

KOSZTYÁN Zsolt Tibor

PROJEKTTERVEZÉSI MÓDSZEREK KIHÍVÁSAI A XXI. SZÁZADBAN

Több mint száz éve született meg Henry Gantt (Gantt, 1910) sávós ütemterve, Kelley (Kelley, 1961) és Walker (Walker, 1959) is több mint hatvan éve publikálta kritikus út módszerét. Az ezekre épülő költség- és erőforrás-tervezési módszerek vajon alkalmasak-e a ma kihívásaira? Az olvasó ebben a tanulmányban többéves kutatómunka gyümölcését láthatja. A kutatás során az egyik legfontosabb cél annak vizsgálata volt, hogy a meglévő projekttervezési eszközök mennyiben felelnek meg a mai projektek kihívásainak; hol és milyen területen van szükség e módszerek továbbfejlesztésére, esetleg meghaladására. Ebben a tanulmányban a szerző olyan módszereket mutat be, amelyek messze túlvezetnek bennünket a projekttervezés eddig elsősorban operatív feladatokra szorító módszereitől, és olyan kérdések megválaszolására fordítja figyelmünket, mint pl. milyen tevékenységeket, projekteket valósítsunk meg; melyeket hagyjuk el vagy ütemezzük be egy későbbi projektbe; hogyan rangsoroljuk, priorizáljuk a projektek megvalósítását, fontosságát?

Kulcsszavak: mátrixalapú multiprojekt-tervezés, projektszakértői rendszerek, agilis projektmenedzsment

Lynn Crawford (Crawford, 2006) tanulmányában áttekintette a projektmenedzsment területén mérvadó két folyóiratban publikált cikkeket. Azt tapasztalta, hogy míg az 50-es, 60-as években kifejezetten módszertani jellegű cikkek jelentek meg, mely eredmények közül egy másik tanulmány szerint (Kastor – Sirakoulis, 2009) a gyakorlatban használt projektszoftverek (pl. MS Project, Primavera stb.) csak töredékét használják ki. Lynn Crawford kimutatta, hogy a 80-as évektől áttevéődött a hangsúly a puhább tényezők felé. A hálótervezési módszerek viszont ezt a hangsúlybeli eltolódást nem tudták követni.

A másik probléma, mely több tanulmányban (lásd pl. Evaristo – Fenema, 1999; Wysocki, 2009) is megjelent, hogy a hálótervezési módszerekre épülő erőforrás- és költségtervezési módszereket építési és beruházási projektek támogatására dolgozták ki, miközben a hagyományos építési projektek szerepe már visszaszorulóban van a többi, pl. informatikai projektekhez képest. Az informatikai, pl. szoftverfejlesztési projekteket, teljesen más megközelítéssel célszerű menedzselni, mint a hagyományos építési projekteket. (Ezzel kapcsolatosan lásd részletesebben a Projektváltozatok, lehetséges projekttervek fejezetet.)

Miközben több száz módszer létezik idő-, költség- és erőforrás-tervezési problémák megoldására (Brucker et

al., 1999), addig még mindig igaz, hogy a projektek jelentős része vagy meg sem valósul, vagy jelentősen túllépi a rendelkezésre álló költségkereteket (Eveleens – Verhoef, 2012). Feltehetjük akkor a kérdést, hogy: mi ennek az oka? Nincsenek megfelelő módszereink a XXI. századi kihívásokra? Vagy a sok módszer közül nem ismerjük, nem használjuk a megfelelőket az adott problémára?

Véleményem szerint mindkettő probléma fellelhető. Ebben a tanulmányban azt mutatom be, hogyan lehet a különböző módszereket integrálni úgy, hogy az ne csak a projekttervezés operatív feladatait, hanem stratégiai kérdések megválaszolását is segítse. Olyan eljárásokat mutatok be, melyekkel az építési projektektől eltérő jellegű, de nagy számban előforduló projekteket is sikeresen menedzselhetünk. Korszerű technikák alkalmazásával bemutatom, hogyan lehet a hálótervezési alapokra épülő módszereket meghaladni, az itt kifejlesztett legfontosabb módszereket integrálni.

Új kihívások, új módszerek

A projektmenedzsment-megközelítéseket többféleképpen lehet csoportosítani. Ezek közül talán a legszemléletesebb Wysocki (Wysocki, 2009) csoportosítása. Az alkalmazandó projektmenedzsment-módszereket aszerint bontja különböző csoportokba, hogy mennyire világo-

sak a megvalósítandó célok, valamint mennyire meghatározottak a megvalósításához szükséges eszközök.

A hagyományos projektek esetén mind a célok, mind az elérésükhöz szükséges eszközök, módszerek, tervek világosan meghatározottak (ilyenek tekinthetők például a beruházási, építési projektek). Ezzel szemben agilis projektmenedzsment-megközelítésnél a célok világosan definiáltak, míg a célok megvalósítási módja már nem feltétlenül (ilyenek például a szoftverfejlesztési projektek). Extrém (és fordított extrém) projektek (például K+F projektek, új termékfejlesztési projektek, folyamatfejlesztési projektek) esetén sok esetben még a célok sem határozhatók meg pontosan, ezért e projektek tervezése nehéz feladatot jelent.

Wysocki 2009-ben publikált, a 2000-es évek elején, világviszonylatban, különböző iparágakban tevékenykedő, több mint tízezer projektmenedzser körében végzett nemzetközi felmérés eredményeként meghatározta, hogy a projektek kevesebb mint 20%-a sorolható a hagyományos (például infrastruktúra) projektek közé, az extrém és fordított extrém (tisztán kutatás-fejlesztési) projektek megközelítőleg a projektek 10%-át teszik ki. A fennmaradó 70% pedig az agilis projektek közé sorolható.

Módszertani szempontból a hagyományos projekteket támogató projektmenedzsment eszköztára mondható a legkidolgozottabbnak. A hagyományos projektmenedzsment eszközei azonban nem, vagy csak korlátozott mértékben alkalmazhatók agilis vagy extrém projektek esetén. Ezért olyan módszerek kidolgozása volt a cél, amelyek agilis projektek esetén is alkalmazhatók.

Az agilis projektmenedzsment mint a siker záloga?

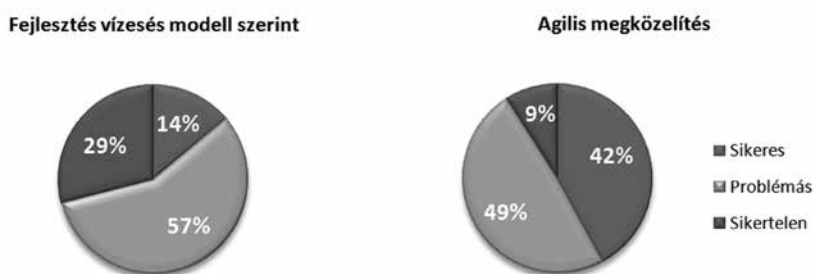
A Standish Group által több száz projektmenedzser részvételével végzett, évente megjelenő CHAOS Reports (Chaos Manifesto, 2012) legújabb jelentése szerint az agilis megközelítés szerint menedzselt szoftverfejlesztési projektek felméréseik szerint háromszor sikeresebbek, mint pl. az ún. vízesés modell szerint készülő szoftverfejlesztési projektek, amelyek a hagyományos projektmenedzsment-eszközök segítségével járják végig a fejlesztés fázisait.

A jelentés a projekteket három kategóriába sorolja: az első kategória a

sikeres projektek, melyek határidő alatt elkészülnek, a második kategóriába azok a projektek kerülnek, amelyek ugyan elkészülnek, de az idő- és/vagy a költségkereteket túllépik és/vagy a tervezett funkciók közül sem valósítanak meg mindent, ezek a projektek a problémás projektek, a harmadik csoport a sikertelen projektek, amelyek nem készülnek el. A jelentés eredménye, melyet az 1. ábrában összegzünk, jól magyarázza az agilis projektmenedzsment-megközelítés népszerűségét, különösen a fejlesztési és innovációs projektek esetén.

1. ábra

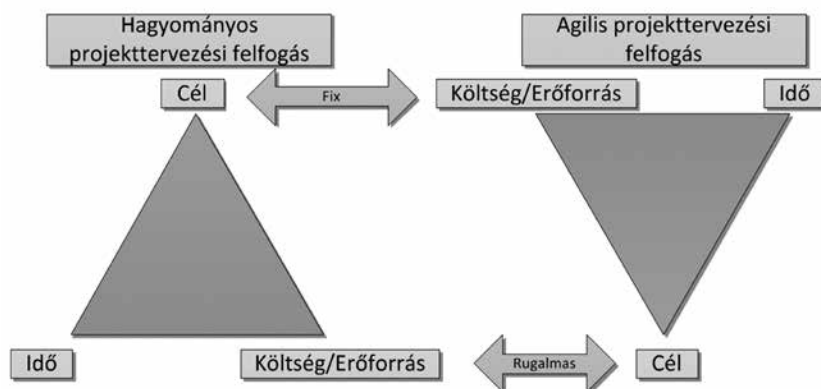
Vízesés modellen és agilis megközelítésen alapuló szoftverfejlesztési projektek sikeressége (Chaos Manifesto 2012, Standish Group)



Miben rejlik az agilis megközelítés és a hagyományos projektmenedzsment-felfogás különbsége? Az agilis projekttervezési technika „a feje tetejére állítja” a projekttervezés céljáról, korlátairól alkotott képünket. Míg a hagyományos projekttervezés során a megvalósítás célja, illetve az elvégzendő tevékenységek adottak, feladatunk pedig a lehető legkisebb költséggel, erőforrás- és időigénnyel rendelkező projekt meghatározása, addig az agilis projekteknél a korlátot az idő, a költség és az erőforrás jelenti, míg a cél a lehető legtöbb tevékenység megvalósítása. A hagyományos és az agilis projektek közötti különbséget a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra

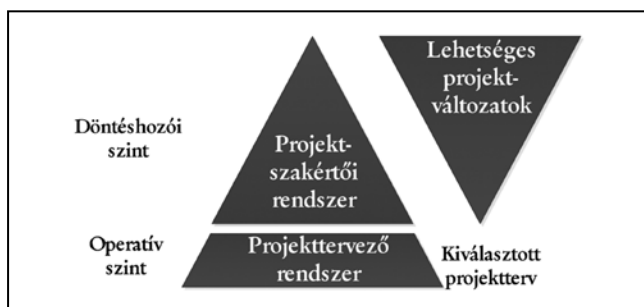
Az agilis és a hagyományos projekttervezési felfogás összehasonlítása (Dalcher – Brodie, 2007)



Az agilis projekttervezés módszertani támogatása még meglehetősen hiányos. A hagyományos hálótervezési módszerek alkalmazása meglehetősen nehézkes, hiszen nem tudjuk kezelni a projektből esetlegesen elhagyható tevékenységek meghatározását/kiválasztását. A tanulmányban bemutatandó projektszakértői mátrix azonban segítséget nyújthat a projektet szervező szakemberek számára a tevékenységek végrehajtási fontosságának megállapítására, az esetlegesen elhagyható tevékenységek meghatározására.

3. ábra

Javasolt projektmenedzsment-alkalmazás felépítése



Projekttervezési módszerek a stratégia szolgálatában

A projektek közül persze nem kezelhető mindegyik az agilis megközelítés szerint, azonban még a hagyományos projektmenedzsment-megközelítések esetén is probléma, hogy a projekttervezés során alkalmazott idő-, költség- és erőforrás-tervezési módszerek csak az operatív feladatokat támogatják: segítségükkel meg tudjuk határozni, hogy mikor, milyen tevékenységet kell végrehajtanunk, ez mennyibe kerül, és hány kolléga bevonására van szükség. Azonban a hálótervezésen alapuló módszerek nem igazán segítenek, ha arról kell döntenünk, hogy mely tevékenységeket hagyhatjuk el a projektből, egy nagyobb multi- vagy megaprojekt esetén a párhuzamosan futó projektek közül mely projekteket valósíthatjuk meg.

Véleményem szerint a projektmenedzsment-szoftvereknek kétszintű felépítést kellene követniük: egyrészt továbbra is szükség van projekttervező alkalmazásokra, de egy felsőbb szintű modulnak lehetőséget kellene biztosítania a lehetséges projektváltozatok kiválasztására.

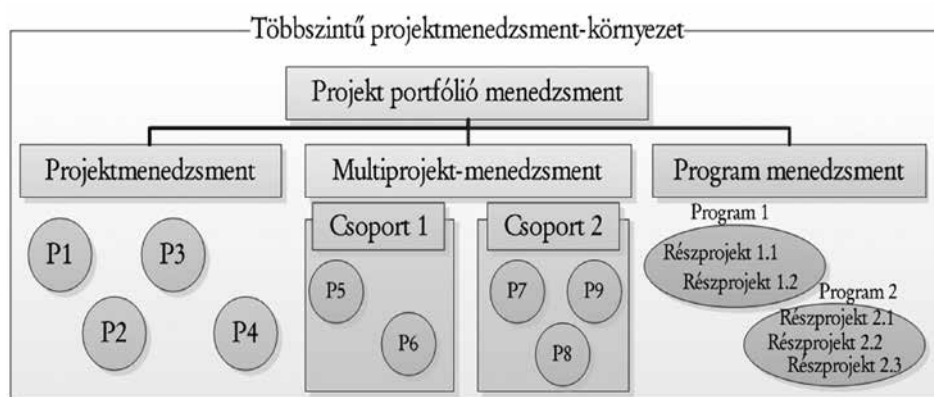
A felsőbb szinten lévő projektszakértői rendszer szolgálna arra, hogy a lehetséges projekttervek közül kiválaszthassuk az adott célnak legmegfelelőbb projekttervet. Ennek nyomán követése már a hagyományos projekttervező eszközökkel is elvégezhető. Ameddig nem állnak ilyen alkalmazások rendelkezésre a döntéshozók számára, addig kénytelenek vagyunk a lehetséges projektváltozatokat manuálisan meghatározni, és ezután a kiválasztott projektváltozatokat a hagyományos projekttervezési eszközökkel kezelni (3. ábra).

Multiprojekt = multiprobléma

A projektmenedzsmenthez olyan projektek tartoznak, amelyek elég nagyok és stratégiai fontosságúak ahhoz, hogy egy teljes munkaidős projektmenedzserre legyen szükség az irányításukhoz. Ilyen esetben egy adott szervezetben belül van több, nagyobb projekt, ami párhuzamosan fut, és nincs közöttük kapcsolat. Ebből is látszik, hogy a projektmenedzsment egy adott projekten belüli tevékenységek összehangolására és koordinálására összpontosít. Ezzel szemben a multiprojektmenedzsment feladata, hogy nem csak az egyes projekteken belüli tevékenységeket koordinálja, hanem az egyes részprojekteket összehangolja és irányítja. Jellemzően, a csoporton belüli projektek nem függenek kölcsönösen a célkitűzésektől és céloktól, viszont az erőforrások lehetnek (részben) közösek. Pl. egy építési multiprojekt esetén ugyanannak a villanyszerelő brigádnak kell a különböző helyszínekre kivonulnia. A csoportosítás alapja tehát inkább a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodás és a jobb kezelhetőség. A projektmenedzsmenten és multiprojektmenedzsmenten kívül találkozhatunk a vállalatoknál az úgynevezett programmenedzsmenttel, ahol olyan projektek vannak csoportosítva, amelyek kölcsönösen függenek egymástól, megosztva egy közös célt, és egy megvalósítandó egyedülálló termékhez vagy szolgáltatáshoz vezetnek. A multiprojektme-

4. ábra

Többszintű projektmenedzsment-környezet



nedzsmenettel szemben *a programmenedzsment centralizáltan koordinált, célorientált projektek csoportjának menedzselése, a program stratégiai célkitűzéseinek és hasznának elérése érdekében* (Hans et al., 2007). *A vállalatnál futó összes projektet a projektportfóliómenedzsment fogja össze.* A 4. ábrán látható az egyes projektmenedzsment-fogalmak kapcsolata.

Bodil Stilling Blichfeldt és Pernille Eskerod (Blichfeldt et al., 2008) meghatározása szerint a portfóliómenedzsment: *„A portfóliómenedzsment egy olyan menedzseri tevékenység, amely kapcsolatban van a kezdeti prioritizálással, projektervek kiválasztásával és fontossági sorrendbe tételével, a projektportfólióban összefutó projektek újrapiorizálásával és a projektek erőforrásainak allokálásával, illetve újraellokálásával a prioritások alapján.”*

Az eddigi meghatározásokból is látszik, hogy több projektet tartalmazó projektportfóliók kialakításánál is szükség van olyan módszerre, amely képes az egyes (rész)projekteket rangsorolni.

Mátrixos tervezési módszerek a projekttervezés szolgálatában

Egy egyszerű hálótervezési eljárás könnyen ábrázolható mátrixos formában is (Lin, 1991). Már a CPM-módszer kialakítása esetén is gondoltak arra, hogy a feldolgozást számítógéppel végezzék (Camara, 1968). Ekkor a szomszédsági mátrix segítségével jelölhetők a tevékenységek. A mátrix celláiban lévő tevékenységekhez pedig rendelhetők idő- és költségadatok is.

Kifejezetten mátrixos projekttervezési módszer kidolgozása Steward (Steward, 1981) nevéhez köthető. Itt már nem megjelenési forma a mátrix, hanem a tervezés eszköze. A mátrix cellái nem a tevékenységeket, hanem a tevékenységek közötti kapcsolatokat jelenítik meg. Az így kapott mátrixot Dependency Structure Matrix (röviden DSM) módszernek nevezte el.

Bár az iteratív kapcsolatokkal, körfolyamatokkal már egy 1966-ban készült tanulmányban (Pritsker, 1966) foglalkoztak, ezek az eljárások a projektmenedzsment eszköztárába mégsem épültek be szervesen.

Ezzel szemben a mátrixalapú megközelítés az iteratív kapcsolatok és a körök kezelésére különös figyelmet szentelt. Egy ún. partíciónálós módszer (lásd pl. Chen, 2002) segítségével ezek a körök még egy bonyolult projektterv esetén is megtalálhatók, detektálhatók.

Egy másik eljárással (Thebeau, 2001), melyet klaszterezésnek neveznek, a nagyobb projektek bonthatók kisebb részprojektekre.

A Steward-féle (bináris) DSM csak szigorú megelőzési kapcsolatokat kezel (egy tevékenység vagy függ, vagy nem függ más tevékenységtől), nem nyújt további

információt az interakció/kölcsönhatás/kapcsolat természetéről.

Későbbi kutatások (Yassine et al., 1999; Kosztyán et al., 2008; Tang et al., 2009) azonban rámutattak, hogy a mátrixban nemcsak biztos (determinisztikus) kapcsolatok jelölésére van mód, lehetőség van a kapcsolaterősség mértékének jelölésére is.

Ennek az eljárásnak a továbbfejlesztése (Kiss – Kosztyán, 2010) az ún. projektszakértői mátrix, ahol mind a tevékenységek közötti kapcsolatok, mind a tevékenységek megvalósítása lehet bizonytalan. Ebből adódóan különböző lehetséges projektváltozatokat és lehetséges projekterveket is lehet definiálni.

Ebben a cikkben egyrészt e módszer továbbfejlesztését ismertetem, mely egy többszintű mátrixtervezési eljárásnak akár multiprojekt-környezetben is alkalmazható. Ennek a multiprojekt-környezetben is alkalmazható, többszintű, mátrixos projekttervezési eljárásnak első változata (Kiss et al., 2011; Kiss, 2013) még nem kezelte a köröket, illetve nem lehetett vele detektálni egy-egy projektportfólión belül lévő összetartozó részprojekteket. Ez az eljárás viszont alkalmas visszatérő tevékenységek kezelésére, illetve projektervek klaszterezésével a részprojektek csoportjainak kialakítására is. Bemutatom, hogy a korábban publikált mátrix- és hálótervezési eljárások hogyan integrálhatók ebbe az eljárásba. Arra is kitérek, hogy ez a megközelítés mennyiben segítheti egy projektszakértői rendszer elkészítését.

Genetikus algoritmusok alkalmazása

A hatvanas években merült fel először az a gondolat (Fogel et al., 1966), hogy az evolúcióban megfigyelhető szelekciós folyamatok mintájára olyan számítógépes modelleket lehetne létrehozni, amelyek képesek mérnöki (elsősorban optimalizálási) feladatok megoldására. A genetikus algoritmusok kifejlesztése Holland nevéhez fűződik. Ő és diákjai alapozták meg a University of Michigan egyetemen a területet, a kutatás eredményeit Holland foglalta össze (Holland, 1975). Az ő célja kezdetben nem optimalizáló módszer kifejlesztése, hanem a szelekció és az adaptáció számítógépes és matematikai modellezése volt.

A módszer egyik fő előnye, hogy a számítástechnikában előforduló problémák egy nagyon széles osztályára alkalmazható, ugyanakkor általában nem igényel szakterületfüggő tudást, így akkor is működik, ha a feladat struktúrája kevésbé ismert. Ebből a szempontból az ún. problémafüggetlen metaheurisztikák csoportjába tartozik.

Maga a Genetikus Algoritmusok elnevezés John Hollandtól (Holland, 1975) származik, aki leírta, hogy a genetikus algoritmusoknak milyen elemekből kell felépülniük.

A genetikus algoritmus három egyszerű operátort/függvényt tartalmaz:

1. szelekció,
2. rekombináció,
3. mutáció.

Minden egyes lépés egy megoldásokból álló halmaz, vagy más néven *populáció*. Az operátorok megfelelő használatával minden lépésben egyre jobb megoldásokat kapunk.

Az evolúció alap gondolatát felhasználva, miszerint a „gyengék” kihalnak, az „erősek” szaporodnak tovább, használjuk ki optimalizálásra. Ezt hívjuk *szelekciónak*. A szelekció során tehát (meghatározott valószínűséggel) kiválasztunk olyan egyedeket, amelyek célfüggvényértékei (ún. fitness-értékei) a legjobbak (legnagyobbak, vagy egy másik célfüggvény esetén legkisebbek). Az egyes egyedek tulajdonságai öröklődnek tovább a „leszármazottakban”; ezt hívjuk *rekombinációnak*. Ekkor a szelekcióba bevont egyedek tulajdonságait fogjuk kombinálni. Néha véletlen ún. *mutációk* segítségével olyan megoldásokat is kaphatunk, amit hagyományos optimalizáló módszerekkel nem. A mutáció során tehát a szelekcióban kiválogatott egyedek tulajdonságait (adott valószínűséggel, véletlenszerűen) megváltoztatjuk.

A következő populáció e három (egyedeket tartalmazó) halmaz uniója lesz.

Ha a leállási feltétel nem teljesül, akkor újabb szelekciót hajtunk végre, egyébként pedig visszaadjuk a legjobb célfüggvényértékű egyedeket (leállási feltétel lehet például az, hogy megadott számú iteráció óta $\mathcal{E} \geq 0$ -nál kisebb mértékben változik a legjobb célfüggvényérték).

Az algoritmus futását gyorsíthatjuk, ha a szelekcióba bevont egyedekből nem egyenlő valószínűséggel választunk, hanem a jobb célfüggvényértékkel rendelkező egyedeket nagyobb valószínűséggel választjuk ki mutációra, illetve keresztesítésre.

Ahogy azt a „Genetikus algoritmusok a projekttervezés új generációjának szolgálatában” című fejezetben is látni fogjuk, ez a módszer kiválóan alkalmazható projektváltozatok, projekttervek kiválasztására, ahol az egyedek a lehetséges projekttervek, illetve projektváltozatok lesznek. A célfüggvény pedig tartalmazhatja az átfutási időt, költségigényt, erőforrás-szükségletet stb.

A genetikus algoritmusok egyik irányzata szerint olyan célfüggvényt (ún. fitness-függvényt vagy jósági függvényt) célszerű kialakítani, amelybe egyszerre akár több tényező megfelelő súlyozással kerül be. Ezeket a módszereket hívjuk aggregált célfüggvényt alkalmazó genetikus algoritmusnak (Yoshikawa – Furuhashi,

2010). Ekkor pl. mátrixos tervezési módszerekre alkalmazva az eljárást, egy lehetséges projektterv kiválasztásánál különböző súllyal vehetjük figyelembe a projektterv átfutási idejét, költségigényét és erőforrás-szükségletét. Nehézsége ennek az eljárásnak a komplex célfüggvényben szereplő súlytényezők meghatározása.

A másik lehetőség, amelyet e cikkben részletesebben ismertetek, egy ún. többszintű genetikus algoritmus alkalmazása (Multilevel Genetic Algorithm). A többszintű genetikus algoritmus esetén egy-egy egyed egyben egy újabb populációt is meghatároz. Ha pl. veszünk egy lehetséges projektváltozatot, amelyhez már számítható egy költségigény, akkor ez egy egyednek tekinthető az első szinten, ugyanakkor az ebből számítható lehetséges projekttervek egyben egy populációt is jelentenek. A projektváltozatok szintjén csak azt döntöttük el, hogy milyen tevékenységeket fogunk végrehajtani. A lehetséges projekttervek meghatározásánál fogjuk azt eldönteni, hogy a tevékenységeket milyen sorrendben végezzük el. Előnye ennek az elgondolásnak, hogy sokkal könnyebb az egyes szintekre vonatkozóan meghatározni a célfüggvényeket, hiszen pl. a költségek a projektváltozatok szintjén, az átfutási idők és erőforrás-szükségletek a lehetséges projekttervek szintjén derülnek ki.

Egy új megközelítés bemutatása

A hagyományos hálótervezési eljárások mellett ebben a tanulmányban egy mátrixos megközelítést javaslok. A mátrix átlójában a tevékenységek megvalósítási valószínűségei vagy megvalósításának fontosságai szerepelnek. Az átlón kívül pedig a tevékenységek közötti kapcsolatok valószínűségei vagy a kapcsolatok/rákövetkezések fontosságai, bizonytalanságai szerepelhetnek. A tevékenységekhez idő-, költség- és erőforrás-szükséglet is társítható, valamint a módszer segítségével az esetlegesen fellépő körfolyamatok, visszalépések is kezelhetők. Multi- és megaprojektek kezelése érdekében a többszintű hálótervezéshez hasonlóan többszintű mátrixtervezés is megvalósítható.

Projektváltozatok, lehetséges projekttervek

Több lehetséges projektváltozat egyidejű kezelésével, ütemezésével már a 60-as években is foglalkoztak (lásd pl. Pritsker, 1966; Eisner, 1962). Azonban e módszerek – bár a maguk nemében úttörők voltak, hiszen nemcsak a lehetséges projektváltozatokat, hanem az esetleges körfolyamatokat is kezelték – nem terjedtek el a gyakorlatban. E módszerek egyszerre haladtak meg korukat és váltak még az elterjedésük előtt korszerűtlenné. Meghaladták korukat, hiszen több le-

Kibővített projektszakértői mátrix = xPEM (extended Project ExpertMatrix)
Főbb tevékenységek: tervezés (P); kötelező funkciók implementálása (M-I), tesztelése (M-T);
kiegészítő funkciók implementálása (S-I), tesztelése (S-T)

xPEM		tervezés	kötelező funkciók		kiegészítő funkciók		idő-	költség-	erőforrás-
			implementálása	tesztelése	implementálása	tesztelése			
tervezés (P)		X	X	X			1 hónap	8 000 €	4 fő
kötelező funkciók (M)	implementálása (M-I)		X	?	X		1 hónap	10 000 €	4 fő
	tesztelése (M-T)			X		X	1 hónap	4 000 €	2 fő
kiegészítő funkciók (S)	implementálása (S-I)				?	?	1 hónap	10 000 €	4 fő
	tesztelése (S-T)						1 hónap	4 000 €	2 fő

hetséges projektváltozatot is lehetett velük tervezni, körök számítására is alkalmasak voltak, ugyanakkor a tevékenységnyíl típusú háló a tevékenységek közötti befejezés-kezdés típusú kapcsolatokon kívül más kapcsolatokat nem, vagy csak nagyon nehezen tud kezelni. További hiányossága maradt az erre a módszertanra épülő eljárásoknak, hogy a projektváltozatok sorrendbe rakásában már nem segítettek. Számos, pl. informatikai projektek esetén maga a tevékenységek közötti rákövetkezési kapcsolatok szerepeltetése is sokszor felesleges megkötésnek látszik, hiszen a tevékenységeket akár párhuzamosan is végre lehet hajtani, illetve bizonyos tevékenységek sorrendjét is fel lehet cserélni.

Kutatócsoportunk az új projekttervezési eljárások kidolgozása során (Kosztján – Kiss, 2010, 2011; Kiss et al., 2011; Kiss, 2012) nemcsak azt vizsgálta, hogy egy projektváltozatban mely tevékenységeket hajtsuk végre, hanem azt is, hogy milyen módon, milyen sorrendben. Éppen ezért élesen elkülönítettük a projektváltozat és a lehetséges projektterv mint projektstruktúra fogalmát.

Projektváltozaton azon tevékenységek összességét értjük, amelyeket a projekt megvalósítása érdekében végre kell hajtunk.

Projektstruktúrán, vagy *lehetséges projektterven* pedig azt a logikai projekttervet értjük, amely megadja, hogy mely tevékenységeket milyen sorrendben kell elvégeznünk.

Az ebben az értelemben használt projektstruktúra fogalma különbözik a munkabontási diagramban használt, a projekt hierarchikus tagolására bevezetett fogalomtól. Éppen ezért a félreértések elkerülése vé-

gett a projektstruktúra szó helyett inkább a lehetséges projektterv szót fogom használni.

A projektváltozat meghatározása során tehát arra keressük a választ, hogy *MIT* fogunk elvégezni a lehetséges tevékenységek közül, a lehetséges projekttervek pedig arra adnak választ, hogy ezeket a tevékenységeket *HOGYAN*, milyen sorrendben végezzük el.

A módszert egy egyszerű példán keresztül szemléltetem. Egy mobileszközök fejlesztő cég új eszközeire alkalmazásokat fejleszt. A fejlesztés leegyszerűsített lépései: 1. funkcionális tervezés, 2. funkciók implementálása, 3. funkciók, alkalmazások tesztelése. A megvalósítandó funkciókat ún. Moszkva-elemzéssel (lásd: Tiersten, 1997) két csoportra osztjuk. Bár a Moszkva-elemzés eredetileg négy kategóriát definiál, most az egyszerűség kedvéért először csak az első két kategóriával foglalkozunk.

1. A funkciók azon csoportja, amelyeket mindenképpen meg kell valósítani (ez a Moszkva-elemzésben a „*must have*” kategória, pl. alapfunkciók, levelezés, kommunikáció megvalósítása stb.). 2. A funkciók azon csoportja, amelyeket – ha az idő- és költségkeret ezt nem engedi meg, akkor – el lehet hagyni, és későbbi fejlesztés során lehet megvalósítani („*should have*” kategóriába tartozó funkciók, alkalmazások, pl. képszerkesztő, videoszerkesztő stb. Ezeket az alkalmazásokat pl. egy alkalmazásból több is le lehet tölteni). A tervezésnek ki kell terjednie valamennyi funkció megtervezésére, hiszen ha később is készülnek el bizonyos alkalmazások, azoknak együtt kell működniük az alapszolgáltatásokkal. Ugyanakkor a kiegészítő

funkciók tesztelése csak akkor valósul meg, ha ezeket a szolgáltatásokat is implementálják. Az implementálás és a tesztelés megvalósulhat egymás után is, de akár párhuzamosan is, így egy-egy részfeladat megoldása után azonnal tesztelhetjük a szolgáltatások működését.

Tekintsük a fenti feladat jelölését a logikai operátorokat is tartalmazó kiterjesztett projektszakértői mátrixban (1. táblázat).

Az xPEM-ben az „x” nemcsak a kibővítésre utal, hanem arra is, hogy az alpmódszernek különböző változatát készítettük el (Németh et al., 2011; Kiss et al., 2010), ami a megbízhatóságra, vagy éppen a kockázatok elkerülésére fókuszál, így itt az „x” jelölésnek integráló szerepe is van.

Az 1. táblázatban a mátrix átlójában „X”-szel jelöltem a biztosan végrehajtható tevékenységeket, az átlón kívül pedig a biztos rákövetkezési relációkat. „?” jelöli a bizonytalan megvalósítást, illetve a bizonytalan rákövetkezési relációkat. Az implikáció (→) operátor jelöli, hogy a kiegészítő funkciók implementálásáról és teszteléséről együtt kell döntenünk. A funkciók tesztelése ugyanis csak akkor nyer értelmet, ha azokat meg is valósítjuk. Az implikáció helyett a két tevékenység logikai viszonyára vonatkozóan ÉS (∧), KIZÁRÓ VAGY (x) vagy MEGENGEDŐ VAGY (∨) operátort is használhatunk. Az (x) operátor jelentése, hogy vagy csak az egyik, vagy csak a másik tevékenységet/(rész)projektet valósítjuk meg. A MEGENGEDŐ VAGY (∨) valamelyik, vagy akár mindkettő projektváltozat megvalósulását is előírhatja. Az ÉS operátor esetén, ha az egyik tevékenységet meg szeretnénk valósítani, akkor a másik tevékenységet is meg kell valósítanunk (2. táblázat).

A „?”-ek helyére számokat is írhatunk, melyek lehetnek megvalósulási valószínűség, fontosság, bármely más súlytényező (lásd a következő, „Elfelejtett módszerek a projektervezés szolgálatában – avagy körök a projekthálókbán?” című fejezetet).

Látható, hogy az 1. táblázatban az átló alatt nem találhattunk semmilyen kapcsolatra utaló jelölést. Az ilyen mátrixokat, amelyek átló alatti cellái üresek, felsőháromszög mátrixnak nevezzük. Számunkra ez azért fontos,

mert ha egy logikai kapcsolatokat leíró mátrix felsőháromszög mátrix, vagy azzá átalakítható, akkor az ehhez tartozó logikai gráf topologikusan rendezhető, ami azt jelenti, hogy nem tartalmaz kört. A következő fejezetben visszatérünk arra, hogyan lehet az esetleges körfolyamatokat detektálni, illetve a visszacsatolásokat feloldani.

Az első lépésben a projektváltozatokat határozzuk meg, mely jelen esetben két lehetséges projektváltozatot jelent, amelyek közül az elsőben a tervezésen túl csak a kötelező funkciókat valósítjuk meg, míg a másodikban a kiegészítő funkciókat is implementáljuk, illetve teszteljük. E két projektváltozatra meghatározható az általunk kifejlesztett ún. SNPM (Stochastic Network Planning Method) mátrix (Kosztján et al., 2008), amely a lehetséges projektváltozatok tevékenységeinek kapcsolatát mutatja.

Bár az SNPM-mátrix hasonló az xPEM-mátrixhoz, itt azonban már az átlóban nem szerepelnek jelölések, hiszen ekkor már a lehetséges projektváltozatokat meghatároztuk. A mátrixban csak azok a kapcsolatok szerepelnek, amelyek megvalósítandó tevékenységekhez tartoznak. Mivel az első projektváltozatban a kiegészítő funkciókat nem valósítjuk meg, így az e tevékenységekkel kapcsolatos relációkat is elhagyjuk.

Az SNPM-mátrix nevéből adódóan egy sztochasztikus hálót, egy ún. reprezentációs gráfot is megad, mely egy olyan tevékenység-csomópontú háló, ahol a lehetséges kapcsolatokat szaggatott vonallal jelöljük. A 3. táblázat mutatja a lehetséges projektváltozatok logikai megvalósítását jelölő SNPM-mátrixot, és az ehhez tartozó reprezentációs gráfot.

2. táblázat

Leggyakrabban használt logikai operátorok

Jel	Logikai operátor
∧	ÉS, konjunkció ... és ...
x	kizáró vagy vagy...,vagy...
∨	diszjunkció ... vagy ...
→	implikáció ha..., akkor...

3. táblázat

SNPM-mátrix: Főbb tevékenységek: tervezés (P); kötelező funkciók implementálása (M-I), tesztelése (M-T); kiegészítő funkciók implementálása (S-I), tesztelése (S-T)

1. projektváltozat (SNPM-mátrix, reprezentációs gráf)				2. projektváltozat (SNPM-mátrix, reprezentációs gráf)					
SNPM	P	M-I	M-T	SNPM	P	M-I	M-T	S-I	S-T
P		X	X	P		X	X		
M-I			?	M-I			?	X	
M-T				M-T					X
				S-I					?
				S-T					

Az első projektváltozat három tevékenysége összesen 22.000 €-t, míg a második projektváltozat öt megvalósítandó tevékenysége további 12.000 €-t emészt fel. Így a menedzsment már itt a projektváltozatok meghatározásánál dönthet, hogy mely változat fér bele a költségkeretbe.

A lehetséges projekttervek meghatározásánál arra keressük a választ, hogy a megvalósítandó tevékenységeket **HOGYAN**, milyen sorrendben végezhetjük el.

Az SNPM-mátrixban szereplő „?”-ek itt is két lehetséges kimenettel rendelkezhetnek. Vagy előírjuk a tevékenységek közötti rákövetkezési relációkat, vagy feloldjuk ezt a követelményt.

5. ábra

Az MPM-háló jelölése (Roy, 1962)

Korai kezdés	Időtartam	Korai befejezés
Tevékenység neve		
Késői kezdés	Tartalékidő	Késői befejezés

Az 5. ábrában összegeztem a két projektváltozatra vonatkozó lehetséges projektterveket. A logikai hálók felrajzolásánál, ahol nem egy végpontja van a projektnek, bár ezt a projekttervező szoftverek kezelni tudják,

4. táblázat

Lehetséges projektváltozatok, projekttervek ütemezési és erőforrás-terhelési diagramjai
(A hálóban és a terhelési diagramban a szürke különböző árnyalataival jelölt tevékenységek a kritikus úton lévő) tevékenységek, melyek tartalékideje 0.)

	Logikai mátrix	MPM-háló	Erőforrás-terhelés																																										
1. projektváltozat	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	P	M-I	M-T	P		X	X	M-I				M-T																															
	DSM	P	M-I	M-T																																									
P		X	X																																										
M-I																																													
M-T																																													
<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	P	M-I	M-T	P		X	X	M-I			X	M-T																																
DSM	P	M-I	M-T																																										
P		X	X																																										
M-I			X																																										
M-T																																													
2. projektváltozat	<table border="1"> <tr><td>DS</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td><td>S-I</td><td>S-T</td></tr> <tr><td>M</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-I</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>S-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T	M		X	X			P		X	X			M-I				X		M-T					X	S-I						S-T							
	DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T																																							
	M		X	X																																									
	P		X	X																																									
M-I				X																																									
M-T					X																																								
S-I																																													
S-T																																													
<table border="1"> <tr><td>DS</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td><td>S-I</td><td>S-T</td></tr> <tr><td>M</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-I</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T	M		X	X			P		X	X			M-I			X	X		M-T					X	S-I					X	S-T								
DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T																																								
M		X	X																																										
P		X	X																																										
M-I			X	X																																									
M-T					X																																								
S-I					X																																								
S-T																																													
<table border="1"> <tr><td>DS</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td><td>S-I</td><td>S-T</td></tr> <tr><td>M</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-I</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T	M		X	X			P		X	X			M-I			X	X		M-T					X	S-I					X	S-T								
DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T																																								
M		X	X																																										
P		X	X																																										
M-I			X	X																																									
M-T					X																																								
S-I					X																																								
S-T																																													
<table border="1"> <tr><td>DS</td><td>P</td><td>M-I</td><td>M-T</td><td>S-I</td><td>S-T</td></tr> <tr><td>M</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M-I</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>M-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-I</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>S-T</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T	M		X	X			P		X	X			M-I			X	X		M-T					X	S-I					X	S-T								
DS	P	M-I	M-T	S-I	S-T																																								
M		X	X																																										
P		X	X																																										
M-I			X	X																																									
M-T					X																																								
S-I					X																																								
S-T																																													

virtuális tevékenység is bevezethető. A mátrixos jelölés során egy ún. függőségi mátrixot (DSM = Dependency Structure Matrix) használunk, amely jelen esetben nem más, mint a virtuális csúcokat nem tartalmazó logikai háló adjacencia mátrixa. A lehetséges projektterv már egy tevékenység-csomópontú hálóban, pl. egy MPM (Metra Potenciális Módszer)-hálóban az alábbi jelölésekkel felrajzolható (5. ábra).

Ekkor az időadatok felhasználásával az ütemezés, illetve az erőforrás-adatok felhasználásával az erőforrás-terhelés is felrajzolható (4. táblázat).

A 4. táblázatban feltételeztük, hogy a tevékenységek között szigorú vég-kezdés kapcsolat áll fenn, vagyis, ha a megelőző tevékenység befejeződött, akkor akár azonnal kezdődhet az őt követő tevékenység. Azonban a tevékenység-csomópontú ábrázolás nagy előnye, hogy bármely, akár kezdés-kezdés, befejezés-befejezés, vagy kezdés-befejezés kapcsolatokat is meghatározhatunk a tevékenységek között. Ezen túlmenően pedig azt is előírhatjuk, hogy a tevékenységek végrehajtása között maximum mennyi idő telhet el. A tevékenységnyíl típusú hálónál erre nincs lehetőség. Éppen ezért a projekttervező szoftverek inkább a tevékenység-csomópontú hálókat alkalmazását támogatják.

Az ütemezés és erőforrás-tervezés után válaszolni tudunk arra a kérdésre, hogy az ütemtervekben az egyes tevékenységeket **MIKOR** kell elkezdenünk, illetve mikorra kell befejeznünk. Az 5. táblázatban összegeztem az egyes lehetséges projekttervek költség- és erőforrás-szükségletét. A számozás első karaktere a lehetséges projektváltozatra, míg a második az ezen belüli lehetséges projekttervekre utal (5. táblázat).

5. táblázat

Lehetséges projektváltozatok, projekttervek összehasonlítása

Jelölés	Költségigény	Átfutási idő	Maximális erőforrás-szükséglet
1.1.	22 000 €	2 hónap	6 fő
1.2.	22 000 €	3 hónap	4 fő
2.1.	36 000 €	3 hónap	6 fő
2.2.	36 000 €	4 hónap	6 fő
2.3.	36 000 €	4 hónap	6 fő
2.4.	36 000 €	4 hónap	6 fő

Hogyan segítheti a fenti módszer az agilis projektmenedzsment megközelítést? Tegyük fel, hogy a projekt költségkerete 30.000 €, három hónap alatt kell elkészülnünk, és maximum öt főt vonhatunk be a projekt végrehajtásába. A költségigények alapján már a projektváltozatok meghatározása során láthatjuk, hogy

a tervezésen túl csak a kötelező, legszükségesebb funkciók implementálása és tesztelése valósítható meg. Az idő- és az erőforrás-igények figyelembevételével pedig a tevékenységeket sorosan, egymás után kell végrehajtani, hogy ne lépjük túl az erőforrás-igényeket. Ezek alapján az egyetlen (a kereteket nem túllépő) megengedett ütemtervet az első projektváltozathoz tartozó második lehetséges projektterv szolgáltatja. (Bár az első projektterv esetén is ütemezhető későbbre a kötelező funkciók tesztelése, akkor azonban ugyanazt a megvalósítási ütemtervet és erőforrás-terhelési diagramot kapnánk, mint az 1.2. struktúra esetében.)

Ebben az esetben tehát csak azokat a funkciókat valósítottuk meg, amelyek nem lépik túl a korlátként szabott idő-, költség- és erőforráskereteket.

Természetesen nem csak egy, hanem akár több megengedett projektváltozatunk, illetve ezen belül lehetséges projekttervünk lehet. Közülük megfelelő célfüggvény meghatározásával választhatunk. Figyelembe vehetjük a költség-, erőforrás- és időigényeket is, illetve ezen túlmenően tevékenységek megvalósításának fontosságát/valószínűségét, illetve a kapcsolatok valószínűségét is. Erre vonatkozik egy következő példa, amely karbantartási projektek specialitásait kezeli.

Elfeledett módszerek a projekttervezés szolgálatában – avagy körök a projekthálóban?

A következő példa egy karbantartási projekten keresztül mutatja be a körfolyamatok kezelési lehetőségeit. Tekintsük az alábbi egyszerű karbantartási projekt lépéseit. Az időtartamok munkaóraban értendők. A karbantartók sokszor évente, félévente ún. nagyjavítást vagy fővizsgálatot végeznek. Ekkor (szükség esetén):

1. szét is szerelik a berendezést,
2. megvizsgálják valamennyi alkatrész állapotát kopás vagy egyéb károsodás szempontjából,
3. ellenőrzik a beállításokat,
4. a helyszínen elhárítható hibákat kijavítják, a további, az üzemet még nem zavaró hibákat előjegyzik.

Ha a törvény vagy a belső rendelkezések (pl. ciklusidők) előírják, a fő vizsgálatot akkor is el kell végezni, ha a berendezés előtte működőképes volt. Bár a fő vizsgálat során vannak ismétlődő tevékenységek, mindig akadnak olyan megoldandó problémák, amelyek minden fő vizsgálatot egyedivé tesznek.

A gyakorlatban a probléma a 3. és 4. tevékenységekkel van. Ekkor ugyanis a berendezés működőképesége nagyban függ a beállításoktól. A helytelen beállítások akár újabb hibákat okozhatnak, éppen ezért a 3–4. tevékenységeket újra és újra meg kell ismételni. Ez tehát azt jelenti, hogy egy adott p valószínűséggel kör van a hálózatban.

Nagyon kevés projektmenedzser van tisztában az-
zal, hogy létezik olyan módszer, amely képes a köröket
is kezelni. Ezt a módszert 1966-ban (Pritsker, 1966) a
NASA projektjeinek támogatására fejlesztették ki. Az
eljárással kutatási projekteket szerettek volna támogat-
ni, azonban az eljárás a gyakorlatban nem terjedt el.
Ennek oka, hogy egyszerre volt bonyolult, hiszen ki-
értékelésére számítástechnikai kapacitás nélkül szinte
alig mutatkozott remény, ugyanakkor a mai eszközök
számára már korszerűtlen, hiszen tevékenységnyíl típu-
sú hálókkal foglalkozik, amelyek esetén csak a vég-kez-
det kapcsolatok valósíthatók meg. A körök kezelésére
használt alapötlet szerint annak a valószínűsége, hogy
egy tevékenységre vissza kell térnünk, $p < 1$. Ha ugyanis
ez a valószínűség 1 lenne, akkor soha nem lenne vége
az ismétléseknek, és a világ végezetéig e tevékenységek
végrehajtásával lennének elfoglalva. $0 < p < 1$ valószínűs-
ég ismétlés esetén azonban megbecsülhető a tevékeny-

átló alatti jelölések, értékek száma minimális. Az így
átalakított mátrixot partícionált mátrixnak nevezzük.
A minimális visszacsatolások megtalálása után az előző
bekezdésben bemutatott módszer segítségével a körök
feloldhatók. Ekkor a körfolyamatok hosszának várható
értékét tudjuk meghatározni. A 6. táblázatban látható
xPEM-mátrix átlójában a tevékenységek megvalósulá-
sának valószínűségei, az átlón kívül pedig a kapcsola-
tok valószínűségei szerepelnek.

Tegyük fel, hogy az egyes tevékenységekre 4-4
munkaórát, tehát az összes tevékenység elvégzésére 2
munkanapot = 16 munkaórát szánunk. Tegyük fel to-
vábbá, hogy valamennyi tevékenységet 2-2 karbantartó
végez. Ha a 3-4. tevékenységeket eddig a fő vizsgálá-
tok során legalább 1-szer az esetek 20%-ában kellett
megismételni, akkor, ha a körfolyamat valószínűségét
0,2-el becsüljük, az xPEM, az átló elhagyásával az
SNPM-mátrix az alábbi módon írható fel.

6. táblázat

Visszacsatolások feloldása az xPEM-mátrixban

particionáltx PEM-mátrix, visszacsatolás jelölésével							xPEM-mátrix visszacsatolás feloldásával									
Tevékenység	xPEM	1	2	3	4	Idő	Erőforrás	Tevékenység	xPEM	1	2	3	4	Idő	Erőforrás	
	1	1	1			4 mó	2 fő		1	1	1			4 mó	2 fő	
	2		1	1		4 mó	2 fő		2		1	1		4 mó	2 fő	
	3				1	1	4 mó		2 fő	3			1	1	5mó	2 fő
	4		0,2			1	4 mó		2 fő	4				1	5mó	2 fő

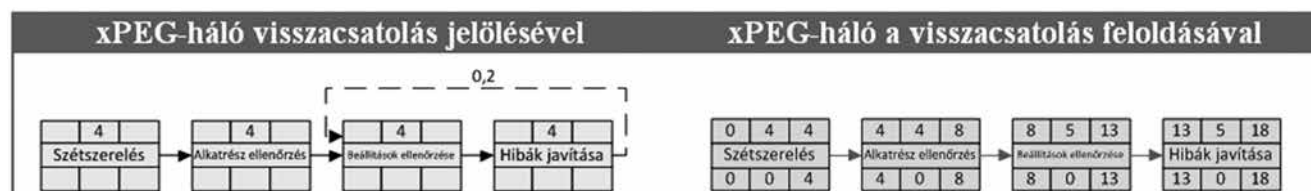
ségek várható értéke. Ha tudjuk, hogy a 3-4. tevékeny-
ségek időtartama $d=d_3=d_4=4$ munkaórát igényel, akkor
mivel az első ismétlés valószínűsége p , a másodiké
 $p \cdot p = p^2$, a harmadiké pedig p^3 és így tovább, a várható
átfutási idő a hatványsorok összefüggéseit felhasznál-
va: $d + p \cdot d + p^2 \cdot d + \dots = d / (1 - p)$ -vel határozható meg.

A visszacsatolások a logikai kapcsolatokat leíró
mátrix átlója alatt jelennek meg. A visszacsatolások
detektálására és minimalálására létezik még megoldás
(a „*Mátrixos tervezési módszerek a projekttervezés
szolgálatában*” című fejezetben túl, Gebala – Eppinger,
1991), mely képes az ilyen visszacsatolások számát mi-
nimálni, vagyis olyan mátrixot meghatározni, ahol az

Ha jelölni szeretnénk egy hálóban a logikai kapcsola-
tokat, akkor erre az előző fejezetben bemutatott rep-
rezentációs gráfot alkalmazhatjuk. Ha az időtartamokat
is jelölni szeretnénk, akkor erre az ún. kibővített pro-
jektzszakértői gráfot alkalmazhatjuk. Ebben az esetben
a lehetséges kapcsolatokat, illetve tevékenység-előfor-
dulásokat szaggatott vonallal jelöljük. A gráfban deter-
minisztikus, vagy akár sztochasztikus időtartamokat
is jelölhetünk. Determinisztikus időtartamok jelölése
esetén a tevékenység-csomópontok jelölése megegyezik
az MPM-hálóban bemutatott jelölésmóddal. A vissz-
szacsatolást itt is értelmezhetjük, illetve feloldhatjuk
(7. táblázat).

7. táblázat

Visszacsatolás feloldása xPEG(extended Project ExpertGraph)-hálóban



Többszintű projekttervezési problémák megjelenítése
xPEM-módszer segítségével

Projektportfólió						Multiprojekt						Program					
Költség- korlát	S ₃	S ₁	S ₄ →S ₂	S ₂	Erőf. csop.	Költség- korlát	S ₃	S ₁	S ₄ →S ₂	S ₂	Erőf. csop.	Költség- korlát	S ₃	S ₁	S ₄ →S ₂	S ₂	Erőf. csop.
4 m€	1	1			A	4 m€	1	1			A	4 m€	1	1	1		A
2 m€		?			A	2 m€		?			B	2 m€		?			B
4 m€			?	?	B	4 m€			?	?	B	4 m€			?	?	B
2 m€					C	2 m€					C	2 m€					C
Időigény	2	3	3	1		Időigény	2	3	3	1		Időigény	2	3	3	1	

Lehetséges projektváltozatok és projekttervek
(PP = projektportfólió, MP = multiprojekt, Pr = program)

Megvalósított részprojektek	Projekttervek	Átfutási idő (hónap)	Költségek (m€)	Erőforrások
S ₁ -S ₄		6	12	A, B, C
		5		
S ₂ -S ₄		6	10	A, B, C (Pr) B, C (PP, MP)
		4		
		5		
		3		
S ₁ , S ₃		5	6	A (PP) A, B (MP, Pr)
S ₃		2	4	A

A 3-4. tevékenységeket $p=0,2$ valószínűséggel újra végre kell hajtani, így $E(t_3)=E(t_4)=d_3/(1-p)=d_4/(1-p)$, ahol $E(t_3)$, $E(t_4)$ 3., illetve 4. tevékenység várható időtartama, d_3 , d_4 pedig e tevékenységek időszükséglete egyszeri végrehajtás esetén.

Ebben a fejezetben már láthattuk, hogy a mátrix celláiban számok is szerepelhetnek. Ezek a számok tükrözhetnek valószínűségeket, de bármilyen ún. *score* érték is szerepelhet, ami kifejezheti a tevékenység megvalósításának fontosságát, vagy éppen a kapcsolatok erősségét.

A következő fejezetben a kiválasztásra, illetve a lehetséges projektváltozatok rangsorolására láthatunk egy példát.

Projektportfóliók kezelése, többszintű mátrixtervezési eljárás kialakítása

A fenti mátrixos tervezési eljárás segítségével jól szemléltethető egy a *Multiprojekt = multiprobléma* című fejezetben tárgyalt projektportfólió, multiprojekt, vagy éppen egy program közötti különbség. A „*Mátrixos tervezési módszerek a projekttervezés szolgálatában*” című fejezetben bemutatott klaszterezés segítségével az egyes összefüggő projektek jól azonosíthatók.

A 8. táblázatban látható 4 (S₁-S₄) részprojektből álló projekttervünk egy klaszterezés után két részprojekttel tartalmazó csoportra bomlott szét. Az első csoport az S₁ és S₃ részprojekteket tartalmazza, melyek közül az S₁-et kötelező megvalósítanunk, az S₂-t viszont elhagyhat-

juk. Ha azonban S_2 -t megvalósítjuk, akkor azt S_1 után végezhetjük csak el. A másik csoportba az S_4 és S_2 részprojekt tartozik. Az implikációművelettel azt is előírjuk, hogyha S_4 -et megvalósítjuk, akkor S_2 -t is meg kell valósítanunk. Ekkor a végrehajtás történhet sorosan, vagy akár párhuzamosan is. A menedzsment egy-egy projektmenedzsment bízhat meg a két részprojektet tartalmazó projekt koordinálására. Látható, hogy az első két esetben a csoportok között nincs semmilyen logikai kapcsolat. A projektportfólió és a multiprojekt között az a különbség, hogy a multiprojektben van egy közös erőforrás (B), míg a projektportfóliókban a projektek között nincs logikai kapcsolat, és az erőforrások sem közősek. A programban az S_1 , S_3 -at és S_2 , S_4 -et tartalmazó projekt között logikai kapcsolat is van. Az S_4 -et ugyanis S_3 megvalósítása után lehet csak elkezdni. Ha feltételezzük, hogy a részprojektek időtartamai hónapokban vannak megadva, akkor a 9. táblázatban (előző oldal) látható lehetséges projektterveket kaphatjuk.

A 9. táblázatból látható, hogy a különböző projektterveknek eltérő az idő-, költség- és erőforrás-szükséglete. Ezenkívül még figyelembe vehetjük a részprojektek megvalósítási fontosságát is. Ekkor azonban olyan komplex problémához jutunk, amelyet már csak genetikai algoritmusok segítségével tudunk kezelni.

Genetikai algoritmusok a projekttervezés új generációjának szolgálatában

A 9. táblázatból látható, hogy más-más sorrendet kapnánk, ha költségekre, prioritásokra, vagy éppen átfutási időre optimalnánk. A célfüggvények kialakításánál fontos szempont, hogy a menedzser milyen projektterveket részesít előnyben. Azokat, amelyek rövid átfutási idővel minél több tevékenységet valósítanak meg, vagy azokat, amelyek költség- és erőforrásigénye minimális. Bár a célfüggvények megalkotása a menedzsmenttel közös feladatunk lehet, a módszer kivitelezőinek számára nagyon fontos, hogy az egyes célfüggvényeket a projektváltozatok, vagy a lehetséges projekttervek szintjén határozzuk meg. Ebben segít a 10. táblázat.

10. táblázat

Célfüggvények megjelenése

Leggyakrabban alkalmazott célfüggvénykomponensek	Mely szinten jelennek meg?	
	Projektváltozat	Projektterv
Maximális prioritás	X	X
Átfutási idő minimalizálása		X
Költségek minimalizálása	X	
Erőforrásigény minimalizálása	X	X

Ahogy azt az előző példákban láthattuk, a lehetséges projekttervekhez két lépésben jutunk. A projektváltozatok meghatározása során azonban lehet olyan célfüggvényt találni, amely a költségkereteket és átlagos erőforrásigényt nem túllépve a legfontosabb tevékenységeket tartalmazó projektváltozatokat tartalmazza. A lehetséges projekttervek szintjén cél lehet az erőforrás-korlátot nem túllépő vagy kiegyenlített erőforrásigényekkel rendelkező lehető legrövidebb projektterv megtalálása.

A maximális prioritás mind a projektváltozat, mind a lehetséges projekttervek szintjén értelmezhető. Az átfutási időt a projekttervek szintjén tudjuk meghatározni. Értéke nagyban függ attól, hogy a tevékenységeket sorosan vagy párhuzamosan hajtjuk végre. A költségigények projektváltozat szintjén már eldőlnek. Itt derül ki, hogy mely tevékenységek megvalósítását kell kifizetnünk. Az időigényeket azonban csak a projekttervek szintjén tudjuk meghatározni.

Azt, hogy milyen típusú erőforrásokra lehet szükségünk, a projektváltozat szintjén tudjuk meghatározni, ugyanakkor az átlagos erőforrásigények a megvalósítandó tevékenységek erőforrásigényeinek és a lehetséges projektterv átfutási idejének hányadosai lesznek.

A célfüggvény során ezeket a komponenseket egy referenciaértékhez fogjuk viszonyítani, így négy darab relatív értéket fogunk kapni. Aggregált jósági függvény esetén e négy komponens súlyozott szorzata jelenik meg. Ha valamelyik értékkel túlléptünk egy előre meghatározott korlátot, akkor az a komponens 0-vá válik, így az egész célfüggvény értéke 0 lesz.

Több szempontú genetikai algoritmus alkalmazása esetén ezt a célfüggvényt 4 részre szeparáljuk. Így könnyebben lehet kezelni pl. az idő- és erőforrásigények közötti kapcsolatot.

A harmadik lehetőség, amelyet ebben a tanulmányban követtem, az a többszintű genetikai algoritmus alkalmazása. Itt lehetőség van ugyanis arra, hogy külön jósági függvényt határozzunk meg a projektváltozat és a lehetséges projekttervek szintjére. A módszer tehát először projektváltozatokat generál, melyeket SNPM mátrixokkal jellemezhetünk, majd ezekből generálunk lehetséges projektterveket (projektstruktúrákat), amelyeket DSM-mátrixszal reprezentálhatunk. Kutatócsoportunk további tagjai a másik két utat választották, így egy későbbi tanulmányban e megközelítések eredményeit is be tudjuk mutatni.

A jósági függvény megalkotása után a következő lépés a populáció generálása. A projektváltozatokra és a lehetséges projekttervekre is külön célfüggvényt határoztunk meg, hiszen a lehetséges projektterveket két

lépésben számítjuk ki. Megkülönböztetjük a projektváltozatok és projekttervek populációját. A projektváltozatok populációjának generálása során a bizonytalan tevékenységek vehetnek fel véletlenszerűen 0 vagy 1 értéket. Az 1 azt jelenti, hogy a tevékenységet megvalósítjuk, a 0 pedig azt, hogy elhagyjuk. Ekkor a mátrixban az adott sor és oszlop is eltűnik. A következő fázisban, melyben a projektterveket generáljuk, szintén a bizonytalan rákövetkezési relációk kaphatnak 0 vagy 1 értéket. A 0 azt jelenti, hogy a két tevékenység között nincs kapcsolat, az 1 pedig a rákövetkezési relációra utal. A költségeket és a projektváltozatok prioritását projektváltozat szintjén, az átfutási időket, erőforrásigényeket projekttervek szintjén határozzuk meg, és a kapott értékeket a jósági függvénybe behelyettesítve kapjuk a projektváltozat jósági (angolul: *score*) értékét. A *szелекció* itt azt jelenti, hogy azon projektváltozatok/projekttervek kerülnek be nagyobb valószínűséggel a következő generációba, amelyek jósági értékei magasabbak.

Az első lépésben, melyben az átlóban szereplő bizonytalan tevékenység-előfordulások 0-t vagy 1-et vesznek fel, az egyed egy-egy projektváltozatot jelent. Ha a bizonytalan kapcsolatokhoz is 0-t vagy 1-et rendelünk, akkor a következő szinten az egyedünk már egy lehetséges projektterv lesz.

A genetikus algoritmusok további fontos operátorai a mutáció és a keresztezés. A mutáció itt azt jelenti, hogy azon bizonytalan kapcsolatok/tevékenység-előfordulások, amelyek 0-t vagy 1-et vettek fel egy egyed meghatározása érdekében, véletlenszerűen ellenkezőjükké válnak. 0-ból 1, 1-ből 0 lesz. A keresztezés pedig egy 0-kból és 1-esekből álló szekvenciasor „összszekeveredését” fogja jelenteni.

Eredményül az adott célfüggvényre vonatkozó, előre meghatározott számú (pl. 50-100) projektváltozat a célfüggvény szerint csökkenő sorrendbe tett listáját adhatjuk. Ekkor már a projektmenedzser feladata lesz a lehetséges változatokból választani. Ez a rendszer tehát szakértői rendszerként ráépülhetne a 3. ábrán javasolt módon a már meglévő projekttervező szoftverekre, ezáltal nemcsak az operatív, hanem a stratégiai funkciókat is támogathatná.

Esetpélda

Ebben a fejezetben egy multinacionális vállalat karbantartási multiprojektjeit tekintettük. Mivel a cég nem járult hozzá, hogy nevét, illetve a részprojektek nevét közöljük, így a kérdéses részprojekteket RP_1 - RP_4 -nek neveztük el.

Az esetpéldánkban szereplő multinacionális vállalat az alábbi módon rangsorolja karbantartási projektjeit:

1. **Jogszabályi kötelezettség:** Ebbe azon részprojekteket sorolja a vállalat, amelyek teljesítése jogszabályi kötelezettség alá esik.
2. **Veszélyes üzem kategória:** Ebbe azon karbantartással kapcsolatos részprojektek tartoznak, amelyeknél ha az adott rendszereket nem vagy helytelenül tartják karban, akkor komoly egészségbiztonsági vagy környezeti károsodás következhet be.
3. **Üzleti kockázati kategória:** Ebbe azok a karbantartási részprojektek tartoznak, amelyeknél az adott rendszerek helytelen karbantartása esetén kockázatelemzési alapon ronthatják a vállalat nyereségét. Ebben az esetben a kockázatelemzésnek ki kell terjednie az esemény bekövetkezésének valószínűségére és nagyságrendjére is.
4. **Tartalékkategória:** Ebbe olyan részprojekteket sorol a vállalat, melyek megvalósításánál a nem tervezett váratlan, figyelmet érdemlő események, vészhelyzetek, üzemzavarok elhárításán van a hangsúly.

Az első két kategóriába tartozó részprojekteket tehát kötelező elvégezni; vagy azért, mert jogszabály írja elő, vagy azért, mert e részprojekt elhagyása egészségkárosodást vagy komoly környezeti veszélyt okozhat.

Azon tevékenységek/részprojektek (relatív) fontosságát, amelyeket mindenképpen el kell végeznünk, a legmagasabb relatív értékkel, 1-essel jelöljük a mátrixban.

Az üzleti és a tartalékkategóriába tartozó karbantartási projektek prioritási értékének meghatározására számos lehetőségünk van. Az egyik, talán leggyakrabban alkalmazott megoldás, melyet az adott vállalat is alkalmaz, az FMEA-elemzés (lásd pl. Seyed-Hosseini et al., 2006; Teoh – Case, 2004). Az FMEA-elemzésnél legalább három szempont szerint értékelnünk kell a kockázati tényezőket, általában egy 1–10 skálán: gyakoriság, súlyosság, felismerhetőség. Természetesen további tényezőket is figyelembe vehetünk (lásd pl. Hu et al., 2009), azonban az ún. kockázatprioritási érték ($RPN = Risk Priority Number$) valamennyi esetben a tényezők szorzataként vagy a szorzat n -edik gyökeként jelenik meg, ahol n a tényezők számát jelöli. Mind a tényezők, mind az RPN -érték szerint meghatározhatunk ún. kritikus értékeket, amit ha túllépünk, mindenképpen be kell avatkoznunk, tehát az üzleti kategóriába tartozó részprojekt is kaphat kötelező végrehajtást előíró 1-es prioritást. A kritikus érték alatti RPN -értékekre 0–1 között bármilyen szám meghatározható. Egyedül a 0,5-ös szám kötött. A 0,5 feletti értékekkel rendelkező tevékenységeket/részprojekteket, ha erre idő-, költség- és erőforráskorlátaink lehetőséget biztosítanak, inkább megvalósítjuk, míg a 0,5 vagy az alatti prioritással

rendelkező tevékenységeket inkább későbbi időpont-ra ütemezzük át. Az RPN-értékeket 0–1 intervallumra bármely monoton transzformációval átkonvertálhatjuk, ez a lehetséges projektváltozatok sorrendjét nem fogja befolyásolni.

A vállalatnál az alábbi négy részprojektet (RP_1, RP_2, RP_3, RP_4) tekintjük, melyekre felírható az xPEM-mátrix. Az első részprojekt megvalósítását, mely a berendezések ötvenkénti fő vizsgálata, jogszabály írja elő. A 2. és 3. részprojekt üzleti kategóriába tartozik, mely a félévenkénti szerkezeti vizsgálatot jelöli. E két projekt közül csak az egyik valósítandó meg, a másik pedig a következő fél évben. Tartalékkategóriába tartozik a vizsgált berendezések havi pontosság-vizsgálata. A szerkezeti vizsgálatot nem kötelező, de célszerű a fő vizsgálattal együtt végezni. A pontosságvizsgálatot pedig a fő és a szerkezeti vizsgálatok után végezzük. A pontértékek szakértői vélemények alapján alakultak ki az RPN-számok olyan transzformációjaként, amely során figyelembe vesszük, hogy az 1-es érték esetén mindenképpen megvalósítjuk a részprojektet, 0,5-ös érték esetén pedig inkább beválasztjuk a portfólióba. Mivel a következő hónapban mind a fő, mind a szerkezeti, mind pedig a pontosság-vizsgálatok esedékesek, így el kell döntenünk, hogy mely részprojekteket milyen sorrendben valósítsunk meg (11. táblázat).

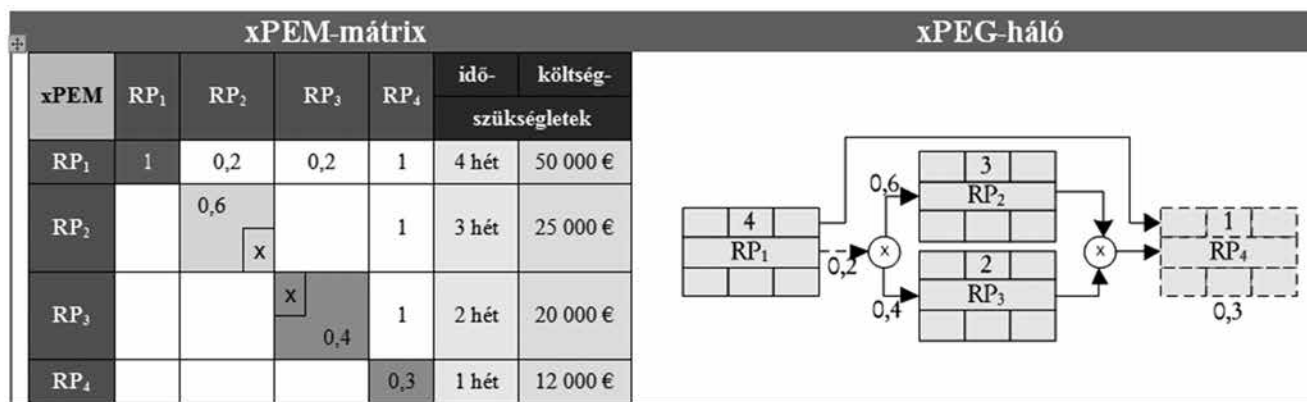
feltételes valószínűségekkel súlyozott összege lenne. Mivel azonban ezek a számok most nem valószínűségeket jelölnek, így ilyen várható átfutási idő sem határozható meg.

Határozzuk meg először a lehetséges projektváltozatokat, valamint számítsuk ki ezek relatív fontosságát, és ez alapján tegyük sorba az egyes projektváltozatokat! A projektváltozatok relatív prioritásának meghatározásához kihasználjuk, hogy ha egy tevékenység/részprojekt megvalósításának fontossága $0,5 < p < 1$ között van, akkor – ha az idő- és költségkorlátok ezt lehetővé teszik – megvalósítjuk, és $0 < 1 - p < 0,5$ számot rendelünk ahhoz, hogy az adott tevékenységet/részprojektet ne valósítsuk meg. Ugyanígy, ha a tevékenység relatív fontossága nem haladta meg a 0,5-öt, akkor ahhoz, hogy ezt a tevékenységet/részprojektet ne valósítsuk meg, szintén a fontosság egy mínusz egyszeresét rendeljük.

Ahhoz, hogy sorrendbe tudjuk rakni a projektváltozatokat, meg kell először határozni a projektváltozatok fontosságát. A projektváltozatok relatív fontosságát a tevékenységek relatív fontosságának geometriai átlagaként definiálhatjuk. Ezt nevezzük a továbbiakban a projektváltozatok prioritási értékének (PSPN = Priority Number of Project Scenario). Csak a bizonytalan megvalósítású részprojekteket/tevékenységeket figyelembevételével egy ún. bizonytalansági index számítható (PSUI = Uncertainty Index of Project Scenario).

11. táblázat

Projektszakértői mátrix, projektszakértői gráf



A projektszakértői gráfban azokat a tevékenységeket, melyek megvalósulása bizonytalan, hasonlóan a bizonytalan kapcsolatok jelöléséhez, szaggatott vonallal jelöljük. Bizonytalan részprojekt a 4-es részprojekt. Az 1-es részprojekt megvalósítása kötelező, a 2-es a 3-as közül pedig az egyik részprojektet el kell végeznünk.

Amennyiben ezek a számok valószínűséget jelölnének, úgy kiszámítható lenne a projekt várható átfutási ideje, amely a projektváltozatok átfutási idejének

Ekkor n' gyökét vesszük a prioritások szorzatának, ahol n' a bizonytalan megvalósítású tevékenységek száma. Jelen esetben ez 2, hiszen RP_4 relatív fontossága 0,3, míg ugyan RP_2 és RP_3 megvalósítása is bizonytalan, de közülük csak az egyiket valósíthatjuk meg.

Ezek alapján a lehetséges projektváltozatok SNPM-mátrixai, reprezentációs gráfjai, valamint a projektváltozatokat jellemző értékek a következőképpen számíthatók (12. táblázat).

Projektváltozatok jellemző értékei

SNPM-mátrix	Reprezentációs gráf	P=Prioritások szorzata	PSPN	PSUI																
<table border="1"> <tr><td>SNPM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>0,2</td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td></tr> </table>	SNPM	RP ₁	RP ₂	RP ₁		0,2	RP ₂				$1 * 0,6 * (1 - 0,3) = 0,42$	$\sqrt[3]{0,42} \approx 0,75$	$\sqrt[2]{0,42} \approx 0,65$							
SNPM	RP ₁	RP ₂																		
RP ₁		0,2																		
RP ₂																				
<table border="1"> <tr><td>SNPM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>0,2</td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td></tr> </table>	SNPM	RP ₁	RP ₃	RP ₁		0,2	RP ₃				$1 * 0,4 * (1 - 0,3) = 0,28$	$\sqrt[3]{0,28} \approx 0,65$	$\sqrt[2]{0,28} \approx 0,53$							
SNPM	RP ₁	RP ₃																		
RP ₁		0,2																		
RP ₃																				
<table border="1"> <tr><td>SNPM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>0,2</td><td>1</td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	SNPM	RP ₁	RP ₂	RP ₄	RP ₁		0,2	1	RP ₂			1	RP ₄					$1 * 0,6 * 0,3 = 0,18$	$\sqrt[3]{0,18} \approx 0,56$	$\sqrt[2]{0,18} \approx 0,42$
SNPM	RP ₁	RP ₂	RP ₄																	
RP ₁		0,2	1																	
RP ₂			1																	
RP ₄																				
<table border="1"> <tr><td>SNPM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>0,2</td><td>1</td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	SNPM	RP ₁	RP ₃	RP ₄	RP ₁		0,2	1	RP ₃			1	RP ₄					$1 * 0,4 * 0,3 = 0,12$	$\sqrt[3]{0,12} \approx 0,49$	$\sqrt[2]{0,12} \approx 0,35$
SNPM	RP ₁	RP ₃	RP ₄																	
RP ₁		0,2	1																	
RP ₃			1																	
RP ₄																				

Lehetséges projekttervek meghatározása

Jel	DSM-mátrix	MPM-háló	Költség	Átfutási idő																
1.1.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₁			RP ₂				75 000 €	4 hét							
DSM	RP ₁	RP ₂																		
RP ₁																				
RP ₂																				
1.2.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₁		X	RP ₂				75 000 €	7 hét							
DSM	RP ₁	RP ₂																		
RP ₁		X																		
RP ₂																				
2.1.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₁			RP ₃				70 000 €	4 hét							
DSM	RP ₁	RP ₃																		
RP ₁																				
RP ₃																				
2.2.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₁		X	RP ₃				70 000 €	6 hét							
DSM	RP ₁	RP ₃																		
RP ₁		X																		
RP ₃																				
3.1.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₄	RP ₁			X	RP ₂			X	RP ₄					87 000 €	5 hét
DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₄																	
RP ₁			X																	
RP ₂			X																	
RP ₄																				
3.2.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₂</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₂</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₄	RP ₁		X	X	RP ₂			X	RP ₄					87 000 €	8 hét
DSM	RP ₁	RP ₂	RP ₄																	
RP ₁		X	X																	
RP ₂			X																	
RP ₄																				
4.1.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₄	RP ₁			X	RP ₃			X	RP ₄					82 000 €	5 hét
DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₄																	
RP ₁			X																	
RP ₃			X																	
RP ₄																				
4.2.	<table border="1"> <tr><td>DSM</td><td>RP₁</td><td>RP₃</td><td>RP₄</td></tr> <tr><td>RP₁</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₃</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>RP₄</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₄	RP ₁		X	X	RP ₃			X	RP ₄					82 000 €	7 hét
DSM	RP ₁	RP ₃	RP ₄																	
RP ₁		X	X																	
RP ₃			X																	
RP ₄																				

Ha jól megfigyeljük, a prioritások szorzatainak összege 1-et fog adni, hiszen ha ezek az értékek valószínűségek lennének, akkor teljes eseményrendszert kell kapnunk, vagyis a négy lehetséges projektváltozat valószínűségeinek összege megadja a biztos eseményt. Itt azonban nem valószínűségekkel számolunk. Az 1-es érték csak azért jött ki, mert a kizáró vagy operátor által összekapcsolt tevékenységek együttes értéke 1-et eredményezett. Ez valószínűség esetén elvárt, hiszen ha p valószínűséggel valósítom meg az egyik tevékenységet, akkor kizárólagosság esetén $1-p$ -vel valósíthatom meg a másikat.

Látható, hogy négy lehetséges projektváltozatunk van. Ügyesen kiválasztva a megvalósítandó tevékenységeket, a prioritások szorzata, illetve ezek monoton transzformációi, a PSPN- és PSUI-értékek mind csökkenő értéket vesznek fel. Ha csak a prioritásokat kell figyelembe venni, akkor erre már létezik gyors algoritmus, amelyet korábbi tanulmányunkban közöltünk (Kosztyán – Kiss, 2011), azonban ha több célfüggvény, pl. idő-, költség- és erőforrás-szükséglet együttes figyelembevétele a cél, akkor a megfelelő projektváltozat kiválasztásában a genetikusan algoritmusok lehetnek segítségünkre. Itt a feladat egy jó, komplex jósági függvény megalkotása. Egy ilyen jósági függvény (angolul *fitness function*) meghatározása nem könnyű feladat. Nézzük meg pl., hogy erre a feladatra vonatkozóan hogyan alakul a nyolc lehetséges projektterv átfutási ideje, költségigénye, és ezek alapján különböző jósági függvények esetén milyen sorrendet kapunk.

A költségigények már a projektváltozatok meghatározásánál kiderülnek. Az átfutási idők kiszámításához azonban meg kell határozni a projektterveket is (13. táblázat).

Genetikusan algoritmusok futási eredményei

A fenti projekttervet akár manuálisan is kiszámíthatjuk, ugyanakkor a több bizonytalan kapcsolatot, illetve több bizonytalan megvalósítást is figyelembe vevő mátrix kiértékelése időigényes feladat lehet. Ezért más módszerrel, pl. genetikusan algoritmusok segítségével lehet meghatározni a lehetséges projektváltozatokat, illetve projektterveket.

Mivel az ütemezést gyors algoritmusokkal már polinomiális időben el lehet végezni, valamint az átlagos erőforrásigényt, amely egy kiegyenlítési algoritmus célfüggvénye lehet, szintén gyorsan meg lehet határozni, a módszer lefutását a lehetséges projektváltozatok, illetve projekttervek száma fogja befolyásolni. Tesztünkben olyan projekttervből indultunk, mely 500 tevékenységet és 2500 kapcsolatot tartalmazott a tevé-

kenységek között. Minden tevékenység tartalmazott közvetlen költségigényt, illetve nyolc különféle megújuló erőforrásigényt. A szimulációkban a tevékenységek 1, 5, 10 és 15%-át választottuk ki véletlenszerűen. Ezek biztos előfordulását állítottuk át bizonytalanra. Ugyanígy a tevékenységek közötti kapcsolatok 1, 5, 10 és 15%-a változott biztosról bizonytalanra. A célfüggvény minimalizálta az átfutási időt, a költség- és az erőforrásigényeket, és maximalizálta a projektváltozat, projektterv megvalósítási valószínűségét/fontosságát. A költségek tevékenységek elhagyásával csökkenthetők, ugyanakkor, ha a tevékenységek megvalósítási fontosságát is figyelembe vesszük, akkor minél több fontosnak ítélt (0,5 feletti értékkel rendelkező) tevékenységet szeretnénk megtartani. A lehetséges projekttervek szintjén vizsgálódva, a legkorábbi kezdésre ütemezve az egyes struktúrákat elmondható, hogy ha a tevékenységek közötti kapcsolatok száma csökken, akkor a párhuzamos végrehajtás fog dominálni, ugyanakkor a párhuzamos végrehajtás több erőforrást igényel. A 14. táblázat mutatja a genetikusan algoritmusokkal végzett számítások eredményét, ahol a maximális számítási idő 30 perc lehetett.

Ez a szimuláció azt a lehetséges valós felhasználást próbálja meg szimulálni, amikor a felhasználó egy kezdeti projekttervben bejelöli azokat a tevékenységeket, illetve kapcsolatokat, melyek elhagyhatók. A kapcsolatok elhagyásával, a legkorábbi kezdésre ütemezve az erőforrásigények fognak megnövekedni, míg az átfutási idő lerövidülhet. A tevékenységek elhagyása a költségeinket csökkentheti, ugyanakkor a megvalósítási prioritásokból számolt projektváltozat prioritási értékét fogja csökkenteni (14. táblázat).

Összefoglalás, jövőbeni kihívások

A módszerek kidolgozását gyakorlati problémák ihlették. Vizsgáltuk információszervező rendszerek bevezetését, magyarországi multinacionális vállalat multiprojektgyakorlatát, melyekből több publikáció (Kosztyán et al., 2010; Kiss et al., 2011) is készült. Genetikusan algoritmusokat tesztjelleggel már kifejlesztettünk, eredményeinket szintén publikációkban közzeltük (Kosztyán et al., 2010). Jelenleg olyan informatikai vállalat segítségét várjuk, mellyel ez a módszer egy projektszakértői rendszerben ölthetne testet.

Véleményem szerint e módszer a hagyományos projekttervezés stratégiai szintű támogatását is segíti, de az agilis projektmenedzsment megközelítések szolgálatában is állhat.

A 6. ábra mutatja a javasolt módszerek egymásra épülését, illetve a megalkotandó projekt-szakértői rendszerek feladatait.

Szimuláció eredménye

Projektváltozatok			Lehetséges projekttervek			
Bizonytalan tevékenységek aránya %	Megvaló- sítandó tevé- kenységek %	Költségigény %	Bizonytalan kapcsolatok aránya %	Megvalósítandó kapcsolatok %	Időigény %	Erőforrás-igény %
1	99,5	99,2	1	99,4	90,4	104,5
			5	98,2	85,5	108,5
			10	90,5	80,2	110,4
			15	87,6	74,2	125,1
5	97,4	97,1	1	94,7	88,4	100,2
			5	91,2	83,1	104,3
			10	87,5	78,6	107,7
			15	81,7	71,2	111,2
10	95,1	93,8	1	82,3	84,1	98,7
			5	77,8	80,1	100,1
			10	71,2	77,7	104,4
			15	69,9	70,1	107,9
15	90,6	88,2	1	68,4	81,9	92,4
			5	64,7	74,5	98,1
			10	61,8	71,2	100,6
			15	58,7	67,2	105,5

6. ábra

Javasolt projektszakértői rendszer felépítése, a javasolt tervezési eszközök egymásra épülése



Köszönetnyilvánítás

„Jelen tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.”

Felhasznált irodalom

- Blichfeldt, B.S. – Eskerod, P.* (2008): Project portfolio management – There’s more to it than what management enacts. *International Journal of Project Management*, Vol. 26: p. 357–365.
- Brucker, P. – Drexler, A. – Möhring, R.H. – Neumann, K. – Pesch, E.* (1999): Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models and methods. *European Journal of Operational Research*, Volume 112, Issue 1: p. 3–41.
- Camara, A.W.* (1968): An Automated Pert/cpm Production Scheduling Application on the UNIVAC III, Defense Technical Information Center
- Chaos Manifesto 2012*, Standish Group
- Chen, S. – Lin, L.* (2002): A Project Task Coordination Model for Team Organization in Concurrent Engineering. *Concurrent Engineering*, 10: p. 187–202.
- Compare Gebala, D.A. – Eppinger, S. D.* (1991): Methods for analyzing design procedures. in: *Proceedings of 3rd International ASME Conference on Design Theory and Methodology*, 1991: p. 227–233.
- Crawford, L. – Pollack, J. – England, D.* (2006): Uncovering the trends in project management: Journal emphases over the last 10 years. *International Journal of Project Management*, 24 (2006): p. 175–184.
- Dalcher, D. – Brodie, L.* (2007): *Successful IT Projects*. Andover: CengageLearning EMEA, ISBN-13: 9781844806997 / ISBN-10: 1844806995
- Eisner, H.* (1962): A Generalized Network Approach to the Planning and Scheduling of a Research Project. *Operation Research*, 1962, Vol 10, No. 1: p. 115–125.
- Evaristo, R. – van Fenema, P.C.* (1999): A typology of project management: emergence and evolution of newforms. *International Journal of Project Management*, 1999;17(5): p. 275–281.
- Eveleens, L. – Verhoef, C.* (2010): The Rise and Fall of the Chaos Report Figures. *IEEE Software*, 2010/10: p. 30–36. ISSN: 0740-7459
- Fogel, L.J. – Owens, A.J. – Whals, M.J.* (1966): *Artificial Intelligence through Simulated Evolution*. Chichester: Wiley
- Gantt, H.L.* (1974): *Work, Wages and Profit*. The Engineering Magazine, New York, 1910; republished as *Work, Wages and Profits*, Easton, Pennsylvania, Hive Publishing Company, 1974, ISBN 0-87960-048-9
- Hans, E.W. – Herroelen, W. – Leus, R. – Wullink, G.* (2007): A hierarchical approach to multi-project planning under uncertainty. *Omega*, Vol. 35: p. 563–577.
- Holland, J. H.* (1975): *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor
- Hu, A.H. – Hsu, C.W. – Kuo, T.C. – Wu, W.C.* (2009): Risk valuation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*, 2009: p. 7142–7147., ISSN 0957-4174
- Kastor, A. – Sirakoulis, K.* (2009): The effectiveness of resource levelling tools for Resource Constraint Project Scheduling Problem. *International Journal of Project Management*, Vol. 27: p. 493–500, 2009, Elsevier Science Ltd
- Kelley, J. – Walker, M.* (1959): *Critical-Path Planning and Scheduling*. 1959 Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference
- Kelley, J.* (1961): *Critical Path Planning and Scheduling: Mathematical Basis*. *Operations Research*, Vol. 9, No. 3, May–June
- Kiss, J. – Kosztyán, Zs.T. – Németh, A. – Bognár, F.* (2011): Matrix-based methods for planning and scheduling maintenance projects. *Proceedings of the 13th International DSM Conference**, Cambridge, MA, USA, 14-15 September 2011: p. 421–434, Carl Hanser Verlag, Munich, ISBN 978-3-446-43037-2
- Kiss, J. – Kosztyán, Zs.T.* (2010): Using PEM as a knowledge management tool – How can be used earlier experience at new IT and innovation projects? *KMO (Knowledge Management in Organizations) 2010*, Veszprém, May 18-19, 2010: p. 204–217.
- Kiss, J.* (2012): Next generational applications – Supporting the planning phase of projects. *World Congress on Information Technology*. Barcelona, Spain, 2012. november 14–16. (proceedings megjelenés alatt)
- Kiss, J.* (2013): *Mátrixalapú logikai projekttervezési módszerek*. Munkahelyi vitára beküldött PhD.-disszertáció. *Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola*, Veszprém: Pannon Egyetem
- Kosztyán, Zs.T. – Hegedűs, Cs. – Kiss, J.* (2010): *Developing Expert System for Managing Maintenance Projects*. 2nd International Conference on Software, Services and Semantic Technologies, Varna, Bulgaria, 11-12 September 2010: p. 218-225., Printed by Demetra EOOD, 2010, Sofia ISBN 978-954-9526-71-4.
- Kosztyán, Zs. T. – Hegedűs, Cs. – Kiss, J. – Cserti, P. – Németh, A. – Borbás, I.* (2010): *Projektszakértői rendszer projektek menedzselésére*. XXII. Nemzetközi Karbantartási Konferencia, Veszprém, 2010. június 7–8.: p. 178–193.
- Kosztyán, Zs.T. – Hegedűs, Cs. – Kiss, J. – Németh, A.* (2010): *Handling Maintenance Projects with Matrix-based Methods*. *International Joint Conference on Computer, Information and System Sciences and Engineering (CISSE 10) – International Conference on Industrial Electronics, Technology & Automation (IETA 10)*, 3-12 December, 2010 (<http://cisse2010.org>)
- Kosztyán, Zs.T. – Kiss, J.* (2010): *PEM – A new matrix method for supporting the logic planning of software development projects*, 12th International Dependency and Structure Modelling Conference, DSM’10, 22-23 July 2010, Cambridge, UK

VEZETÉSTUDOMÁNY

- Kosztján, Zs. T. – Kiss, J.* (2011): Mátrixalapú projekttervezési módszer. *Vezetéstudomány*. 2011/10.: p. 28–43.
- Kosztján, Zs. T. – Kiss, J.* (2011): Matrix-based project planning methods. *Problems of Management in the 21st Century* 2011, Vol. 1, Issue 1: p. 67–85.
- Kosztján, Zs.T. – Fejes, J. – Kiss, J.* (2008): Handling stochastic network structures in project scheduling. *Szigma XXXIX.*: p. 85-103.
- Lin, E.Y.H.* (1991): The Role of The Activity Adjacency Matrix in the Critical Path Method. *Association for Computing Machinery*, Volume 21(3): p. 14-20.
- Németh, A. – Ifj. Péczely, Gy. – Kosztján, Zs. T.* (2011): Karbantartási tevékenységek mátrixos projekttervezése. XXIII. Nemzetközi Karbantartási Konferencia, Veszprém, 2011. június 6-7.: p. 173-182. ISBN 978-615-5044-16-8
- Pritsker, A.A.B.* (April 1966). GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. RM-4973-NASA. National Aeronautics and Space Administration under Contract No. NASr-21. Retrieved 2006-12-05.
- Roy, B.* (1962): Graphes et ordonnancements. *Revue Française de recherche operationelle*. nr. 25, 6 (1962.10): p. 323.
- Seyed-Hosseini, S.M. – Safaei, N. – Asgharpour, M.J.* (2006): Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. *Reliability Engineering and System Safety*, 2006: p. 872–881., ISSN 0951-8320
- Steward, D.* (1981): *System Analysis and Management: Structure, Strategy, and Design*. New York: Petrocelli Books
- Tang, D.– Zhu, R. – Tang, J.– Xu, R. – He, R.* (2009): Product design knowledge management based on design structure matrix. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 24(2): p. 159–166.
- Teoh, P.C. – Case, K.* (2004): Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. *Journal of Materials Processing Technology*, 2004: p. 253-260., ISSN 0924-0136
- Thebeau, R.E.* (2001): *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
- Tierstein, L.M.* (1997): *Managing a Designer/2000 Project*. New York Oracle User Group. Fall ,97. <http://www.wrsystems.com/whitepapers/managedes2k.pdf>. Retrieved 2008-05-31.
- Wysocki, R.K.* (2009): *Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme*, 3rd Edition, Chichester: Wiley and Sons Inc, ISBN: 0471432210
- Yassine, A. – Falkenburg, D. – Chelst, K.* (1999): Engineering design management: An information structure approach. *International Journal of Production Research*, vol. 37(13): p. 2957–2975.
- Yoshikawa, T. – Furuhashi, T.* (2010): Basic study on aggregation of objective functions in Many-objective optimization problems. *World Automation Congress (WAC)*, 2010: p. 1–6.

Cikk beérkezett: 2012. 10. hó

Lektor vélemény alapján véglegesítve: 2013, 1. hó

E SZ Á M U N K S Z E R Z Ő I

Dr. Mislivetz Ferenc, szociológus, egyetemi tanár, intézetvezető, Budapesti Corvinus Egyetem; **Márkus Eszter**, közgazdász; **Dr. Neulinger Ágnes**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Zsótér Boglárka**, PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem; **Gecse Gergely**, PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem; **Fodor Bea** PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem, pénzügyi igazgató, ALTEO Energiaszolgáltató Nyrt.; **Dr. Kosztján Zsolt Tibor**, egyetemi docens, Pannon Egyetem, Veszprém; **Putzer Petra**, egyetemi adjunktus, Pécsi Tudományegyetem