjük egy projekt kockázatát?

Kezdetben egy megvalósíthatósági tanulmány elkészítése nemcsak a megbízó számára, hanem a projektben résztvevők számára is segítséget nyújthat.

Egy olyan beruházó, akinek egy ipari projektre vonatkozó előrejelzése nagyon bizonytalan, már a megbízási folyamat elején megvalósíthatósági tanulmányt kérhet egy tanácsadó vagy egy szakmailag arra specializálódott cégtől, hogy ezáltal több adat és szakértelem birtokába jusson.

Egy jó tanulmány sokat segíthet abban, hogy a projekt a megfelelő irányba haladjon, valamint a kockázatot és az elérendő célokat pontosan meg lehessen határozni.

További megoldást jelenthet, ha a kockázatot lépésről lépésre csökkentjük, szem előtt tartva a projekt egyes lépéseit és azok kockázatait. Jó megoldást jelenthet, ha az egyes munkafázisok végén visszacsatolást készítünk, ellenőrizzük, hogy a kitűzött projektcélokat elértük-e, illetve, hogy mik a következő lépések, azok milyen kockázatokat rejtenek [33].

A kockázat lépésről lépésre történő leszorítása

A kockázatot úgy szorítjuk le, hogy az egyes munkafázisokra csak lépésről lépésre adunk engedélyt. A projekt ezért több megvalósíthatósági fázisra osztható:

- Olyan szignifikáns események előfordulása a projekt során, amelyek korán beazonosíthatók.
- Minden fázist időkorlátok közé kell helyezni.
- Minden fázisnak költségvetési korlátja van.
- A fentiek kombinációja.

Minden egyes új fázis kiadásainak finanszírozása és engedélyezése függ az elért eredmények kritikus értékelésétől, valamint a közeljövő aktualizált kilátásaitól. Ennek a megközelítésnek az előnye, hogy korlátozza az elkövethető hibákat, és ha a teljes projekt előrejelzése nem is lehetséges, de lehetőséget nyújt arra, hogy legalább a soron következő lépéseket viszonylag nagy biztonsággal meg lehessen tervezni.

A lépésről lépésre való megközelítésnél arról sem szabad megfeledkezni, hogy a projekt bármikor oda juthat, hogy abba kelljen hagyni, és ebben az esetben a kiadott költségeket elsüllyedt költségként kell leírni [33].

Elkington és Smallman [37] a kockázatokat két csoportra osztja: projektet érintő kockázatok és az üzleti kockázatok. Előbbi a szorosan kapcsolódik a projekthez, mint pl. az esetlegesen fellépő erőforrás-problémák, szervezési kérdések, stb.. Utóbbiak pedig azok a kockázatok, amelyek hatással vannak a projektből származó előnyök kihasználására, például, ha az üzlet érvénytelenné válik a piacon, ahol a vállalat működik.

Zhi [28] a projektek lehetséges kockázatait 4 forrásból származtatja:

1. Nemzet, régió

Ezen belül kockázatot jelent a politikai, a gazdasági és pénzügyi, és a szociális környezet.

2. Ipar

Piaci fluktuáció, jogszabályok, szerződési rendszerek, sztenderdek és kódok

3. Vállalat

Alapanyagok, tulajdonosok, alkalmazottak, munkaerő

4. Projekt

Határidők, elvégzett munka minősége, költség túllépések

A projektek kockázatkezelési lehetőségei:

Enshassi [1] 3 lehetséges módot határoz meg:

- **Elkerülni**

Egy fenyegetés általában kikerülhető az okok megszüntetésével. A projektcsapat sohasem képes minden kockázat megszüntetésére.

- **Mérsékelni**

Csökkenteni a várható kockázatos esemény bekövetkezésének értéket vagy csökkenteni a kockázatos esemény értékét.

- **Elfogadni**

Elfogadni a következményeket. Lehetséges egy előzetes készenléti terv készítése, amelyet a kockázati esemény bekövetkezésekor használnak fel, így alacsonyabb nyereséget elérve.

A fejezet első felében bemutattam a kockázatok kezelését, menedzselését, egészen a megjelenésüktől a lehetséges megszüntetéséig.

Egy további kockázatkezelési módszert ismertetek a továbbiakban, a Monte-Carlo szimulációt.

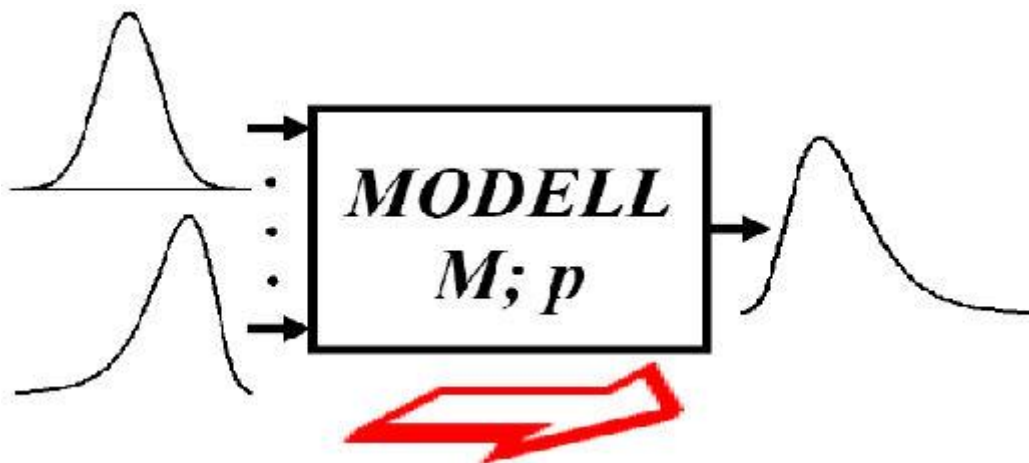
2.2 Monte-Carlo szimuláció

A Monte-Carlo szimuláció bemutatása a dolgozatom gyakorlati részében ismertett módszer szempontjából különleges jelentőséggel bír. A szimuláció segítségével több ezer átfutási időre és erőforrás-szükségletre vonatkozó adatot sikerült generálni.

A kockázatelemzés során alkalmazható módszer a Monte-Carlo szimuláció, amely alkalmazható az MGT (Műszaki-Gazdasági Tanulmány) és az üzleti terv készítésénél a pénzáramok nagyságára, a beruházások megvalósítása esetén pedig a hálótér kockázatainak elemzésére [16].

„A Monte-Carlo egy olyan matematikai eszköz, mely alkalmas arra, hogy véletlen események sorozatával oldjunk meg determinisztikus problémákat [9].”

A módszer a véletlenszerű kiválasztásra épül, véletlenül választunk ki mennyiségeket vagy pontokat, ezt az alábbi ábra is szemléltet:



2. ábra: Véletlenszerűen kiválasztott számok, valószínűségek modellje

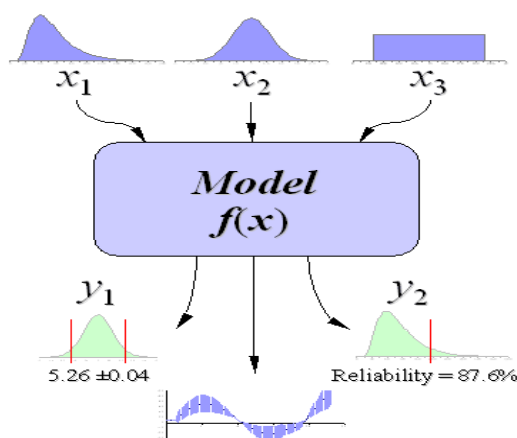
A módszer alkalmazásának lehetőségei:

1. Szimulálni a valóságot vagy jóslatokat készíteni

Amikor modellt készítünk valamilyen táblázatkezelő programmal, például Excellel, akkor bizonyos számok a rendelkezésünkre állnak az input paramétereiről. Továbbá néhány egyenlet, amelyek segítségével az inputokból meghatározhatjuk az adódó outputokat. Ez a típusú modell determinisztikus, ami azt jelenti, hogy akárhányszor újraszámoljuk, ugyanazt az eredményt kapjuk.

2. Bizonytalanság terjedésének elemzésére

A cél meghatározni a véletlenszerű variációkat, hiányzó ismereteket, teljesítményeket, hiba hatását vagy a rendszer megbízhatóságát modellezni.



3. ábra: Bizonytalanság terjedése

Mintavételi módszer

Az inputok véletlenszerűen generáltak az eloszlásból, hogy szimuláljuk a mintavételi folyamatot az aktuális populációból. (*Monte Carlo Simulation Basics*: <http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>)

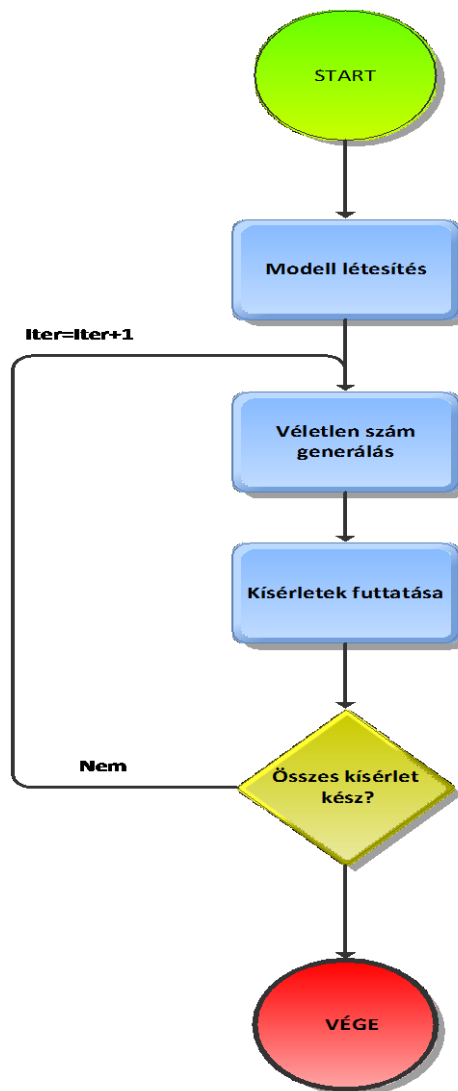
Részletesebben a projekt megvalósítása érdekében készített hálótérkockázatelemzésére térek ki. Ebben az esetben a főbb lépések a következők:

1. Szakmailag releváns hálótérk elkészítése:
 - a. Tevékenységek részletes leírása
 - b. Köztük fennálló logikai kapcsolatok meghatározása
 - c. Kezdő és befejezési időtartamok meghatározása
 - d. Erőforrások és költségek tervezése
2. Valószínűségi eloszlások meghatározása az egyes tevékenységekhez, és a végrehajtásukat elősegítő erőforrásokhoz. A legtöbbet előforduló eloszlások az alábbiak:
 - a. Uniform
 - b. Háromszög

c. Normál

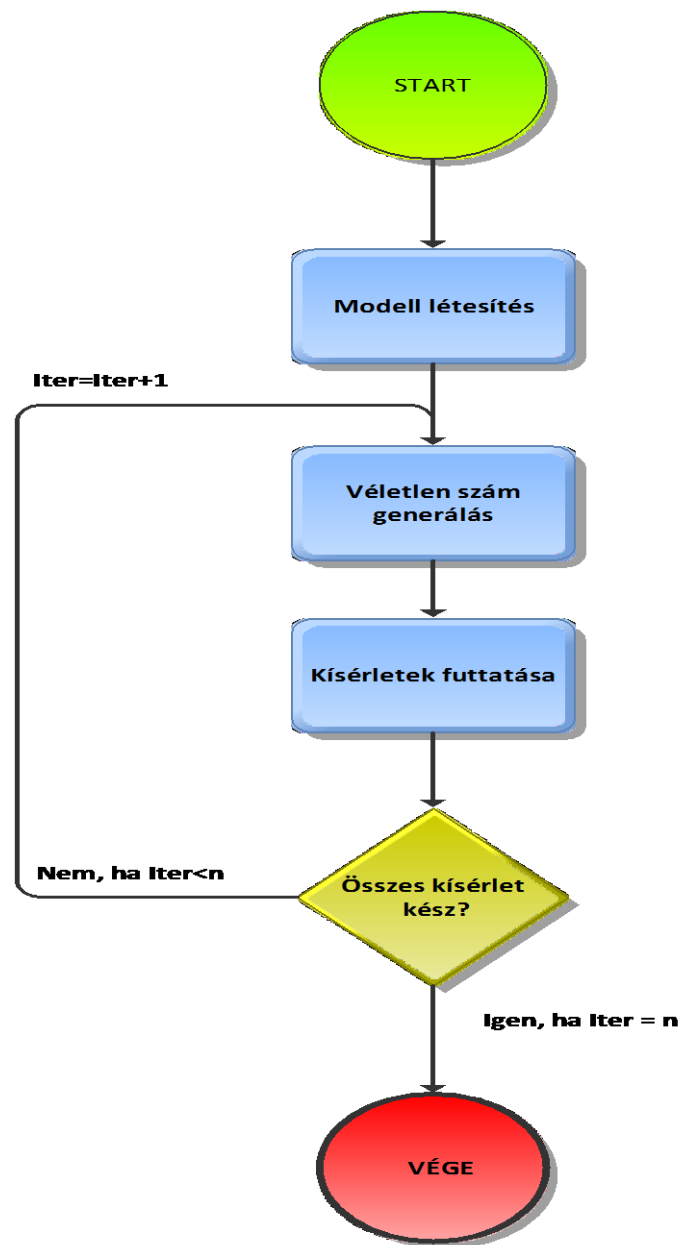
3. Következő lépés a meghatározott tevékenységek és rendelkezésre álló erőforrások közötti kapcsolatok feltárása és meghatározása.
4. A hálótervi elágazásokban a csomópontot követő tevékenység bekövetkezési valószínűségére vonatkozó valószínűségi értékek becslése.
5. Feltételes valószínűség értékeinek meghatározása, hogy a tevékenységek lefolyása során a hálóterv mely pontjában és milyen valószínűséggel lép életbe a tartalékterv.
6. A Monte-Carlo szimuláció lefuttatásához szükséges adatok megadása.
7. A szimuláció lefuttatásával kapott eredmények grafikus módon történő ábrázolása [16].

Az alábbi ábrán a módszer lépéseit szemléltetem Fekete István ábrája alapján. Az ötödik lépésnél döntési helyzetbe kerülünk, ha az összes kísérlet nem készült el, vissza kell térnünk a harmadik lépéshez és újragenerálni a véletlen számokat és a kísérleteket lefuttatni. Mindezt addig ismételjük, amíg az összes kísérletet el nem végeztük.



4. ábra: Monte-Carlo szimuláció folyamata (saját szerk. [16] alapján)

Fontos felismerni, hogy a módszer jelentős hiányossággal bír, ugyanis a szimuláció sohasem érhet véget. Az összes kísérlet elvégzésére nincs lehetőség, mivel végtelen sokaságú adathalmaz generálható, így az ábrázolt folyamat is egy soha véget nem érő szimuláció lesz. Ezért a modell kiegészítésre szorul. Ha meghatározzuk az elvégzendő kísérletek számát, akkor elkerülhetjük a végtelenségig tartó folyamatot. Az összes kísérlet, akkor valósul meg, ha a kísérletek száma elérte az előre meghatározott n darabszámot, ahol $n \in \mathbb{N}$.



5. ábra: Monte-Carlo szimuláció folyamata (javított) (saját szerkesztés)

A bemutatott kockázatelemzési módszert, a Monte-Carlo szimulációt dolgozatom gyakorlati része során is felhasználtam. Ebben az alfejezetben a módszert gyakorlati hasznát, jelentőségét ismertettem.

3. Projekttervezési technikák

A sikeres projektek végrehajtása érdekében fontos, hogy a megvalósítani kívánt projekteket szakszerűen, a különböző projekttervezési technikák alkalmazásával megtervezzük. Ezek a projekttervezési technikák kitérnek az átfutási idő, erőforrás és költség igények meghatározására. Ezek közül a továbbiakban a hálótervezési és az erőforrás-tervezési technikákat ismertetem, ugyanis a dolgozatomban bemutatásra kerülő módszer során is ezeket használtam fel.

3.1 *Hálótervezési technikák*

A projekteket, illetve a hozzájuk tartozó erőforrásokat, határidőket nem elég csupán elméleti szinten meghatározni. Fontos, hogy szemléltessük, ábrázoljuk a projektet, illetve annak tevékenységeit, valamint a köztük fennálló kapcsolato(ka)t. Ennek jelentősége lehet, hogy például egy megfelelően elkészített hálón láthatóvá válik a kritikus út, vagyis azon tevékenységek sorozata, amelyek megvalósítása hatással van a teljes projekt lefutására a végső határidő betartására.

Dr. Papp Ottó [23] a hálótervezést egy nagy hatékonyságú vezetéstechnikai segédeszköznek nevezte, ami az ún. „kivételek elvének gyakorlati realizálását teszi lehetővé.

Legtöbbször, amikor már a projekt a megvalósítás alatt van, gyakran akkor derül ki, hogy sok esetben a tevékenységek elvégzéséhez szükséges erőforrások a beütemezett időpontban nem állnak rendelkezésre, ezért a tevékenységek csúsznak, el kell halasztani őket. Bizonyos esetekben tolerálható a tevékenységek elhalasztása, de ha a tevékenységek kritikus úton vannak, akkor az a teljes projektre kihatással van [29].

Az esetleges csúszások, késések elkerülése érdekében nyújtanak segítséget a különböző hálótervezési technikák és modellek. A következőkben ezek közül mutatom be és hasonlítom össze a legfontosabbakat.

Fontos megjegyezni azonban, hogy az elkészített háló nem a projekt legjobb megvalósítását szemlélteti, hanem egy lehetőséget ad.

A különböző hálótervezési technikákat az 1950-es évektől kezdték el kifejleszteni. Azóta számos módszer látott napvilágot, mint a CPM (*CriticalPathMethod – Kritikus út tervezése*), MPM (Metra Potenciális módszer), PERT (*Program Evaluation and ReviewTechnique – Program kiértékelő és beszámoló technika*), GERT (*GraphicalEvaluation and ReviewTechnique – Grafikus kiértékelő és beszámoló technika*).

Ezek a módszerek jellemzően csomópontokkal és az azokat összekötő élekkel ábrázolják a szóban forgó projektet. A háló megalkotásánál alapvető szempont, hogy az elkészített modell könnyen értelmezhető, megfigyelhető és áttekinthető legyen. Fontos megjegyezni, hogy az elkészített háló csak egyetlen megoldási lehetőség, amely az alkotó gondolkodás módját mutatja be. Sok esetben a modell módosítható, vagy mint később látjuk lehetőség van mátrixos-alapú szemléltetésre is.

Ha elkészítettük a logikai hálót következhet a tevékenységek átfutási idejének meghatározása. Következő lépésként szükségszerű az egyes tevékenységekhez tartozó erőforrás-szükségletek definiálása is. Ebben a fázisban megvizsgáljuk a rendelkezésre álló és a szükséges erőforrások közötti különbségeket [20].

3.1.1 A hálótervezési technikák csoportosítása

Dr. Kosztyán Zsolt Tibor szerint [20] a hálótervezési technikák csoportosítása sokféleképpen történhet, ezek közül négy lehetséges felosztást ismertetek.

1. Időtervezés jellege szerint: determinisztikus vagy sztochasztikus
2. Felhasználási céljuk alapján: idő-, költség-, erőforrás-optimaló technikák
3. A hálók irányultságuk alapján: tevékenység- vagy eseményorientáltak
4. Megjelenési formájuk szerint: tevékenységnyíl, tevékenység-csomópontú vagy esemény-csomópontú hálók.

Determinisztikus időtervezést akkor alkalmazhatunk, ha viszonylag pontosan becsülhetők a tevékenységek időadatai. Ha a tényleges időadatok eltérnek a becsülttől, akkor aktualizálni, újraszámolni kell őket. Ezek a hálótervezési módszerek jól alkalmazhatók sok tevékenységet tartalmazó, bonyolult hálók esetén is. Ide tartoznak többek között:

- MPM
- PERT
- CPM

- DCPM hálók, stb

Sztochasztikus hálótervezési módszerek esetén a tevékenységidőket valamilyen valószínűségi eloszlás sűrűségfüggvénye határozza meg. Ezek közé sorolhatók az alábbiak:

- PERT
- GERT

Az alábbi táblázatban összegyűjtöttem a két módszer előnyeit és hátrányait:

Előnyök	Hátrányok
tevékenységek időtartamának bizonytalansága is tervezhető	tevékenységek időtartamának eloszlása nem minden esetben ismert
már a tervezés fázisában meghatározható az adott valószínűségi szintekhez tartozó átfutási idő	sok esetben nincs előzetes információk a tevékenységek időtartamáról
előre fel tudunk készülni az esetleges nehézségekre, problémákra	nehezen meghatározható a projekt átfutási ideje
akár 10-12%-os költségmegtakarítás is elérhető a szakirodalmak szerint	

1. táblázat: *A sztochasztikus hálótervezési módszerek előnyei és hátrányai ([20] alapján)*

Az *időtervezési eljárások* esetén a legfontosabb, hogy meghatározzuk a projekt átfutási idejét. Determinisztikus esetben ez viszonylag könnyen sikerül, azonban sztochasztikus hálótervezések esetén számos módon számolhatjuk a bizonytalanságokat. Például: PCI (PathCritical Index – Kritikus út index), ACI (ActivityCritical Index – Kritikus tevékenység index), FUZZY vagy a PERT-módszer és FUZZY logikán alapuló becslés összevetésével.

A *költség- és erőforrás-optimaló eljárások* tekintetében az átfutási idő meghatározása mellett a tevékenységek költség-, erőforrás-optimalása és kiegyenlítése is nagy hangsúlyt kap.

A *tevékenységorientált* hálók esetében a tevékenységek, míg az *eseményorientált* hálóknál az események kiemelése a hangsúlyos. Ilyen események lehetnek határidők, részmunkák

lezárása, mérföldkövek elérése stb. A tevékenységeknél előtérbe kerül a tevékenységek legkorábbi vagy legkésőbbi kezdése és befejezése.

Tevékenység-nyíl hálónál az élek reprezentálják a tevékenységeket, a csomópontok az eseményeket. Ebben az esetben az események ábrázolását akár el is hagyhatjuk. Két jellemző képviselőjük a PERT és a CPM.

Tevékenység-csomópontú hálók esetében az élek jelölik az egyes tevékenységek közötti kapcsolatokat, míg a csomópontok a különböző tevékenységeket. Idetartozik az MPM és a PDM.

Az *eseménycsomópontú hálónál* az események hangsúlyozása a lényeges, amelyeket a csomópontok reprezentálnak, az élek pedig a tevékenységeket [20].

Az eddigiek alapján két módszert választottam ki bemutatásra, a PERT- és a GERT-módszert.

3.1.2 PERT-módszer

A módszer a sztochasztikus hálótervezési modellek közé tartozik. A PERT-módszer akkor alkalmazható, ha nem ismerjük az időtartamok eloszlását, ekkor feltesszük, hogy az időtartamok β eloszlást követnek.

A PERT-módszerben olyan β -eloszlással számolunk, ahol az alábbi módon számítható a tevékenységek időtartamának várható értéke (M) és szórása (D^2):

1. egyenlet: várható érték (M) és szórás (D) [19]

$$\begin{aligned} M(t) = E(t) = \bar{t} &= \frac{1}{6}(A + 4M + B) \\ D^2(t) = \sigma_t^2 &= \left[\frac{1}{6}(B - A) \right]^2 \end{aligned}$$

Jelölések:

- A: az intervallum alsó határa – optimista becslés
- B: az intervallum felső határa – pesszimista becslés
- M: maximális érték – legvalószínűbb becslés

A becslés várható értéke, illetve varianciája a fentiek értelmében az alábbi módon számolható [19]:

2. egyenlet:

$$\hat{t}_{i,j} = \frac{1}{6} [\hat{A}_{i,j} + 4\hat{M}_{i,j} + \hat{B}_{i,j}] = \frac{1}{6} [a_{i,j} + 4m_{i,j} + b_{i,j}]$$
$$\hat{\sigma}_{i,j}^2 \approx \left[\frac{\hat{B}_{i,j} - \hat{A}_{i,j}}{6} \right]^2 = \left[\frac{b_{i,j} - a_{i,j}}{6} \right]^2$$

A PERT háló az alábbi lépésekkel rajzolható fel [41]:

1. Logikai háló elkészítése,
2. $A_{(i,j)}$, $B_{(i,j)}$, $M_{(i,j)}$, $t_{(i,j)}$, $\hat{\sigma}_{(i,j)}^2$ meghatározása,
3. Megfelelő hálótervezési modell kiválasztása. (A PERT-hálónál mindkét említett technika használható, tehát a tevékenység-nyíl és tevékenység-csomópontú is)
4. Kritikus út kiszámítása,
5. Megvalósítási idő szórásainak kiszámítása,
6. Alternatív úton lévő tevékenységek, illetve a tartalék idők szórásainak kiszámítása

A PERT-módszerrel a nem várt eseményekre is válasz tudunk adni, ha a módszert aktualizáljuk.

A PERT-módszer aktualizálásának lépései [41], [42]:

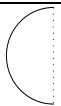
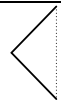
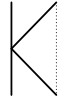
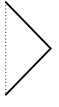
1. A lefutott tevékenységek időadatainak beírása
2. A még le nem futott tevékenységek időadatait módosít(hat)juk, attól függően, hogy a beírt időadatok, lefutott tevékenységek mennyire térnek el a becsülttől
3. A változtatott adatokkal a hálót újra számítjuk

3.1.3 A GERT-módszer

Egy további sztochasztikus hálótervezési módszert a GERT-háló.

Ez a hálótervezési módszerekre jellemző, hogy a *kizáró vagy* kapcsolatokon túl a *megengedő vagy* kapcsolatokat, illetve az *és* kapcsolatokat is tudják kezelni. *És* operátor esetén az összes tevékenységnek meg kell valósulnia a projektváltozatok és tevékenységsorrendek közül. A *megengedő vagy* operátor esetén előfordulhat, hogy minden tevékenység megvalósulását megengedi, de az is, hogy csupán egy valósul meg közülük.

Az alábbi táblázatban szemléltetem a GERT-módszerben alkalmazott jelöléseket:

Jelölés	Értelmezés
	„ÉS” (determinisztikus) bemenet, mely azt jelenti, hogy az esemény akkor következik be, ha valamennyi bejövő tevékenység végrehatódik.
	„VAGY” bemenet, mely azt jelenti, hogy az esemény akkor következik be, ha valamelyik bejövő tevékenység végrehajtódik.
	„KIZÁRÓ VAGY” bemenet, amely azt jelenti, hogy az esemény akkor következik be, ha egy tevékenység a bemenő tevékenységek közül végrehajtódik. Az egyik tevékenység végrehajtása kizárja többi bejövő tevékenység végrehajtását.
	Determinisztikus (egy lehetséges) kimenet.
	Sztochasztikus (több lehetséges) kimenet

2. táblázat: A GERT-módszer során alkalmazott jelölések ([21] alapján)

Milyen esetekben alkalmazható a módszer?

- A hagyományos tevékenység-nyíl típusú kapcsolatok esetén,
- Ha a logikai tervben minimális vég-kezdet típusú kapcsolat található, amely lehet determinisztikus és sztochasztikus is,
- Ha a sztochasztikus háló nem tartalmaz iteratív kapcsolatot vagyis körfolyamatot,
- A sztochasztikus háló csak 1-nél kisebb valószínűséggel tartalmazhat kört,

- A különböző projektváltozatok csak egy kezdő és egy végponttal rendelkeznek [21].

-

A módszer előnyei és hátrányai

A hálótér nem nyújt minden lehetséges problémára választ, jó pár hiányosságával találkozhatunk. Ilyen például, hogy nem lehetséges, hogy egy adott időszakban minden tevékenységet áttekinthetünk, ami a kapacitástervezés során okozhat nehézségeket. További lehetséges előnyt és hátrányt ismertettek az alábbi ábrán [31].

A hálótér előnyei	Hátrányai
Áttekinthetők a tevékenységek, valamint ezek kölcsönös függőségi viszonyai.	Ha a hálótér túl részletesre sikerül, akkor az ellenőrzés, illetve a módosítás munkaigénye meglehetősen nagy lesz.
Hozzásegít a projekt alapos végiggondolásához.	Ha a hálótér túl absztraktul épül fel, akkor pl. a technikusok vagy művezetők nem értik meg.
Relatív pontos előrejelzést adhatunk fontos részhatáridőkről.	Ha a hálótérbe nem ellenőrizhető tevékenységek is bekerülnek, akkor nem reális határidők keletkezhetnek.
A kritikus út és a pufferidők ismeretében lehetőség van ésszerű erőforrás-gazdálkodásra.	Ha a hálótér számítógép segítségével készül és eredményei csak a tervező számára mondanak valamit, a többieknek nem, akkor meginog az egész tervezésbe vetett bizalom.
Időben észlelhetők a zavarok és a csúszások, illetve a várható következményeik.	Ha a korrekciók a hálótérben nem tartanak azonnal lépést a bekövetkező változásokkal, akkor idővel áttekinthetetlenné válik a folyamat.

3. táblázat: A GERT-háló előnyei és hátrányai [31] alapján

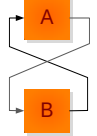
3.1.4 Bináris mátrix-alapú módszer

Hálótervezési módszerekkel jó pár nehézség elkerülhető, azonban így is számos hiányossággal rendelkezhetnek, nem kezelik a körfolyamatokat, illetve az elhagyható tevékenységeket, illetve a projektek során felmerülő véletlen hatásokat [43].

[18] A termékfejlesztési projektek ütemezésénél került előtérbe a DSM(DependencyStructureMatrix - Függőségi struktúra mátrix) nevet kapó módszer, amelyet függőségi mátrixnak is nevezhetünk. Ez az elnevezés olyan projektekre utal, ahol a módszert eredetileg rendszermodellezésre használták, ahol a D betű az angol Design kifejezésre jelenti. A mátrixban a sorok és az oszlopok reprezentálják a projektek tevékenységeit, illetve a köztük fennálló kapcsolatokat. A DSM három alapkapsolat kezelésére alkalmas: a soros, a párhuzamos és az iteratív kapcsolatokéra. A kapcsolatok bemutatására az adjcencia mátrix használható, amelyben X-szel jelöljük a soros kapcsolatokat, a párhuzamos kapcsolatok esetén nem szükséges feltüntetni semmit, mivel a párhuzamos tevékenységek között nincs kapcsolat. Ha A és B tevékenység között iteratív kapcsolat áll fenn, akkor A és B, illetve B és A között is jelöljük a kapcsolatokat, ahogy az, az alábbi táblázatban is látható:

Soros kapcsolat				Párhuzamos kapcsolat				Iteratív kapcsolat			
↑	A	B		↑	A	B		↑	A	B	
A		X		A				A		X	
B				B				B	X		

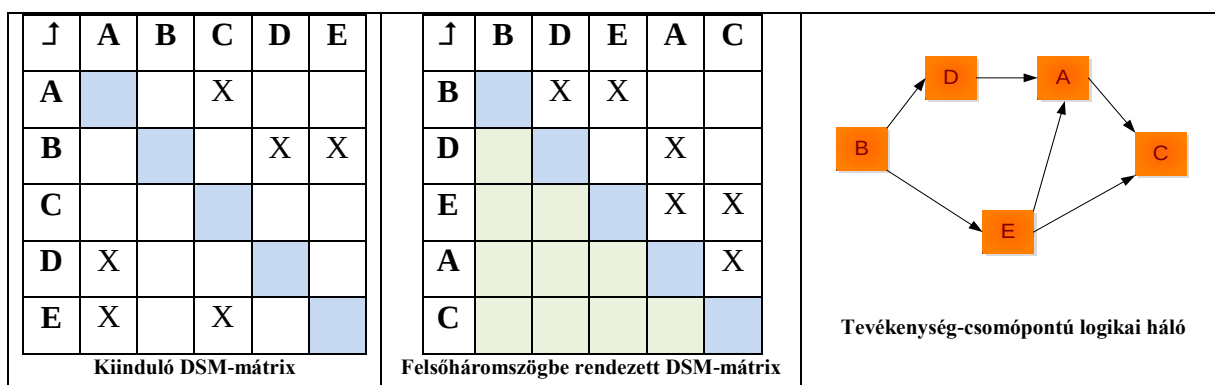




6. ábra: Elemi tevékenységkapcsolatok [18]

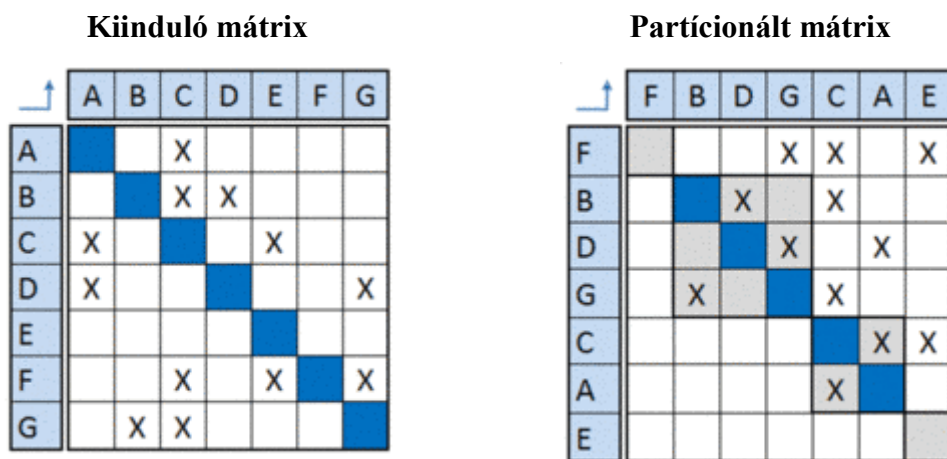
Az iteratív kapcsolatok esetében azt szemléltetjük, hogy erre a két tevékenységre többször is vissza kell térni. Ezen kapcsolatok jelölése fontos lehet, mert előfordulhat, hogy a projektünk ezek miatt fog csúszni. Az iteratív kapcsolatokat szokás még körfolyamatokként is nevezni, visszatérő jellege miatt. Egy körfolyamat több tevékenységet is érinthet. Mátrixos ábrázolás esetén fontos, hogy a tevékenységek sorrendjét pontosan meghatározzuk, amit a tevékenységek átrendezésével érhetünk el. Ha a felrajzolt hálóban vagy mátrixban nem található iteratív kapcsolat, vagyis körfolyamat, akkor az topologikusan rendezhető. Ha a projekt nem tartalmaz körfolyamatot, akkor a projekt DSM-mátrixa a mátrix felsőháromszögébe rendezhető. Ezt a szakirodalomban sequencing-módszerként szokták

nevezni. Egy projekt tevékenységeinek topologikus sorrendbe rendezését mutatja a következő ábra:



7. ábra: Tevékenységek (topologikus) sorba rendezése [18]

Ha iteratív kapcsolatokat tartalmaz a projektünk, akkor a felsőháromszögbe rendezés nem alkalmazható. Ekkor a partícionálás módszerét hívjuk segítségül, amelynek lényege, hogy a mátrix átlója alatt lévő kapcsolatokat a tevékenység átrendezésével megpróbáljuk a diagonálshoz közelíteni. Ezt módszert szemléltetik az alábbi ábrák is [11].



8. ábra: Partícionálás [18]

A módszer továbbfejlesztésével ezek az iteratív kapcsolatok össze is vonhatók egy tevékenységbe.

A DSM-mátrix segítségével további lépések is elvégezhetők, mint például az egyes tevékenységek, fázisok elválasztása. Az így alkalmazott módszert a DSM-mátrixok klaszterezéseként szokás nevezni [46],[35]. Az alábbi ábrán egy klaszterezett DSM-mátrix látható, amelyben az összevonható tevékenységek azonos színnel vannak jelölve.

Kiinduló mátrix							
	1	2	3	4	5	6	7
1						X	
2	X		X	X			X
3				X			X
4		X	X		X		X
5	X			X		X	
6	X				X		
7		X	X	X			

Klaszterezett mátrix							
	1	6	5	4	2	3	7
1		X					
6	X		X				
5	X	X		X			
4			X		X	X	X
2	X			X		X	X
3				X			X
7				X	X	X	

9. ábra: Klaszterezés [18]

A bemutatott módszer azonban nem csak a logikai tervezésre alkalmazható, hanem feltüntethetőek benne a tevékenységek idő és erőforrás adatai is. Ilyenkor a mátrix diagonálisban vagy külön oszlopban tüntethetjük fel a tevékenységek idő- és erőforrás szükségleteit, illetve újratervezésre is alkalmas. A lehetséges késleltetéseket a kapcsolatoknál számokkal szemléltethetjük. Továbbá újratervezésre is alkalmas [18].

3.1.5 Sztochasztikus mátrix-alapú módszer

Az SNPM-módszert (Stochastic Network PlaningMethod – Sztochasztikus hálótervezési módszer) Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Fejes János és Kiss Judit fejlesztették ki 2007-ben. Céljuk egy olyan projekt modellezési technika meghatározása volt, amely az alábbi kérdések megválaszolását segíti elő:

- A legtöbb projekt esetében a tevékenységek lefutási sorrendjét a technológia határozza meg. Ehhez kapcsolódóan felmerül a kérdés: vajon biztosan ez a legjobb, leghatékonyabb megvalósulási sorrend?
- Az összes lehetséges lefutási sorrendet figyelembe vették-e a végső, mielőtt meghatározták a sorrendet?

Az SNPM egy általános módszer, amely ütemezési feladatok meghatározásakor alkalmazható. Az eddig bemutatott módszerekhez képest (PERT, GERT) abban rejlik a különlegessége, hogy a lehetséges megoldások halmazát az összes rákövetkezési reláció figyelembe vételével határozza meg valószínűségi változók alkalmazásával. A módszer segítségével a projektet érő külső hatások függvényében változtathatók a különböző tényleges megoldások [17].

Miben nyújt többet az SNPM, mint az eddig ismertetett módszerek?

Az alábbiakban táblázatos formában szemléltetem, hogy az eddig bemutatott módszerek, mint a PERT, GERT és a DSM-hez képest az SNPM technika miben nyújt többet ezeknél.

Két oszlopot határoztam meg, az első a korábban már bemutatott módszerek jellemzőit tartalmazza, a másik pedig azt, hogy ezek hiányosságaira az SNPM milyen válaszokat ad.

Az eddig ismertetett módszerek	SNPM
PERT- és GERT-módszer: Tevékenységek időtartamainak megbecslése, illetve a folyamatokhoz a megfelelő mérések hozzárendelése jelenti a módszerek gyenge pontjait.	Kezeli a projekt struktúrájára vonatkozó bizonytalanságokat. Továbbá kezelni tudja a tervezés során felmerülő a megvalósítás sorrendjére vonatkozó preferenciákat is.
GERT-módszer: Adott valószínűségi szinthez meg lehet határozni az átfutási időt, felkészülhetünk a projekt lehetséges buktatóira. Hátránya, hogy a tevékenységek időtartamát nem tekinti valószínűségi változónak.	Meghatározza a lehetséges megoldások halmazát a tevékenységek közötti kapcsolatok erősségének megfelelően. Bekövetkezési valószínűségek kezelésére alkalmas. A valószínűségi változók a döntéshozók preferenciáit ábrázolják.
DSM Az egyes tevékenységek közötti rákövetkezési sorrendek megállapítására nem valószínűségi változókat, hanem az információáramlás sebességét használja.	Emellett a kapcsolatok erősségére is tekintettel van, ezen kívül paraméterei változtathatóak, ezáltal szélesebb körben használható.

4. táblázat: Az SNPM és az eddigi módszerek összehasonlítása (saját szerkesztés [17] alapján)

Az SNPM módszer lépései

- 0a. Definiáljuk a redukált kapcsolati mátrixot, majd ezt átrendezzük felső háromszögmátrixszá. Ha nem rendezhető át, akkor nincs megoldása a feladatnak - > STOP, ha átrendezhető, abban az esetben ugrás az első lépésre.
- 1a. Cél a topologikus rendezés elérése, ez abban az esetben valósítható meg, ha az élek száma (m) nagyobb a csúcsok számánál (n) mínusz 1 ($m > n-1$). Ha feltevésünk nem teljesül, akkor ugrunk a 2.b lépésre. Ha a megoldás megengedett, vagyis teljesül az állításunk, akkor ugorhatunk a 2.a lépésre.
- 2a. Megoldás megjelenítése, majd a következő él kiválasztása. Csak olyan élre eshet a választásunk, amely a felső háromszögben található és előtte még nem választottuk ki, vagyis $(N_i N_j)$ esetén $i > j$. Ha van kiválasztható él, akkor ugrunk az 1. lépésre, ha viszont nem találunk több lehetséges, kiválasztható élt, akkor a 3. lépéssel folytatjuk.
- 2b. Kiválasztunk egy lehetséges tevékenységet. Csak olyan választható, ahol az adjacencia mátrixot átrendezhetjük felső háromszögmátrixszá. Ha találunk kiválasztott él, akkor visszaugrunk az 1. lépésre, ellenkező esetben tovább lépünk a 3. lépésre.
3. Egy kiválasztott kapcsolat redukciója, ha az így kapott gráf már szerepel a lehetséges megoldások között vagy a redukció után a gráf már nem megengedett, akkor kilépünk az ágból, különben visszatérünk az 1. pontra. [22]

3.1.6 Projekt Szakértői Mátrix – PEM

A projekt szakértői mátrix az SNPM-módszer továbbfejlesztett változata, amelyben nem csak a tevékenységek közötti kapcsolatok lehetnek bizonytalanok, sztochasztikusak, hanem a végrehajtandó tevékenységek előfordulása is.

A projektek végrehajtása során találkozhatunk olyan esetekkel is, amikor az is bizonytalan lehet, hogy mely tevékenységeket sikerül végrehajtani. Dr. Kosztyán Zsolt Tibor és Kiss Judit által kifejlesztett PEM-mátrix diagonálisában a tevékenységek végrehajtásának fontossága/valószínűsége is jelölhető, az ezenkívüli cellákban a tevékenység közötti kapcsolatok tüntethetők fel.

Jelölések a PEM-mátrixban:

- 1 vagy „X” jelöli a biztosan végrehajtandó tevékenységeket
- 0 és 1 közötti értékek mutatják a bizonytalan vagy elhagyható tevékenységeket.

Mire használható a PEM?

- Korábbi logikai tervek összegeezhetők,
- összegeezhetők a projekttervező szakemberek projekttervei,
- hálótervezési problémák modellezhetők,
- bizonytalan kapcsolatok, illetve lehetséges tevékenység-megvalósítások segítségével olyan projekttervek is modellezhetők, amelyek a korábbi hálótervezési módszerekkel nem voltak lehetségesek.

A PEM alkalmazásának lehetőségei

Ha PEM-ben jelöljük a tevékenységek prioritását/fontosságát, illetve a tevékenység idő- és erőforrás-szükségeit, akkor az alábbi feladatok értelmezhetők:

1. Egy adott idő-, költség- és erőforrás-keretet nem túllépve határozzuk meg azt a projektváltozatot, amelyik a legtöbb végrehajtandó tevékenységet tartalmazza!
2. Határozzuk meg a legrövidebb átfutási idővel rendelkező, adott költség- és erőforrás-keretet nem túllépő projektváltozatot!

Természetesen ezenkívül további feladatok is meghatározhatók. Az első eset az informatikai fejlesztési projektek esetén, a második termékfejlesztések során alkalmazható [18].

A PEM-ben használható módszer a tevékenységek prioritásának meghatározására a Moszkva-elemzés (MoSCoWanalysis). A módszer négy nagy kategóriába sorolja a tevékenységeket, annak függvényében, hogy azok milyen prioritást élveznek. Az egyes kategóriákhoz 0 és 1 közötti számot rendelünk a fontosságuknak megfelelően.

Az egyes kategóriák:

- M (Must have – Meg kell tenni):

Ide tartoznak azok a tevékenységek, amelyeket mindenképp végre kell hajtunk a projekt sikerességének érdekében.

- S (Should have – Meg kellene tenni):

Azokat a tevékenységeket jelöljük „S”-sel, amelyek nem képezik a szerződés részét, de későbbi módosítással végrehajthatók, és hasznos részét képezhetik a projektnek.

- C (Could have – Meg lehetne tenni):

Ide soroljuk azokat a tevékenységeket, amelyek meg lehet valósítani, de túl sok erőforrást vagy költséget igényelnek, vagy megvalósításuk hosszabb időt vesz igénybe.

- W (Won't have – Nem kell végrehajtani):

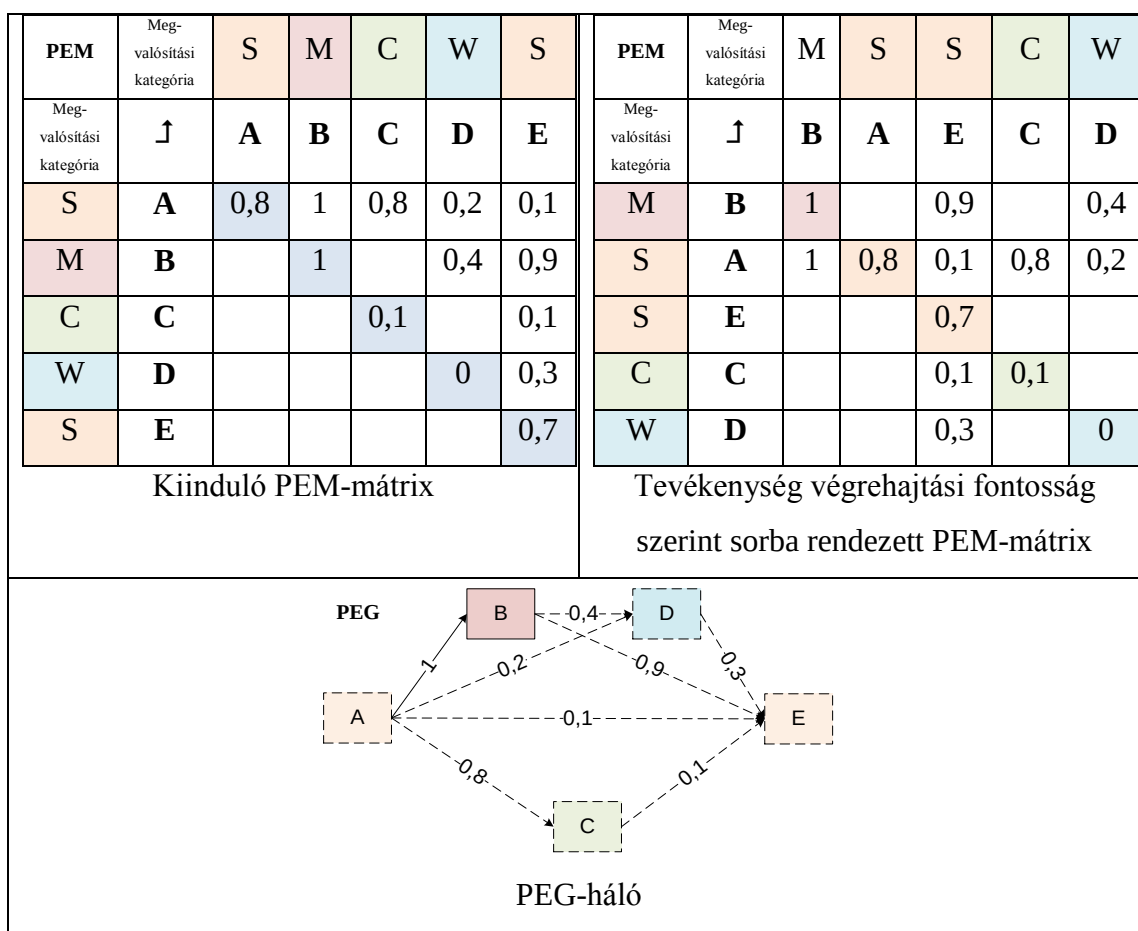
A MoSCoW-elemzés figyelembe veszi azokat a tevékenységeket is, amelyek megvalósítása a projekt keretén belül nem kerül megvalósításra ([18] alapján).



10. ábra: Moszkva elemzés [18]

A PEM mátrix segítségével azt vizsgáljuk, hogy mely tevékenységeket, vagyis **MIT** hajtsunk végre. Ha meghatároztuk, hogy mely tevékenységeket szükséges megvalósítani, akkor egy további kérdés merül fel, a **HOGYAN**, vagyis milyen sorrendben hajtsuk végre a tevékenységeket.

A módszer első lépéseként a végrehajtandó tevékenységeket határozzuk meg, majd a felállítjuk a logikai sorrendet végrehajtási fontosságuk/valószínűségük szerint. Ezt nem csak mátrixos formában tehetjük, hanem hálós változatban is. Az erre a lehetőségre kifejlesztett módszer hívjuk PEG-hálónak, Projekt szakértői gráfnak. Az alábbi ábrán szemléltetem a PEM és a PEG-háló közötti kapcsolatot. A PEM mátrixos formában jeleníti meg a kapcsolatokat és az elvégzendő tevékenységek között, illetve a tevékenységek prioritását is feltüntethetjük. A PEG ezt vetíti ki hálós formára, ahol az éleken reprezentálhatjuk a tevékenységek fontosságát, illetve szagatott vonallal jelölhetjük a MoSCoW-elemzés során meghatározott elhagyható tevékenységeket. ([18] alapján)



11. ábra: PEM-módszer [18]

3.1.7 A PSSM-módszer – Projektváltozat/Projektstruktúra kiválasztási módszer

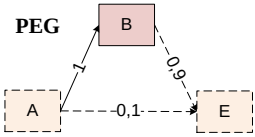
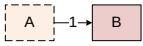
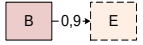
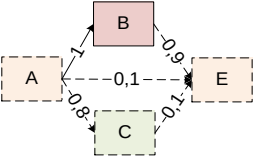
A módszer első lépéseként szükséges értékeket rendelni az elvégzendő tevékenységek mellé. Ha egy tevékenység kötelezően elvégzendő, akkor 1-es értéket kap, ha elhagyható vagy lehetséges a megvalósítása, akkor 0 és 1 közötti értéket vesz fel.

Emellett meg lehet határozni egy minimális értéket is, amelyet a projektváltozat prioritásának/valószínűségének meg kell haladnia, mert ez alatti érték esetén veszélybe kerülhet a projekt megvalósíthatósága. A minimálisan meghatározott érték alatti projektváltozatok elhagyhatók.

A projektváltozatok meghatározásánál azt vizsgáltuk, hogy ez egyes tevékenységek közül **MIT** hajtsunk végre.

A PSSM módszer felhasználja a kiválasztási mátrixot, az SNPM-mátrixot és a PEG-hálót is.

Lépései az alábbi ábrán láthatók [18].

	Kiválasztási mátrix					SNPM-mátrix					PEG-háló	
Lépcső:0 s'=0,00 =0,88 =0,80 =0,87 =0,80	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	S	PEG 	
	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E		
	S	A	0,3	0,1	0,8	M	B			0,9		
	S	E		0,2		S	A	1		0,1		
	C	C		0,1	0,4	S	E					
Lépcső:1 s'=0,20 =0,80 =0,67 =0,74 =0,60	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S		PEG 	
	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	A			
	S	A	0,3	0,1	0,8	M	B					
	S	E		0,2		S	A	1				
	C	C		0,1	0,4							
Lépcső:2 s'=0,30 =0,76 =0,60 =0,66 =0,50	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S		PEG 	
	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	E			
	S	A	0,3	0,1	0,8	M	B			0,9		
	S	E		0,2		S	E					
	C	C		0,1	0,4							
Lépcső:3 s'=0,40 =0,72 =0,53 =0,56 =0,38	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	S	C	PEG 
	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E	C	
	S	A	0,3	0,1	0,8	M	B			0,9		
	S	E		0,2		S	A	1		0,1	0,8	
	C	C		0,1	0,4	S	E					
						C	C			0,1		

Lépés:4 $s^*=0,50$ $\bar{Q}=0,68$ $Q^*=0,47$ $\bar{P}=0,56$ $P^*=0,38$	<table><tr><td>SM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>S</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>A</td><td>E</td><td>C</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,8</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td>0,2</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td>0,1</td><td>0,4</td></tr></table>	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	S	A	0,3	0,1	0,8	S	E		0,2		C	C		0,1	0,4	<table><tr><td>SNPM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>M</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td></td></tr></table>	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	Meg- valósítási kategória	↑	B	M	B		PEG B																
SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C																																																	
S	A	0,3	0,1	0,8																																																	
S	E		0,2																																																		
C	C		0,1	0,4																																																	
SNPM	Meg- valósítási kategória	M																																																			
Meg- valósítási kategória	↑	B																																																			
M	B																																																				
Lépés:5 $s^*=0,60$ $\bar{Q}=0,64$ $Q^*=0,40$ $\bar{P}=0,47$ $P^*=0,29$	<table><tr><td>SM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>S</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>A</td><td>E</td><td>C</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,8</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td>0,2</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td>0,1</td><td>0,4</td></tr></table>	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	S	A	0,3	0,1	0,8	S	E		0,2		C	C		0,1	0,4	<table><tr><td>SNPM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>M</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td><td>A</td><td>C</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>1</td><td></td><td>0,8</td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	A	C	M	B				S	A	1		0,8	C	C				PEG A B C
SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C																																																	
S	A	0,3	0,1	0,8																																																	
S	E		0,2																																																		
C	C		0,1	0,4																																																	
SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	B	A	C																																																	
M	B																																																				
S	A	1		0,8																																																	
C	C																																																				
Lépés:6 $s^*=0,70$ $\bar{Q}=0,60$ $Q^*=0,33$ $\bar{P}=0,43$ $P^*=0,24$	<table><tr><td>SM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>S</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>A</td><td>E</td><td>C</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,8</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td>0,2</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td>0,1</td><td>0,4</td></tr></table>	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	S	A	0,3	0,1	0,8	S	E		0,2		C	C		0,1	0,4	<table><tr><td>SNPM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>M</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td><td>E</td><td>C</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td></td><td>0,9</td><td></td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td>0,1</td><td></td></tr></table>	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	E	C	M	B		0,9		S	E				C	C		0,1		PEG B C E
SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C																																																	
S	A	0,3	0,1	0,8																																																	
S	E		0,2																																																		
C	C		0,1	0,4																																																	
SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	B	E	C																																																	
M	B		0,9																																																		
S	E																																																				
C	C		0,1																																																		
Lépés:7 $s^*=0,90$ $\bar{Q}=0,52$ $Q^*=0,20$ $\bar{P}=0,36$ $P^*=0,18$	<table><tr><td>SM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>S</td><td>S</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>A</td><td>E</td><td>C</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,8</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td>0,2</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td>0,1</td><td>0,4</td></tr></table>	SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C	Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C	S	A	0,3	0,1	0,8	S	E		0,2		C	C		0,1	0,4	<table><tr><td>SNPM</td><td>Meg- valósítási kategória</td><td>M</td><td>C</td></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td><td></td><td></td></tr></table>	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	C	Meg- valósítási kategória	↑	B	C	M	B			C	C			PEG B C									
SM	Meg- valósítási kategória	S	S	C																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	A	E	C																																																	
S	A	0,3	0,1	0,8																																																	
S	E		0,2																																																		
C	C		0,1	0,4																																																	
SNPM	Meg- valósítási kategória	M	C																																																		
Meg- valósítási kategória	↑	B	C																																																		
M	B																																																				
C	C																																																				

12. ábra: PSSM-módszer [18]

3.1.8 APS – Agilis Projektütemezés

A módszer olyan esetekben alkalmazható, amikor a feladatunk legnagyobb prioritással/valószínűséggel rendelkező projekt logikai tervének meghatározása, ahol az adott idő- és erőforrás korlátként jelentkezik. Ebben az esetben két célfüggvényt határozzunk meg:

- Elsődleges célfüggvény: a maximális (relatív) prioritással/valószínűséggel rendelkező projektváltozat meghatározása.
- Másodlagos célfüggvény: a maximális (relatív) prioritással rendelkező idő- és erőforráskorlátot kielégítő projektstruktúra kiválasztása.

A lehetséges projektváltozatok/projektstruktúrák kiválasztása történhet az előzőekben bemutatott módszerek alapján, mint az SNPM, PEM-mátrix és a MoSCoW-elemzés.

Ha egy lehetséges projektstruktúra átfutási ideje nagyobb, mint az időkorlát, akkor az a projektstruktúra nem megengedett. Ha egy lehetséges projektstruktúra átfutási ideje és erőforrás-szükséglete nem lépi túl a rendelkezésre álló idő- és erőforráskorlátot, akkor ezt a projektstruktúrát elfogadjuk, és a megoldáskeresést befejezzük. Ha egy lehetséges projektstruktúra átfutási ideje kisebb, mint az időkorlát, de az erőforráskorlátot túllépjük, akkor erőforrás-allokáció segítségével idő- és erőforrás-korlátot nem túllépő megengedett erőforrás-allokációt keresünk, ha létezik megengedett erőforrás-allokáció, akkor ebből optimális erőforrás-allokációt lehet meghatározni [8], [18], [22].

Az agilis projektütemezés lépései:

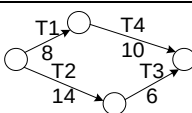
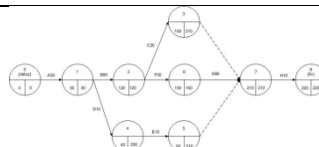
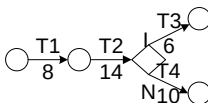
1. Kibővített szakértői mátrix meghatározása.
2. A PEM- mátrixból meghatározzuk, hogy mely tevékenységeket hajtjuk végre. Ezzel kapunk egy SNPM mátrixot.
3. Az SNPM mátrix alapján meghatározzuk a projektváltozat végrehajtásának módját. A lépést addig ismételjük, amíg egy optimális, idő- és erőforráskorlátot túl nem lépő erőforrás allokációt nem kapunk [18].

PEM	SNPM	DSM	AoN-háló/ Terhelési diagram																																																																		
<table><tr><th>PEM</th><th>Meg- valósítási kategória</th><th>M</th><th>S</th><th>S</th></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td><td>A</td><td>E</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td>1</td><td></td><td>0,9</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>1</td><td>0,8</td><td>0,1</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td></td><td>0,7</td></tr></table> MIT?	PEM	Meg- valósítási kategória	M	S	S	Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E	M	B	1		0,9	S	A	1	0,8	0,1	S	E			0,7	<table><tr><th>SNPM</th><th>Meg- valósítási kategória</th><th>M</th><th>S</th><th>S</th></tr><tr><td>Meg- valósítási kategória</td><td>↑</td><td>B</td><td>A</td><td>E</td></tr><tr><td>M</td><td>B</td><td></td><td></td><td>0,9</td></tr><tr><td>S</td><td>A</td><td>1</td><td></td><td>0,1</td></tr><tr><td>S</td><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> HOGYAN?	SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	S	Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E	M	B			0,9	S	A	1		0,1	S	E				<table><tr><th>DSM</th><th>B</th><th>A</th><th>E</th></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>A</td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>E</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> MENNYIÉRT?	DSM	B	A	E	B			X	A	X			E				AoN AoN
PEM	Meg- valósítási kategória	M	S	S																																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E																																																																	
M	B	1		0,9																																																																	
S	A	1	0,8	0,1																																																																	
S	E			0,7																																																																	
SNPM	Meg- valósítási kategória	M	S	S																																																																	
Meg- valósítási kategória	↑	B	A	E																																																																	
M	B			0,9																																																																	
S	A	1		0,1																																																																	
S	E																																																																				
DSM	B	A	E																																																																		
B			X																																																																		
A	X																																																																				
E																																																																					

13. ábra: APS-módszer lépései [18]

3.1.9 Projekttervezési módszerek összehasonlítása

A továbbiakban táblázatos formában mutatom be a szemléltetett módszerek alkalmazásának lehetőségeit. A táblázatban kizárólag a szemléltetett módszerekkel foglalkozok, tehát a ciklogram és sávos diagramok különböző fajtáit, így Ganttot nem tüntetem fel.

Projekt jellege	Háló	Mátrix																
Beruházási projektek	 CPM-háló	<table border="1"><thead><tr><th>DSM</th><th>B</th><th>A</th><th>E</th></tr></thead><tbody><tr><th>B</th><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><th>A</th><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><th>E</th><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> DSM	DSM	B	A	E	B			X	A	X			E			
DSM	B	A	E															
B			X															
A	X																	
E																		
Informatikai fejlesztési projektek	 PERT	PEM <table border="1"><thead><tr><th>↑</th><th>A</th><th>B</th></tr></thead><tbody><tr><th>A</th><td>X</td><td>?</td></tr><tr><th>B</th><td></td><td>?</td></tr></tbody></table>	↑	A	B	A	X	?	B		?							
↑	A	B																
A	X	?																
B		?																
Kutatási projektek	 GERT-háló tevékenység-nyíl típusú változata.																	

5. táblázat: Projekttervezési módszerek összehasonlítása (saját szerk.)

A hálótervezési technikák közül számos módszert mutattam be (CPM, PERT, GERT), emellett kitértem a mátrix alapú módszerekre is. Táblázatok segítségével összehasonlítottam a bemutatásra került módszereket.

3.2 Folyamatok, folyamatmodellezés

A vállalatok, szervezetek életében számos folyamattal találkozhatunk, de a projektek megvalósításának lépéseit is tekinthetjük folyamatként.

Mint általában a legtöbb fogalom meghatározására, így a folyamatokra is több definíciót találhatunk a szakirodalomban.

A folyamat egy strukturált eseménysornak tekinthető, amelyben a munkatevékenységek speciális sorrendben követik egymást, kezdő és végponttal rendelkeznek, továbbá az inputokat outputokká alakítja a vevő, fogyasztó számára, emberek, módszerek és eszközök alkalmazásával. [29]

Az ARIS megfogalmazása is nagyon hasonló:

„A folyamat: egy- vagy több tevékenység, amely értéket növel úgy, hogy egy bemenet készletet átalakít a kimenetek készletévé (javakká vagy szolgáltatásokká) egy más személy (a vevő illetve felhasználó) számára, emberek, módszerek és eszközök kombinációjával [44].”

A definíciók alapján meghatározhatók a folyamatok összetevői, amelyek az alábbiak [30]:

- Input
- Tevékenység
- Emberi erőforrás
- Anyagok, eszközök
- Szervezeti egység
- Adatok
- Kapcsolódási pontok
- Output

A folyamatok keretein belül szükséges kitérni az üzleti folyamatok meghatározására is, amelynek későbbi, gyakorlati témám szempontjából lesz jelentősége. Emellett a projektek és az üzleti folyamatok között számos hasonlóság található. Mindkét esetben tevékenységeket, feladatokat hajtunk végre, amelyek megvalósítása érdekében szükséges időadatokat,

időtartamokat, emberi, tárgyi és egyéb erőforrásokat rendelünk. Az üzleti folyamatok meghatározása [46] szerint:

„Egy vagy több feladat, amely bemenetek (inputok) egy csoportját alakítja át a kimenetek (outputok) egy csoportjává (termékké és szolgáltatásokká) egy másik személy vagy folyamat számára emberek, eszközök és eljárások alkalmazásával.”

A közös jellemzők [24] és [39] nyomán az alábbiak szerint összegezhetők.

Folyamatok és projektek közös jellemzői:

- Egymást követő tevékenységekből állnak
- Emberi, tárgyi és gépi erőforrások szükségesek a végrehajtásához
- Lépései: tervezés, végrehajtás, ellenőrzés
- Erőforrásaikra jellemző a korlátozottság
- Kezdő- és befejező-eseményük, -tevékenységük előre meghatározott
- Előre rögzített céllal rendelkeznek
- Eredményük meghatározott
-

Hasonlóságok mellett számos különbséget is felfedezhetünk a korábban ismertetett definíciók és meghatározások alapján, ezeket az alábbi táblázatban gyűjtöttem össze:

Projektek	Üzleti folyamatok
Egyedi	(Többször) ismétlőd(het)nek
Egyszeri feladatvégzés	Folyamatos, visszatérő feladatvégzés
Gyakran tekinthetők a szervezet stratégiai tervét megvalósító eszköznek	Elsősorban az operatív menedzsment eszköze
Jól meghatározott kezdésük és befejezésük van	Folyamatosan ismétlőd(het)nek vagy időnként visszatérhetnek
Eredménye egyedi termék vagy szolgáltatás	Hasonló sokszor egyforma termékeket és szolgáltatásokat nyújt
Túlmutat(hat)nak a szervezet megszokott működési keretein	Szervezetten belüli és szervezetek közötti üzleti folyamatok modellezése

6. táblázat: Projektek és üzleti folyamatok összehasonlítása ([21] alapján)

A folyamatokat kiszámíthatatlanságuk miatt, illetve a tervezhetőség és előrelátás érdekében modellezni szükséges. Emellett különböző projektek esetében is felhasználható a modellezés, mint pl. szoftverek bevezetésénél, tervezésénél. A modellezés segítheti a más folyamatokkal történő összehasonlítást.

3.3 Erőforrás-tervezés

A projektek tervezése során a gyakorlatban sokszor felmerülő probléma az erőforrások megfelelő elosztása, mennyiségének meghatározása. Egy-egy projekt végső sikerére vagy éppen kudarcára hatást gyakorol, hogy a szükséges erőforrásainkat sikerült-e pontosan meghatározni, rendelkezésünkre állnak-e az adott tevékenység idején.

Az erőforrás-tervezés során a projekthez szükséges erőforrások meghatározása történik, ezek lehetnek, emberi, tárgyi, illetve egyéb erőforrások is.

Milyen erőforrásokra lehet szükségünk a létesítmények megvalósítása során?

A legtöbb projekt materiális (alapanyag, gépek, berendezések) és emberi erőforrásokkal rendelkezik. Az előzők a beruházási projektek meghatározó elemei, míg utóbbira szinte minden projekt esetében jelentős szerep hárul.

Emellett számtalan erőforrással találkozhatunk még a projektek megvalósításával kapcsolatban. Ezen erőforrások pontos ütemezése alapvető fontosságú lehet a létesítmény megvalósítása során.

Optimumkeresési eljárások

Minden projekt esetében előfordulhat, hogy egy-egy erőforrást nem használnak a projekt teljes időtartama alatt. A különböző erőforrások közül vagy időben egyet használnak egy tevékenység esetén vagy a tevékenységek között szükséges az erőforrások megosztása. Az optimum elérésére két módszert mutatok be, a kiegyenlítést és az allokálást.

Kiegyenlítés

Az erőforrás/ide korlátozottság problémájának megoldását az elsők között célozta meg a kiegyenlítési technika. Ez legegyszerűbb formájában azt jelenti, hogy valamilyen eljárásalelőállított ütemtervnél megpróbálják kiegyenlíteni az erőforrásigények „csúcsait” és „völgyeit” – néhány tevékenység (alternatív utakon lévő tevékenységek) újraütemezésével. A kezdési ütemterv sok esetben a legkorábbi kezdési aggregáció, de lehet egy nagyon kifinomultallokációs eljárás által kialakított összetett ütemterv is. A kiegyenlítés egyszerűen hangzik, de a gyakorlatban nem az. Ha egyenél több projekt létezik a szervezetben, akkor az eltérő erőforrások közötti kölcsönhatás rendkívül bonyolult helyzetet teremt. Továbbá – mivel az

„egyensúly” jelentésének nincs általánosan elfogadott definíciója – rendkívül nehéz meghatározni a „kiegyenlítési” eljárás leállási pontját. Sok esetben az a gyakorlat, hogy a rendszer számára kijelölnek egy lefutási időt, és az idő végén megszerzett eredménytelfogadják. Sajnos a kereskedelmi szoftverek közül néhány helytelenül használja a kiegyenlítést kifejezést, ugyanis szerintük az allokációnak a rendelkezésre álló erőforrásokszembeni egyensúlyát jelenti. Ugyanígy vannak olyan szoftverek is, amelyek szerint a kiegyenlítések tulajdonképpen allokálások.

Allokálás

A hatvanas évek elején kifejlesztették az allokálási probléma két megközelítését, amelyek erőforrás-korlátos és időkorlátos vagy simításos allokálási eljárásaként ismertek. Azt remélték, hogy ezek esetleg megfelelő választ adnak az erőforrás- vagy időkorlátok alternatív problémájára. Mindegyikre több eljárást dolgoztak ki. Az eljárások két csoportba oszthatók: soros és párhuzamos feldolgozáson alapulóakra.

Az eltérés a tevékenységek „megszakításának” projektekbe tervezett mennyiségétérinti.

Egy tevékenység megszakíthatóságát a következőképpen definiálhatjuk:

„Egy jelenleg folyamatban lévő tevékenység megállása azáltal, hogy erőforrásait elveszik azért, hogy egy magasabb prioritású tevékenységhez használják fel őket [20].”

A tevékenység-megszakítástáltalában mindkét eljárásban megvalósítják, a procedura kiválasztását a tervezett megszakítás várható mértékének kell irányítania. Ha a projektben a

tevékenységek jelentőshányadát szándékozzák megszakítani, akkor párhuzamos allokálást kell alkalmazni, egyébként pedig soros allokálást[20], [30].

A soros és párhuzamos eljárásokat valamennyi rendelkezésre álló projektmenedzsment-szoftverben alkalmazzák [20].

Mint korábban említettem a menedzsment területén kétfajta erőforrás-tervezéssel, erőforrás-allokációval foglalkozunk, attól függően, hogy mit tekintünk erősebb korlátnak. A következőkben ezeket ismertetem.

1. Időkorlátos erőforrás-allokáció
2. Erőforrás korlátos erőforrás-allokáció

Időkorlátos erőforrás-allokáció

Ebben az esetben a korlátot elsősorban az időkeret jelenti. Erőforrásainkat úgy kell tervezni, csoportosítani, hogy az adott határidőt tartani tudjuk, amelyet minél kevesebb, illetve minél egyenletesebb erőforrás felhasználásával érhetünk el.

Erőforrás korlátos erőforrás-allokáció

Ennél az allokációs megoldásnál a korlátot az erőforrások korlátozott számú rendelkezésre állása jelenti, ezek határozzák meg a szűk keresztmetszetet. A határidőt itt is figyelembe kell vennünk, de a meglévő erőforrások felhasználása, igénybevétele mellett. A projektmenedzser ebben az esetben pontos képet kap arra vonatkozóan, hogy a projekt az adott erőforrások felhasználásával a meghatározott időpontig elvégezhető-e. Ha ez nem lehetséges, akkor két lehetőség mutatkozik számára: pótlólagos erőforrásokat von be vagy bizonyos tevékenységet kiad alvállalkozóknak [21].

Az erőforrás-allokáció során alkalmazott technika az ERALL-módszer.

Az erőforrás allokáció célja:

(lehetőleg) az átfutási időt nem növelve, a kapacitáskorlátot nem túllépve, a nem kritikus(alternatív) úton (utakon) lévő tevékenységeket a tartalékidejükön belül mozgassuk el úgy, hogy az erőforrás-terhelési diagram a kapacitáskorlátot minden pontjában kielégítse. Ennek elérésére szolgál az ERALL-módszer, amely egy heurisztikus eljárás és ezt a célt simítási eljárással valósítja meg. Ha a feladatnak létezik megengedett megoldása, akkor a módszer azt megtalálja. Először is megpróbálja beütemezni a feladatokat úgy, hogy a kritikus út ne növekedjen, ezt nevezzük nem kritikus megoldásnak. Ha nem létezik ilyen megengedett megoldás, akkor a módszer megpróbálja úgy beütemezni a feladatokat, hogy a kritikus út a

lehető legkevésbé növekedjen. Ha egy tevékenység erőforrásigénye nagyobb, mint azerőforráskorlát, akkor biztosan nincs megengedett megoldás [21].

Bármely allokációs módszer választása esetén figyelembe kell venni, hogy a határidőt és az erőforrás-keretet be tudjuk-e tartani.

A fejezet során kitértem a különböző hálótervezési technikákra, ehhez kapcsolódóan a mátrix alapú technikákat is szemléltettem. A különböző módszereket össze is hasonlítottam, annak érdekében, hogy megismerjük, melyiket mire is használhatjuk. Ismertettem a folyamatok modellezésének lehetőségeit. Majd összevetettem az üzleti folyamatok és a projektek sajátosságait. Végül az erőforrás tervezési technikákat ismertettem, ezen belül is az optimumkeresési eljárás, kiegyenlítést és az allokálást.

4. A kifejlesztett módszer bemutatása

Dolgozatom egy korábbi munkám alapjaira épül, amelynek címe az alábbi volt:

Hogyan kerülhetjük el a projektek nem várt hatásait?

Célom, hogy az abban kidolgozott módszert továbbfejlesszem, további lehetséges megoldásokat keressek, illetve kibővítssem a kutatási terület. Tavalay az átfutási időkre és az emberi erőforrás szükségletekre vonatkozóan végeztem szimulációk, a mostani dolgozatban ezeken kívül a költségek vizsgálatára is kitérek. További újdonságot jelent a használt módszertan.

Mielőtt kitérnék a gyakorlati példám részletesebb bemutatására, ismertetem a kifejlesztett módszert.

A korábbiakban bemutatásra került módszerek egyike sem tért ki a projektek érzékenységeinek vizsgálatára. Célom, hogy a korábbi technikák egyesítésével, összehangolásával egy olyan lehetőséget nyújtsak, ami a segít a menedzsmennek, hogy a különböző projektváltozatok közül a leghatékonyabbat válassza ki. Módszerem az előzőekhez képest a projektek érzékenységvizsgálata szempontjából ad egy bővebb lehetőséget a megfelelő projektváltozat kiválasztására.

A kifejlesztett eljárás az elméleti részben bemutatásra került PEM, APS és PSSM technikákra épül és az alábbi lépéseket tartalmazza.

A kidolgozott módszer első lépésében meghatározzuk a projektet és az azt alkotó tevékenységeket. Majd az egyes tevékenységekhez idő és erőforrás-szükségletet rendelünk. Ezután elkészítjük a projekt logikai tervét és az ütemezést, amely során használhatjuk a bármely technikát: PERT, MPM stb. A következő lépés attól függ, hogy mely módszer alapján kívánunk tovább dolgozni. Két lehetőségünk van, az APS vagy a PSSM alapján. Ha a PSSM-et választjuk, akkor a következőkben készítünk egy kiválasztási mátrixot a tevékenységek és a köztük fennálló kapcsolatok szemléltetésére. Ezután SNPM mátrix segítségével meghatározzuk projektünk tevékenységeinek sorrendjét. Az így kapott sorrendet PEG hálóval vagy más hálótervezési technikával ábrázoljuk.

Másik lehetőségünk, hogy az APS módszerrel dolgozunk tovább. Először készítünk egy PEM mátrixot, hogy meghatározzuk az elvégzendő tevékenységeket. Ebben a lépésben a MIT kérdésre keressük a választ. A továbbiakban készítünk egy SNPM mátrixot a tevékenységek

lefutási sorrendjének meghatározására. Majd DSM mátrix alapján meghatározzuk a tevékenységek közötti függőségi viszonyokat. A kapott eredményeket AoN hálón szemléltetjük.

Ha minden projektváltozat esetén megvalósítottuk a lépéseket, akkor Monte Carlo szimulációval megvizsgáljuk projektjeink érzékenységét. Ezt elvégezhetjük Dr. Kosztyán Zsolt Tibor és Herner László által kifejlesztett módszerrel, ahol a tevékenységek arányainak 10, 20...100%-os változtatása esetén figyeljük, milyen mértékben változnak az átfutási idők és az erőforrás-szükségletek. De a Microsoft Excel táblázatkezelő program is segítségünkre lehet. Ebben az esetben a vél függvényt alkalmazva generálhatunk minden tevékenység esetén új időadatokat, az optimista és a pesszimista becslést felhasználva alsó és felső határnak. A kapott eredményeket összesítjük és SPSS programmal variancia-vizsgálatot végzünk, majd ennek eredménye alapján döntünk, hogy mely projektváltozatot választjuk. Ha létezik szignifikáns kapcsolat, akkor a legrövidebb átfutási idejű és/vagy a legkisebb erőforrás-szükségletű projektváltozatot választjuk.

Amit SPSS-ről tudni kell:

- Statisztikai programcsomag társadalomtudományok részére az angol rövidítés jelentése (Statistical Package for Social Sciences).
- Felépítése és menürendszere sok tekintetben hasonlít a Microsoft Office programoknál megszokotthoz.
- Statisztikai, elemzési és üzleti előrejelzési megoldások körét nyújtja.
- Alkalmazható egy változós, keresztábra, variancia, korrelációs, regresszió, faktor, klaszter, diszkriminancia és logisztikus regresszió elemzések elvégzésére. [40]

A variancia-elemzés használható a különböző tényezők más tényezőkre gyakorolt hatása szempontjából, vagyis a független változók hatását vizsgálhatjuk a függő változókra.

Lépések	APS alapján	PSSM alapján
1. lépés	Projekt és a projekttevékenységek meghatározása	Projekt és a projekttevékenységek meghatározása

2. lépés	Idő- és erőforrás- szükségletek meghatározása	Idő- és erőforrás- szükségletek meghatározása
3. lépés	Logikai terv készítése	Logikai terv készítése
4. lépés	Ütemezés (MPM, PERT stb.)	Ütemezés (MPM, PERT stb.)
5. lépés	PEM készítése	Kiválasztási mátrix készítése
6. lépés	SNPM mátrix készítése	SNPM mátrix készítése
7. lépés	DSM	PEG vagy egyéb logikai háló felrajzolása
8. lépés	AoN-háló / Terhelési diagram szerkesztése	Érzékenységvizsgálat - Monte Carlo szimuláció futtatása a projektváltozatokra, az egyes tevékenységek arányainak megváltozása hogyan befolyásolja az átfutási időket és az erőforrás- szükségletek?
9. lépés	Érzékenységvizsgálat - Monte Carlo szimuláció futtatása a projektváltozatokra, az egyes tevékenységek arányainak megváltozása hogyan befolyásolja az átfutási időket és az erőforrás-	Variancia-elemzés SPSS programmal

10. lépés	szükségletek?	
	Variancia-elemzés SPSS programmal	Az eredmények értelmezése, a megfelelő projektváltozat kiválasztása
11. lépés	Az eredmények értelmezése, a megfelelő projektváltozat kiválasztása	

7. táblázat: Az RBPP lépései

5. A legutóbbi dolgozat eredményei

Legutóbbi dolgozatom egy gyártósor felújítási projekten alapult, összesen 44 lépést tartalmazott. A projekt megismerése után felrajzoltam a projekthálót, megvizsgáltam, hogy mely tevékenységeket nem szükségszerű elvégezni. 2 tevékenységről állapítottam meg, hogy elhagyhatjuk, így összesen 4 projekthálóval dolgoztam. Ebben segítségemre volt Dr. Kosztyán Zsolt Tibor által kifejlesztett szimulációs program az MPMPERTCOST. Először azt vizsgáltam, hogy a tevékenységek 10, 20... 100%-os változtatásával az átfutási idők hogyan változnak. Egy-egy szimuláció után 1000 adatot kaptam, egy felújítás esetén pedig már 10000 különböző átfutási időt vizsgálhattam. Ezeket a vizsgálatokat mind a négy említett projektváltozaton elvégeztem, így összesen 40000 átfutási időre vonatkozó adatom volt. Majd következett ugyanez a lépés az erőforrás-szükségletekre vonatkoztatva. Így a szimulációk lefuttatásával 80000 adatot kaptam, amelyeket tovább vizsgáltam.

A már említett 4 projektváltozattal végzett szimulációkkal kapott, összesen 80.000 adatot használtam fel a projektek érzékenységvizsgálatára. Két szempont szerint vizsgáltam a projektváltozatok érzékenységét, azonban ez történhet még más elv szerint is, például költségeket tekintve. Sajnos nekem erre kevés információ állt rendelkezésemre.

A vizsgált két szempont:

1. Átfutási időre

2. Erőforrás szükségletre

Mindkét szempontot megvizsgáltam az SPSS programmal és arra az eredményre jutottam, hogy a projekt erőforrás-szükséglet tekintetében érzékeny.

Ezt az SPSS programmal lefutott variancia-elemzés elvégzése után megállapítottam, hogy erőforrás-szükséglet tekintetében szignifikáns különbség mutatkozott a véletlenszerűen szimulált erőforrás-igények között. A variancia-elemzés után visszatekintettem a szimuláció során kapott eredményekre, ahol a 'felújítás6' nevezetű projekt igényli a legkevesebb erőforrást, ezért megvalósításra ezt a projektet javaslom. A kapott eredmény Görög Mihály megfogalmazását támasztja alá:

„Az egyes tevékenységekben foglalt munkamennyiség és bizonyos külső korlátozó körülmények mellett a leginkább a tevékenységekhez rendelt erőforrások mennyiségére és azok teljesítőképességére érzékeny.” [Görög Mihály, 1999]

Ezek szerint nem meglepő, hogy a vizsgált projekt az erőforrás változásokra érzékeny.

6. A projekt bemutatása

Gyakorlati témám alapjául egy gyártósor telepítési projekt szolgál. A gyártósor a CNC géptípusok közé sorolható, tárcsakivágás során alkalmazzák. A beruházás egyik előzménye, hogy a vállalatnál korábban már telepítettek egy hasonló típusú berendezést, amely úttörő jellegűnek mondható. A projekt eredményeként növekedett a tárcsa terület kihozatali mennyisége. A korábbi technikák bonyolultnak mutatkoztak, utómunkálatokat követeltek, szemben a SAMIS gépsorral, amely a terület termelésének közel 80%-át tette ki egy évben, ezenfelül alacsonyabb selejtrátával is működött. A piaci igények is megváltoztak, a tárcsa iránti szükségletek évről-évre emelkedtek. Ilyen környezet váltotta ki a SAMIS II gyártósor telepítésének szükségességét.

Az alábbi táblázatban összefoglaltam a projekt lépéseit:

Sorszám	Tevékenységek	Időtartam (nap)	Emberi erőforrás- szükséglet (fő)
1.	Specifikáció összeállítása	14	6
2.	Beszállítói körök vizsgálata	21	6
3.	Ajánlatkérések, bejárások	21	3
4.	Befektetés engedélyezése	7	8
5.	Szerződés-kötések	7	4
6.	Műszaki tárgyalások	4	5
7.	Tervek előkészítése és jóváhagyása	14	6
8.	Hatósági engedélyeztetés	14	2
9.	Gyártási dokumentációk elkészítése	14	4
10.	Berendezés gyártása	70	16
11.	Előgyártás	20	12
12.	Előszerelések	14	10
13.	Sor összeszerelése	15	15
14.	Gyártóműi teszt és átvétel	5	5
15.	Alapozás, építészet	29	4
16.	Szénszerelés, csomagolás	2	4
17.	Szállítás, vámolás, átvétel	5	4
18.	Energiaellátás kialakítása	14	5
19.	Kitűzések a géptelepítéshez	6	3
20.	Részegységek telepítése, beállítása	7	6
21.	Hidraulikus, pneumatikus csövezések, villamos kábelezés, terepi villamos készülékek bekötése	6	9
22.	Villamos rendszer ellenőrzések	2	2

Sorszám	Tevékenységek	Időtartam (nap)	Emberi erőforrás- szükséglet (fő)
23.	Érintés védelmi mérések, biztonságtechnikai felülvizsgálat	1	2
24.	Hatósági felülvizsgálatok	1	5
25.	Egyedi és csoportos próbák	3	6
26.	Üzemi próbák anyag nélkül	2	6
27.	Üzemi próbák anyaggal	2	6
28.	Próbaüzem	6	6
29.	Üzembehelyezés	1	6
30.	Üzemeltetési dokumentációk összeállítása	14	4
31.	Projekt pénzügyi lezárása	7	3
	Összesen	311	

8. táblázat: *Tevékenységjegyzék*

7. A módszer gyakorlati alkalmazása

Dolgozatomban a kidolgozott módszert egy gyártósor telepítési projekten keresztül mutatom be. Ahhoz, hogy a projektet fel tudjam használni a munkám során szükségem volt a projekt alábbi részleteire:

- Tevékenységek listája
- Tevékenységek kapcsolatai
- Tevékenységek tervezett átfutási ideje
- Tevékenységek tervezett emberi erőforrás szükséglete és azok korlátai
- Emberi erőforrások tervezett költségei

Miután ezeket az adatokat begyűjtettem, felrajzoltam a projekt hálóját, ehhez az MS projektet és az MS Visio nevű szoftvereket használtam. Ezután olyan szempontból elemeztem a projektet, hogy melyek azok a tevékenységek, amelyek elhagyhatóak, amelyek ha nem valósulnak meg, a projektünk akkor is sikeres lesz. Elsőként a *kitűzések a géptelepítéshez* lépésről gondoltam úgy, hogy annak az elhagyása nem befolyásolja a projektünket. Véleményem és projekt résztvevői szerint ez a lépés megvalósul a tervezési szakaszban is. További két lépést ítélt meg úgy, hogy azokat elhagyhatjuk, az egyik az *üzemi próbák anyag nélkül*, a másik pedig az *üzemi próbák anyaggal*. Ezen tevékenységek kapcsán úgy gondolom, hogy a gyártósor 6 napos próbaüzeme alatt elvégezhetők. Végül erről a három tevékenységről gondoltam úgy, hogy elhagyhatóak, így összesen 8 projektváltozattal tudok tovább dolgozni, amelyek az alábbiak. Ezeknél a lépéseknél hasznomra volt az elméleti részben bemutatott PSSM.

1. Minden lépés szerepel
2. Elhagyjuk a *kitűzések a géptelepítéshez* lépést
3. *Üzemi próbák anyag nélkül* lépés elhagyása
4. *Üzemi próbák anyaggal* tevékenység elhagyása
5. *Kitűzések a géptelepítéshez* és az *üzemi próbák anyaggal* lépések elhagyása
6. *Kitűzések a géptelepítéshez* és az *üzemi próbák anyag nélkül* tevékenységek elhagyása
7. Elhagyjuk az *üzemi próbák anyaggal* és *anyag nélkül* tevékenységeket
8. Mindhárom említett tevékenységet elhagyjuk

Ezután táblázatos formába szedtem a projektváltozat adatait, koncentrálni az átfutási időkre, emberi erőforrás-szükségletekre és a kapcsolódó költségeket.

Az átfutási időkre vonatkozóan megbecsültem a legkedvezőbb (optimista, 80%) és a legkedvezőtlenebb (pesszimista, 130%) lefutási időket. Majd ezeket használva alsó- és felsőkorlátként a vél függvény segítségével generáltam minden projektváltozat minden tevékenységére 10000 új időadatot. Majd szórások és várható értékek számolása után átfutási időket számoltam 90, 95 és 99%-os valószínűséggel. Ezután az Excel Crystal Ball nevű kiegészítőjét felhasználva a kapott adatokból háromszög szimulációval, béta analízissel és normális eloszlással szimuláltam 10000 adatot. A költségek tekintetében hasonló módon jártam el.

Majd azt átfutási időkre és a költségekre vonatkozóan is kiszámítottam, hogy 90, 95 és 99%-os megbízhatóság mellett hogyan alakulnak a vizsgált elemek, amelyeket az alábbi táblázatban foglaltam össze.

Átfutási időkre vonatkozóan:

	Egyenletes eloszlás	Háromszög eloszlás	Béta eloszlás	Normális eloszlás
SZÓRÁS	13,76741566	9,496330686	8,678752373	13,90075723
VÁRHATÓ ÉRTÉK	326,8253	310,7406857	323,71	312,5
90%	344,4689531	322,9107231	334,8328854	330,3145372
95%	349,4706836	326,3607596	337,985894	335,3647109
99%	358,8530982	332,8324544	343,9004138	344,837997

9. táblázat: Becslések átfutási időre

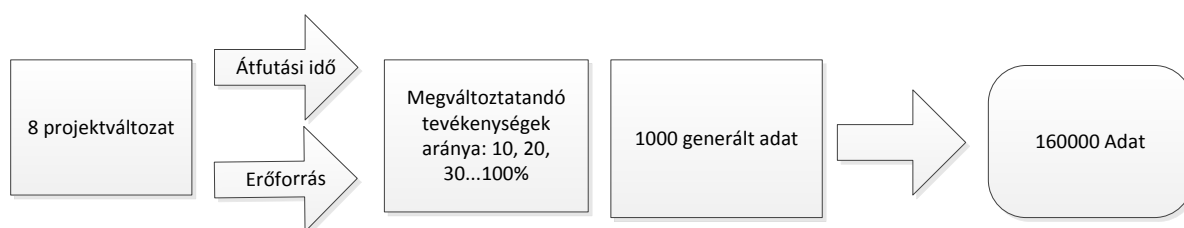
Költségekre vonatkozóan:

	Egyenletes eloszlás	Háromszög eloszlás	Béta eloszlás	Normális eloszlás
SZÓRÁS	282401,2296	196997,1187	8,678752373	228871,3765
VÁRHATÓ ÉRTÉK	4695787,585	4 707 255,31	4 477 296,38	4 749 539,33
90%	5160296,272	4959717,279	4708158,171	5042849,803
95%	16084331,74	5031286,739	4773604,28	5125999,246
99%	22697517,5	5165539,142	4896370,297	5281973,772

10. táblázat: Becslések költségre

A fenti két táblázat tartalmazza a becslési bizonytalanságok során fennálló átfutási időket és költségeket. Ezek arra a projekt változatra vonatkoznak, amikor mindegyik tevékenység megvalósul (1. Projektváltozat). Ezeket a számításokat elvégezve az összes projektváltozatra megkapjuk, hogy a projektváltozatok átfutási ideje és költség vonzata hogyan változik a már említett tevékenységek elhagyása után. Továbbá a módszer segítséget nyújt a leghatékonyabb projektváltozat kiválasztása esetén, illetve lehetővé teszi a becslési bizonytalanságok csökkentését.

A továbbiakban a véletlen hatásokra végeztem szimulációkat, ehhez módosított Monte-Carlo szimulációt vettem igénybe. Ennek során szimulációkat végeztem az átfutási időkre és az emberi erőforrás-szükségletekre vonatkozóan. Dr. Kosztyán Zsolt Tibor és Herner László által kifejlesztett programmal először az átfutási időre vonatkozóan gerjesztettem adatokat. A megváltoztatandó tevékenység arányát minden szimuláció előtt megváltoztattam 10, 20, 30...100 százalékos értékekre, így minden projektváltozat esetén 10 szimulációt végeztem el, amelyekkel 1000-1000 adatot gerjesztettem. Miután az összes szimuláció lefutott 160000 adatot kaptam. Ami az alábbi módon alakult ki:



14. ábra: Szimulációk

Vagyis a 8 projektváltozatot két szempont alapján vizsgáltam, átfutási idő és erőforrás-szükséglet, ez már önmagában 16 szimuláció. Majd a megváltoztatandó tevékenység arányát mindegyik esetben tízszer változtattam meg, így lesz 1600 vizsgálat, amelyek során minden esetben 1000 adatot kapok, ami összesen 160000.

A korábban már említett SPSS programmal varianciaelemzést végeztem, így kiderül, hogy érzékeny-e a projekt az átfutási időre. A vizsgálat az alábbi eredményt hozta:

ANOVA

Átfutási idők

	Négyzet összegek	df	Átlagok négyzete	F	Szig.
Csoportok között	8,240E9	7	1,177E9	6146,205	,000
Csoportokon belül	1,532E10	79992	191519,023		
Teljes	2,356E10	79999			

11. táblázat: Variancia elemzés átfutási időre

A táblázat alapján megállapítható, hogy a projekt átfutási idő tekintetében érzékeny, mivel szignifikáns különbség van a változók között. A döntéshozók a kapott eredmények alapján választhatnak a projektváltozatok között.

Vizsgálatomat folytattam a projektek emberi erőforrás-szükségleteinek elemzésével, amelynél szintén a variancia elemzést használtam.

ANOVA

Erőforrás szükséglet

	Négyzet összeg	df	Átlagok négyzete	F	Szig.
Csoportok között	6013116,415	7	859016,631	2725,643	,000
Csoportokon belül	2,521E7	79992	315,161		
Teljes	3,122E7	79999			

12. táblázat: Variancia elemzés erőforrás szükségletre

Ahogy a táblázat is mutatja, erőforrás –szükséglet szempontjából szintén érzékeny a projekt. Ami azt jelenti, hogy nem csak az átfutási időket tekintetében, hanem az erőforrás allokáció esetében is körültekintően kell eljárni.

További vizsgálatokat végeztem a szimuláció során kapott adatokkal. Elsőször is minden kapott adatsorra, átfutási időkre és erőforrás-szükségletre vonatkozóan is kiszámoltam a kapott adatsorok átlagát. Majd ezeket összegyűjtöttem, feltöltöttem az SPSS szoftverbe és regresszió-elemzést végeztem. Az elemzésnél a tevékenység arányok százalékos megváltozása volt a magyarázó változó, míg az átfutási idők és az emberi erőforrás-szükségletek voltak a magyarázott változók.

Maradó/Eltávolított változók

Modell	Maradó változó	Eltávolított változó	Módszer
1	TPT, EROFORRAS ^a	.	Enter

13. táblázat: Maradó/Eltávolított változók

A kapott eredményeknél a fenti táblázat szerint – nem meglepő módon -, mind az átfutási idő, mind az emberi erőforrás-szükséglet függ a tevékenység arányok százalékos megváltozásától.

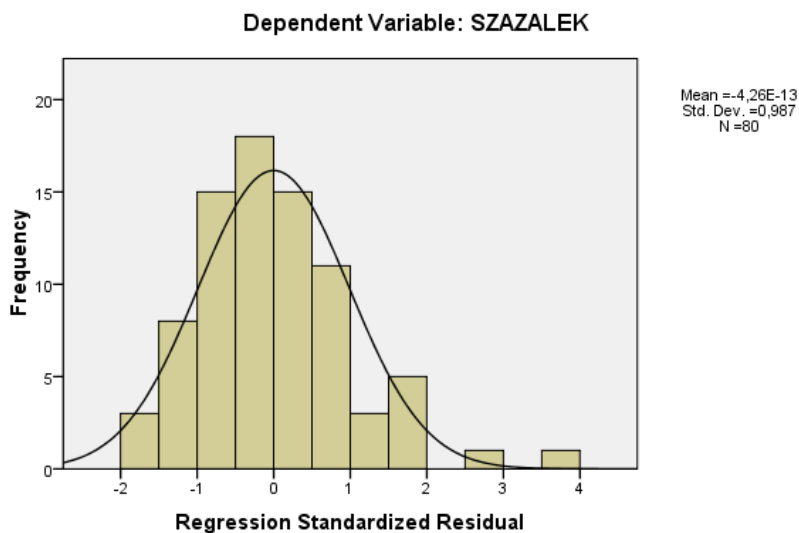
ANOVA^b

Modell	Négyzet összegek	df	Átlagok négyzete	F	Szig.
1					
Regresszió	65491,947	2	32745,973	4962,946	,000 ^a
Maradék	508,053	77	6,598		
Teljes	66000,000	79			

14. táblázat: ANOVA

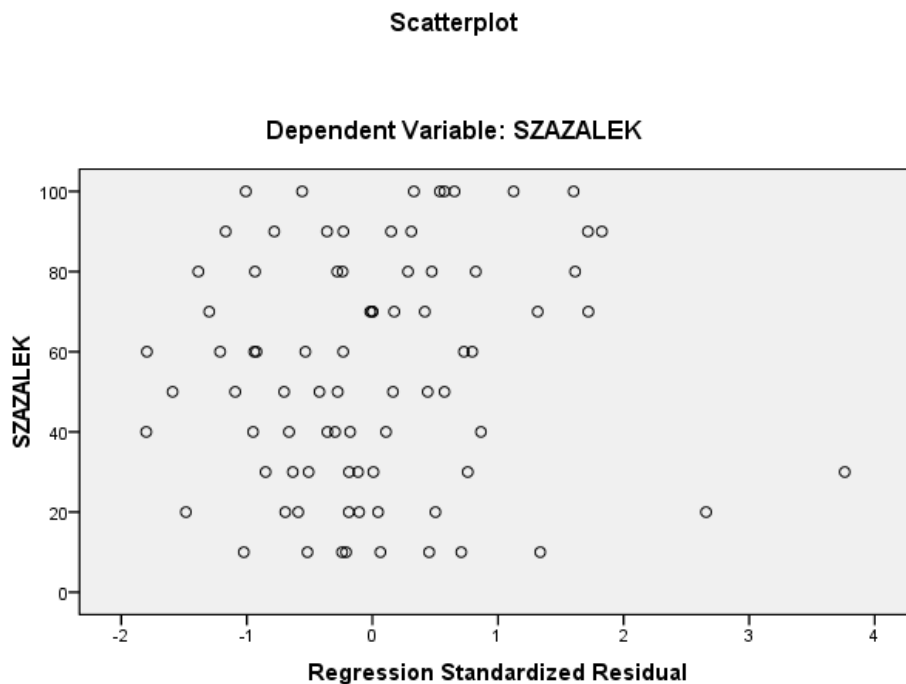
A fenti ANOVA táblázat szerint a modellünk elfogadható, van szignifikáns kapcsolat a változók között.

Histogram



15. ábra: Histogram

A histogram normális eloszlást mutat, ezért elvégeztem a normalitás vizsgálatot is, azonban, amint az a lenti ábrán megfigyelhető, nem hozott eredményt.



16. ábra: Normalitás vizsgálat

A kapott adatokat táblázatos formában összehasonlítottam. A projektben résztvevőkkel egyeztettem, hogy az egyes tevékenységek megvalósulásának mekkora az esélye. Ennek eredményeit az alábbi táblázatban foglaltam össze:

P1	Kitűzések telepítéshez	0,6
P2	Üzemi próbák anyaggal	0,85
P3	Üzemi próbák anyag nélkül	0,9

15. táblázat: Megvalósulási valószínűségek

Ez alapján számoltam ki a P – valószínűség – oszlopot az egyes projektváltozatokhoz kapcsolódóan. A százalékos megváltozások kapcsolódó oszlopaiban gyűjtöttem össze a módosított Monte-Carlo szimuláció eredményeinek átlagértékeit. Ezeket minden esetben szoroztam a valószínűséggel, a várható értékek oszlopban ezek átlagát számoltam ki. Ennek a felhasználásával számoltam ki a várható átfutási időket 90, 95 és 95 százalékos megbízhatóság mellett.

	SZÁZALÉKOS MEGVÁLTOZÁSOK																				
	P	10%	P*10%	20%	P*20%	30%	P*30%	40%	P*40%	50%	P*50%	60%	P*60%	70%	P*70%	80%	P*80%	90%	P*90%	100%	P*100%
Projektátvázlat																					
1 teljes	0,459	275,9724	126,6713	276,0859	126,7234	276,0998	126,7298	281,86	129,3737	283,016	129,9043	284,1773	130,4374	285,1469	130,8824	286,7285	131,6084	287,756	132,08	288,8288	132,572
Kitűzések telepítéshez																					
2 nélkül	0,306	271,6894	83,13694	273,1456	83,58255	274,1358	83,88554	275,459	84,29045	276,6914	84,66757	278,2522	85,14518	279,2902	85,46281	280,4998	85,83293	281,4986	86,13857	282,8073	86,539
Üzemi próbák																					
3 anyaggal nélkül	0,081	275,7542	22,33609	277,0307	22,43948	278,3893	22,54953	279,5982	22,64746	280,7869	22,74374	282,3315	22,86885	283,3405	22,95058	284,4296	23,0388	285,6114	23,13452	286,9848	23,2458
Üzemi próbák anyag nélkül																					
4 elhagyása	0,051	275,7719	14,06436	277,0785	14,131	278,3421	14,19544	279,5494	14,25702	280,854	14,32356	282,3723	14,40099	283,2899	14,44779	284,6414	14,51671	285,7743	14,57449	286,8038	14,627
Üzemi próbák anyag nélkül és kitűzések																					
telepítéshez																					
5 elhagyása	0,034	269,8186	9,173831	271,0784	9,216666	272,3848	9,261083	273,5713	9,301426	274,7767	9,342407	275,9781	9,383255	277,216	9,425343	278,2602	9,468845	279,5088	9,503298	280,5628	9,53914
Üzemi próbák anyaggal és kitűzések																					
telepítéshez																					
6 nélkül	0,054	269,7996	14,56918	271,0602	14,63725	272,3885	14,70898	273,6113	14,77501	274,9615	14,84792	276,0089	14,90448	277,0571	14,96109	278,2524	15,02563	279,4922	15,09258	280,6193	15,1534
Üzemi próbák anyaggal és nélküle																					
7 elhagyása	0,009	273,7725	2,463952	275,1714	2,476543	276,3895	2,487506	277,7209	2,499488	278,9431	2,510487	280,0791	2,520712	281,2656	2,53139	282,3437	2,541093	283,5796	2,552217	284,7481	2,56273
Mindhárom																					
8 elhagyása	0,006	267,8405	1,607043	269,234	1,615404	270,5396	1,623238	271,8668	1,631201	272,9296	1,637578	273,8507	1,643104	274,9543	1,649726	276,1269	1,656762	277,3948	1,664369	278,6245	1,67175

16. táblázat: Számolás százalékos megváltozásokkal

	SZÁZALÉKOS MEGVÁLTOZÁSOK									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Várható érték	34,25284	34,35279	34,43014	34,84697	34,9972	35,163	35,28889	35,46015	35,59251	35,73891
TPT 90%	41,6926	44,03	46,00148	45,68995	46,4748	47,06283	47,37187	47,41751	47,47312	47,33295
TPT 95%	43,80167	46,77	49,28179	48,76378	49,72855	50,43627	50,79722	50,80726	50,84111	50,61969
TPT 99%	47,75793	51,92	55,43511	54,52978	55,83202	56,76428	57,22262	57,16586	57,1589	56,78509

17. táblázat: Várható átfutási idők

A vizsgálatok során annak ellenére is használhattam egyenletes eloszlást, hogy a tevékenységek költség és időtartam megváltozásai normális eloszlást mutattak. Ez azért lehetséges, mert a költség és időadatok összegével számoltam. A szimulációk során egymástól függetlenül generáltam az idő és költség adatokat, ekkor az összegek a normális eloszláshoz tartanak.

Költségek tekintetében hasonló módon jártam el, mint az átfutási időknél. Itt azonban a százalékos megváltozások helyett a különböző eloszlásokat vettem figyelembe, illetve csak a teljes projekt esetében számoltam.

	P	Háromszög eloszlás	Béta eloszlás	Normál eloszlás
Teljes projektváltozat, várható érték	0,459	4 707 255,31	4 477 296,38	4749539,332
Súlyozott várható érték		2160630,189	2055079,039	2180038,553
Teljes projektváltozat, variancia		6,4853E+12	5,86714E+12	6,60233E+12
KTG	90%	5424261,604	5159275,466	5472986,299
	95%	6349455,761	6039272,02	6406491,228
	99%	8084966,133	7689999,204	8157591,227

18. táblázat: Költségek különböző eloszlások esetén

További táblázatot készítettem az Egyenletes eloszlás adta eredményekre, itt minden projektváltozat esetében tudtam számításokat végezni.

Projektváltozat	P	Várható érték	P*Várható érték	Variancia	Ktg 90%	Ktg 95%	Ktg 99%
Teljes	0,459	4696196,053	2155553,99	6,28943E+12	3799056	4710171	6419272
Kitűzések telepítéshez nélkül	0,306	4670681,045	1429228,4	1,046E+13	4729880	5904871	8108958
Üzemi próbák anyaggal nélkül	0,081	4674139,749	378605,32	1,83597E+13	6076307	7632992	10553073
Üzemi próbák anyag nélkül elhagyása	0,051	4673872,642	238367,505	1,95812E+13	6256029	7863662	10879315
Üzemi próbák anyag nélkül és kitűzések telepítéshez elhagyása	0,034	4647394,338	158011,407	2,02988E+13	6359010	7995837	11066251
Üzemi próbák anyaggal és kitűzések telepítéshez nélkül	0,054	4651683,785	251190,924	1,94678E+13	6239595	7842570	10849483
Üzemi próbák anyaggal és nélküle elhagyása	0,009	4660762,664	41946,864	2,13581E+13	6507752	8186746	11336258
Mindhárom elhagyása	0,006	4632684,56	27796,1074	2,14891E+13	6525887	8210022	11369177
Összesen		4663426,855	585087,564				

19. táblázat: Költségek egyenletes eloszlás esetén

Az eredmények használhatósága

A kapott eredmények elsősorban összköltség és átfutási idő szempontjából értékelik az egyes projektváltozatokat. A menedzsmentnek lehetősége van megvizsgálni, hogy a tevékenységek 10, 20, ... 100% -os megváltozása esetén 90, 95 és 99%-os megbízhatóság mellett mekkora átfutási idővel és költséggel valósulnak meg az egyes projektváltozatok. Ilyen szempontból a projektváltozatok között rangsorolhatóak a projektek.

Összefoglalás

Dolgozatom céljának egy új, a menedzsmentet segítő módszer kifejlesztését határoztam meg, amely a menedzsment feladatát a különböző projektváltozatok közötti döntés esetén könnyíti meg.

Munkám során felhasználtam a korábbi tanulmányaim során megismert elméleteket, módszereket és technikákat. Elméleti összefoglalóban kitértem a projektek és a projektmenedzsment alapjaira, a főbb definíciókra. Majd szűkítettem a témát a projektek kockázatainak felismerésére, kezelésére. Különböző hálótervezési technikákat mutattam be, mint a PERT- és a GERT-módszer. Korábbi tanulmányok és kutatások alapján ismertettem a nem régiben kifejlesztett és használt mátrixos módszereket, mint a DSM és SNPM. Főtémámat érintve kitértem a projektek erőforrás-szükségleteinek meghatározására. Majd a Monte Carlo szimuláció alkalmazásának lehetőségeit és a módszer gyakorlati elemeit szemléltettem.

A gyakorlati részben bemutattam a korábbi munkám eredményét és a projektek kockázatainak csökkentésére két módszert is kínáltam. Az egyikkel csökkentjük a becslési bizonytalanságot, míg a másikkal a véletlen hatásokat. Ez utóbbi az általam kifejlesztett módszer, az RBPP, amely a projektek során felmerülő erőforrás- és időkockázatok elkerülését szolgálja. Az eljárás korábbi technikákra épül. Az RBPP alapja a logikai tervezés során használt PEM, az ütemezés, valamint a költség- és erőforrás-tervezés során alkalmazott APS és PSSM módszerek. A szemléltetett módszert egy gyakorlati példán keresztül is bemutattam, ennek során négy projektváltozattal dolgoztam. Elemzéseim során a projektek átfutási időre és erőforrás szükségleteire vonatkozó érzékenységet vizsgáltam, amelyet módosított Monte Carlo szimuláció segítségével végeztem. Az így kapott átfutási időket és erőforrás-szükségleteket SPSS programban variancia-analízissel elemeztem. Az elvégzett elemzések eredménye alapján a kiválasztott projektek átfutási időre és erőforrás-szükségletekre is érzékenyek voltak, így ez alapján határoztam meg a leghatékonyabban megvalósítható projektváltozatot. További vizsgálatot végeztem a regresszió elemzés során, amelynek eredményeképpen azt kaptam, hogy a tevékenységek százalékos megváltozása kapcsolatban van az átfutási idővel és az emberi erőforrás-szükségletekkel.

Munkám a *'Hogyan készülhetünk fel a projektek nem várt hatásaira?'* címet kapta. Erre a

választ az RBPP nevű módszer szolgáltatja, amely segítségével, a bemutatott lépések alapján kiválaszthatjuk több projektváltozat esetén a leghatékonyabbat. Ez véleményem szerint a bevezetés során megfogalmazott kérdéseimre is megfelelő választ adhat.

Irodalomjegyzék

1. **A. Enshassi, S. Mohamed, J. Abu Mosa:** *Risk management in building project sin Palestine: Constructors' perspective*; Emirates Journal for Engineering Research, 13 (1) 29-44, (2008)
2. **Aggteleky Béla, Bajna Miklós:** *Projekttervezés – Projektmenedzsment*, Közlekedési Dokumentációs Rt., Budapest; 1994
3. **Attkinson, R.:** *Project management: cost, time and quality, twobestguesses and a phenomenon, its timetoacceptothersuccesscriteria*; International Journal of Project Management Vol. 17, No. 6, pp. 337-342, (1999)
4. **B.F. van Dongen, M.H. Jansen-Vullers, H.M.W. Verbeek, W.M.P. van der Aalst:** *Verification of the SAP ReferenceModelsusing EPC Reduction, StateSpaceAnalysis, and Invariants*; Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, NL-5600 MB, Eindhoven, The Netherlands, 9-10. o. (2007)
5. **Baccarini, D.:** *The logicalframeworkmethodfordefiningprojects*, Project Management Journal, 1999, Vol. 30, No. 4, pp. 25-32. (1999)
6. **Belassi, W.,Tukel, O. I.:** *A new framework for determining critical success/failure factors in projects*, International Journal of Project Management, Vol. 14, No. 3, pp. 141-151. (1996)
7. **Belaut, A. -Gauvreau:** *Factorsinfluencing project success: theimpact of human resource management*, International Journal of Project Management, Vol. 22, pp. 1-11.
8. **Bencsik Andrea:** *Tudásmenedzsment emberi oldala*, Z-Press Kiadó Miskolc, (2009)
9. **Bronstejn, Musiol,Mühlig, Szemengyajev:** *Matematikai kézikönyv*, Typotex, Budapest, ISBN: 978-963-2790-79-4; (2006)
10. **Business Process Modelling and Notation:** Standard document: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>; (2011)
11. **Chen, Shi-jie - Lin, Li:** *"A Project TaskCoordinationModelfor Team Organization inConcurrentEngineering."*, ConcurrentEngineering 10, 187-202., (2002)
12. **Chikán Attila – Demeter Krisztina:** *Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje*, Aula Kiadó Kft., 2006, ISBN 963 9585 21 1; (2006)

13. **Cicmil, S., Hodgson, D.:** *New possibilities for project management theory: A critical engagement*, Project Management Journal, 2006, Vol. 37,
14. **Clarke, A.:** *A practical use of key success factors to improve the effectiveness of project management*, International Journal of Project Management, Vol. 17., pp. 139-145., (1999)
15. **Cookie-Davies, T.:** *The ‘‘real’’ success factors on projects*, International Journal of Project Management, Vol. 20, pp. 185–190., (2002)
16. **Dr. Fekete István:** *A kockázat elemzés szerepe a beruházások pénzáramlásainak meghatározásában*, Doktori (PhD) értekezés, (2000)
17. **Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Fejes János, Kiss Judit:** *Sztochasztikus hálóstruktúrák kezelése projektütemezési feladatokban*; Sigma, XXXIX (2008) 1-2.
18. **Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Kiss Judit:** *Mátrix-alapú projekttervezési módszerek*; Vezetéstudomány 42. évf. 10. sz., 28-43. o., (2011)
19. **Dr. Kosztyán Zsolt Tibor:** *Kvantitatív módszerek 4. előadás*, 2010.
20. **Dr. Kosztyán Zsolt Tibor:** *Optimális erőforrás-tervezés*; Doktori (PHD) értekezés, (2005)
21. **Dr. Kosztyán Zsolt Tibor:** *Projektek és üzleti folyamatok tervezése és nyomon követése*, megjelenés alatt,
22. **Dr. Kosztyán, Zsolt Tibor, Bencsik, Andrea, Póta Szabolcs:** *Resource Allocation and its Distributed Implementation, Innovations and Advanced Techniques in Computer and Information Sciences and Engineering*, (ed. Tarek Sobh), Springer, ISBN: 978-1-4020-6267-4, pp. 511-518, (2007)
23. **Dr. Papp Ottó:** *Projekt menedzsment (Projektek tervezése, szervezése, irányítása)*; Dabas-Jegyzet Kft, 1998, ISBN 0865 – 3313
24. **Gareis, R., Stummer, M.:** *Processes & Projects*, Englische Auflage, Manz, Wien, (2008)
25. **Gareis, R.:** *Projekt? Örömmel!*, HVG Kiadó Zrt., Budapest, ISBN: 978-963-9686-15-1\$, (2007)
26. **Görög Mihály:** *Általános projektmenedzsment*; Aula kiadó; ISBN 963 9215 06 6, (1999)
27. **Görög Mihály:** *Bevezetés a projektmenedzsmentbe*; Aula kiadó; ISBN 963 503 123 8, (1996)
28. **He Zhi:** *Risk management for overseas construction projects*, International journal of project management, Vol 13., No. 4., pp. 231-237., (1995)

29. **HOPET** **Kft.:** Folyamat menedzsment alapok,
https://hopet.hu/index.php?menu=folyamodell&almenu=5_al, (2007)
30. **Keith Lockyer, James Gordon:** *Projektmenedzsment és hálós tervezési technikák*;
 Kossuth Kiadó, Budapest; ISBN 963 09 4124 4, (2000)
31. **Kelemen Tamás:** *A projektmenedzsment, mint vezetési koncepció alkalmazása*,
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
32. **Kerzner, Harold:** *Projekt management – A Systems Approach to Planning, Scheduling
 and Controlling*, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978 – 0 – 470 – 27870 – 3, (2007)
33. **Lock, Dennis:** *Projektmenedzsment*; Panem Könyvkiadó, Budapest, ISBN:
 963 545 162 8, (1998)
34. **Madauss, B. J.:** *Handbuch Projektmanagement*, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart,
 ISBN: 3-7910-0694-0, (2000)
35. **Meehan, J. S. - Duffy, A. H. B. - Whitfield, R. I.:** *"Supporting 'Design for Re-use'
 with Modular Design."* *Concurrent Engineering*, no. 15, 141-155., (2007)
36. **Monte Carlo Simulation Basics:**
<http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>
37. **Paul Elkington, Clive Smallman:** *Managing project risks: a
 case study from the utilities sector*, *International Journal of Project Management*, pp. 49-
 57. (2008)
38. **Prof. Dr. Jochen Schwarze:** *Projektmanagement mit Netzplantechnik*; Verlag Neue
 Wirtschafts-Briefe GmbH & Co. KG, Herne/Berlin, ISBN-13: 978 – 3 – 482 – 56069 –
 9, (2006)
39. **Project Management Institute:** *Projektmenedzsment útmutató - PMBOOK Guide*,
 Akadémia Kiadó zrt, Budapest, ISBN: 963 05 8401 8; (2006)
40. **Sajtos László, Mitev Atel:** *SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv*; Alinea kiadó,
 ISBN: 978 – 963 – 9659 – 08 – 7, 2007.
41. **Sculli, D.:** *A historical note on PERT times*, *Omega*, Volume 17, pp. 195-200., (1989)
42. **Skutella, M.:** *Approximation and randomization in scheduling*, PhD Thesis, Technische
 Universität Berlin, Fachbereich Mathematik, Berlin, Germany, (1998)
43. **Szabó. L. – Dancsecz, G.:** *A nemzetközi sportrendezvény-szervezési projektek
 sikertényezői és a siker megítélésének kritériumai*, *Vezetéstudomány*, ISSN: 0133-
 0179, XL. évfolyam, 2009/5. szám, 18-31. Oldal

44. **Szöllősi Sándor:** Üzleti folyamatok modellezése az ARIS folyamatmodellező és tervező szoftver segítségével
45. **Tenner A.R., DeToro I.J.:** *BPR – Vállalati folyamatok újraformálása*, Műszaki Könyvkiadó. ISBN: 963-16-3001-3, (1998)
46. **Thebeau, R. E.:** *Knowledge Management of System Interfaces and Interactions for Product Development Processes*, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, System Design and Management Program, (2001)

Ábrák, egyenletek és táblázatok jegyzéke

Ábrajegyzék

1. **ábra:** *Projekt hármas peremfeltétele (saját szerkesztés [34] alapján),*
2. **ábra:** *Véletlenszerűen kiválasztott számok, valószínűségek modellje*
3. **ábra:** *Bizonytalanság terjedése*
4. **ábra:** *Monte-Carlo szimuláció folyamata (saját szerk. [16] alapján)*
5. **ábra:** *Monte-Carlo szimuláció folyamata (javított) (saját szerkesztés)*
6. **ábra:** *Elemi tevékenység kapcsolatok [18]*
7. **ábra:** *Tevékenységek (topologikus) sorba rendezése [18]*
8. **ábra:** *Particionálás [18]*
9. **ábra:** *Klaszterezés [18]*
10. **ábra:** *Moszkva elemzés [18]*
11. **ábra:** *PEM-módszer [18]*
12. **ábra:** *PSSM-módszer [18]*
13. **ábra:** *APS-módszer lépései [18]*
14. **ábra:** *Szimulációk*
15. **ábra:** *Hisztogram*
16. **ábra:** *Normalitás vizsgálat*

Egyenletek

1. **egyenlet:** *várható érték (M) és szórás (D) [7.]*
2. **egyenlet:** *becslés várható értéke és szórása [7.]*

Táblázatokjegyzéke

1. táblázat: *A sztochasztikus hálótervezési módszerek előnyei és hátrányai ([8.] alapján)*
2. táblázat: *A GERT-módszer során alkalmazott jelölések*
3. táblázat: *Kelemen Tamás - A GERT-háló előnyei és hátrányai [18.]*
4. táblázat: *Az SNPM és az eddigi módszerek összehasonlítása (saját szerkesztés [4.] alapján)*
5. táblázat: *Projekttervezési módszerek összehasonlítása (saját szerk.)*
6. táblázat: *Projektek és üzleti folyamatok összehasonlítása ([21] alapján)*
7. táblázat: *Az RBPP lépései*
8. táblázat: *Tevékenységgjegyzék*
9. táblázat: *Becslések átfutási időre*
10. táblázat: *Becslések költségekre*
11. táblázat: *Variancia elemzés átfutási időre*
12. táblázat: *Variancia elemzés erőforrás szükségletre*
13. táblázat: *Maradó/Eltávolított változók*
14. táblázat: *ANOVA*
15. táblázat: *Megvalósulási valószínűségek*
16. táblázat: *Számolás százalékos megváltozásokkal*
17. táblázat: *Várható átfutási idők*
18. táblázat: *Költségek különböző eloszlások esetén*
19. táblázat: *Költségek egyenletes eloszlás esetén*