

MÁTRIX-ALAPÚ PROJEKTKOCKÁZAT-MENEDZSMENT¹

KOSZTYÁN ZSOLT TIBOR^{a,b} – HEGEDŰS CSABA^a

^a*Pannon Egyetem*, ^b*ASK Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete, Kőszeg*

A kutatás célja, hogy kvantitatív módszerekkel modellezze és elemezze a projekt sikerét és kockázatait. A javasolt ágens-alapú módszerek modellezik a hagyományos, az agilis és a hibrid projektmenedzsment megközelítések működését, miközben az általunk javasolt kockázati keretrendszer segítségével szimuláljuk az idő/költség és minőségi paraméterek változásán felül a vevői igények megváltozásának hatását is. A javasolt keretrendszer hasznos eleme lehet egy projektkockázat-értékelő döntéstámogató rendszernek.

Kulcsszavak: kockázatmenedzsment, projekttervezés, mátrixos tervezési eljárások, ágensok, túlélőmodellek

1 Bevezetés

A vállalkozások sikerességének elengedhetetlen feltétele a projektjeik sikeressége. Bár a projektek, így a projektmenedzsment szerepe is felértékelődik, még mindig nagyon sok (ezen belül is főleg fejlesztési, innovációs és informatikai) projekt (lásd pl. Joslin és Müller (2016), SGI (2015, 2018)) csúszása, költségtúllépése veszélyezteti a vállalt feladatok megvalósítását.

A projektek sikere az egyik kulskérdése projektekkal foglalkozó kutatásoknak. Számos tanulmány foglalkozik a projektsikerrrel (lásd pl. SGI (2015, 2018), Thomas és Fernández (2008), Joslin és Müller (2016)), illetve a sikert befolyásoló tényezőkkel (lásd pl. Belout és Gauvreau (2004), Cooke-Davies (2002), Dan (2016)).

A projekt menedzsment feladata ezen sikertényezők – mint tudás, képességek, eszközök és technikák – megfelelő kombinációjának megválasztása a projekt siker elérése érdekében (PMI 2019). A projekt menedzsmentnek a tervezési fázisban a létrehozandó eredmény érdekében elvégzendő tevékenységeket kell meghatározni és ütemezni, figyelembe véve azoknak a technológiából adódó logikai egymásra következését, a felhasználandó erőforrásokat, költséget és időt, valamint ezek rendelkezésre álló, vagy maximálisan felhasználható mennyiségét mint felső korlátot. A hagyományos projekt menedzsment megközelítésben a kitűzött cél megvalósítási szintje és az eléréséhez kialakított projektstruktúra – a tevékenységek egymásra épülésének rendszere – a tervezési fázis lezárulta után fix, csak költség-erőforrás-idő átváltásokkal operálnak (lásd 1. ábrán A → B projekt tömörítést, valamint ezeket a módszereket összefoglalóan pl. Brucker és mtsai (1999)). Az agilis megközelítés esetén

¹E-mail: koszt्यान@pe.hu. Beérkezett 2016. december 13.

(Dalcher 2009) viszont rögzített költség és időkeretek között kell a lehető legmagasabb teljesítési szintet elérni, úgy, hogy az elvégzendő tevékenységek halmaza és a belőlük felépített struktúra a rákövetkezési relációk rugalmasságát figyelembe véve a kiindulási tervezési fázist követően is változtatható (lásd 1. ábrán $A \rightarrow C$ projekt átstrukturálást).

Egy projekt akkor sikeres, ha hatékony és hatásos. A hatékonyság alatt azt értjük, hogy milyen minőségben sikerült a célként kitűzött szakmai tartalmat megvalósítani, és mekkora erőforrás-, költség- és időfelhasználással tettük ezt meg. A hatásosság pedig az érintettek elégedettségét, a projekt eredmények a projekt megrendelőjének és finanszírozójának stratégiai céljaiba illeszthetőségét vizsgálja (Görög 2013). Jelen cikkben csak a projektet megvalósító, végrehajtó szervezet szempontjait megtestesítő, hatékonyság jellegű, objektíven számszerűsíthető összetevőkkel foglalkozunk.

A projektek sikerét nagyban növelheti, ha a projektekre leselkedő esetleges kockázatokat minél jobban azonosítani, illetve azok hatásait számszerűsíteni tudjuk. Ennek egyik eszköze a projektütemtervek érzékenységvizsgálata (lásd pl. McNeil és mtsai (2015), Kendrick (2015)). Ezek az eljárások vizsgálják a projektben végrehajtandó tevékenységek idő-, költség- és erőforrásigény változásainak hatását. Ami azonban szinte valamennyi kockázatkezelő eljárásnál állandó, változatlan, az maga a projekttervet leíró projektháló, vagy más néven projektstruktúra. Előremutató kivétel Creemerts és mtsai (2015) által javasolt eljárás, amely már néhány különböző (de előre meghatározott) projektváltozat (ún. scenárió) megvalósulásával is számol, attól függően, hogy a projekt korlátozó tényezői mely projektváltozat megvalósítását teszik lehetővé. Egyetlen projekt-kockázat-kezelő modellt sem veszi figyelembe azonban a projekttervek rugalmasságát, pedig, különösen az informatikai, kutatás-fejlesztési vagy éppen az innovációs projektek esetében csak a legkritikább esetben fordul elő, hogy a kitűzött projekttervet tartva a tevékenységek a tervezett sorrendben és a tervezett módon valósuljanak meg (lásd pl. Wysocki (2019)).

Valamennyi projektterv esetén fontos kockázati tényező az (általában) kis valószínűséggel bekövetkező, de nagy (pl. idő-, költség-, erőforrás-) ráfordítás növekedéssel járó ún. sokkhatás. Ilyen lehet pl. egy beruházási projekt esetén egy nem várt, hosszú ideig tartó rossz időjárási körülmény, amely akár hosszú időre megszakíthatja a kivitelezést, de informatikai projektek esetén is találkozhatunk komolyabb rendszerösszeomlásokkal, vírustámadással, amely hosszabb-rövidebb ideig késleltetheti a projekt végrehajtását. A hagyományos kockázatelemző rendszerek az idő-, költség- és erőforrásigények változását egy adott eloszlást követve, véletlenszerűen generálják. Az így kapott eredmények azonban téves következtetésekre vezethetnek bennünket (lásd pl. Rockafellar és Uryasev (2000)), hiszen egy ilyen sokkszerű eseménynél csak az éppen futó tevékenység igényei változnak (igaz, azok jelentősen), de a többi tevékenység idő és erőforrás-szükségeit ez vagy nincs hatással, vagy a hatás elenyésző (lásd részletesebben Kosztján (2016)).

Különösen az informatikai, kutatási és fejlesztési, valamint az innovációs projekteket sújtja, de valamennyi projekt esetén előfordulhat, hogy a pro-

jekt megvalósítása során eredetileg be nem tervezett (pl. újabb vevői) igények léphetnek fel, amelyek szétfeszíthetik az eredeti projekttervet (Wysocki 2019). Kutatási és fejlesztési (K+F) projektek komoly kockázati tényezője, hogy a projekt megvalósítása során is keletkezhetnek újabb és újabb kihívások, amelyekre megoldást kell találni. Az ilyen kihívásokra adott megoldások új, be nem tervezett tevékenységekként szerepelnek majd egy módosított projekttervben (Wysocki 2019). Vajon fel lehet-e készülni ilyen típusú változásokra?

Az ilyen projektmenedzsment problémák megoldására a hagyományos erőforrás-allokációs és projekttömörítési eljárások már nem adnak megfelelő választ (lásd Wysocki 2019). Így az ilyen típusú projektek kezelésére az agilis projektmenedzsment (Wysocki 2019), valamint a tradicionális és az agilis eljárások kombinálása (lásd pl. Rahimian és Ramsin (2008), Tyagi és mtsai (2014)) adhat megoldást, mint ahogyan azt a rendszeresen elvégzett nemzetközi felmérés (SGI 2015, 2018) igazolja (lásd *1. táblázat*). Ezek a vizsgálatok azonban nem adnak választ arra, hogy mikor és miért jobb egy agilis, illetve egy hibrid megközelítés? Mikor és miért lesz egy projektmegközelítés sikeres? Egy-egy projektmenedzsment megközelítés alkalmazása vajon mely kockázati tényezőkre lesz érzékenyebb, vagy éppen kevésbé érzékeny?

	2 0 1 5			2 0 1 8		
	Sikeres	Vitatott %	Sikertelen	Sikeres	Vitatott %	Sikertelen
Agilis	39	52	9	42	50	8
Vizesés	11	60	29	26	53	21

1. táblázat. A projektek megoszlása menedzsment megközelítés és eredmény szerint a CHAOS Report 2015 és 2018 és felmérés alapján

Ahhoz, hogy vizsgálni tudjuk, hogy mely projektmegközelítés lesz egy-egy projekt és egy meghatározott cél esetén a legmegfelelőbb választás, először modelleznünk kell a projektmenedzsment megközelítéseket. Ehhez tanulmányunkban ún. ágenseket alkalmaztunk (melyek egyszerű szabályokat követő, implementált számítógépes algoritmusoknak tekinthetők). A hagyományos projektmenedzsment megközelítést az itt gyakran alkalmazott projekttömörítési (time/cost trade-off, rövidítve TCTP) eljárásokkal modelleztük (lásd pl. Brucker és mtsai (1999)). Az agilis megközelítés alapját korábbi tanulmányaink (lásd Kosztyán (2013, 2015)) szolgáltatták, míg a kettő kombinációját leíró ún. hibrid megközelítést legújabb tanulmányaink tartalmazzák részletesen (lásd Kosztyán és Szalkai (2018), Kosztyán (2018)). Az ágensek a projektmenedzsment megközelítéseket modellezve választ adhatnak a fent megfogalmazott kérdésekre.

Tanulmányunkban egy olyan kockázatmodellező keretrendszert javasolunk, amely képes a projektek idő- és költségparaméterein túl a sokszerű események modellezésére is. Valamint képes továbbá a vevői igények, vagy a megváltozott végrehajtási sorrend modellezésére is. Ezáltal lehetőség nyílik arra, hogy kvantitatív módszerek segítségével vizsgálni tudjuk az egyes projektmenedzsment megközelítések helyes megválasztásának, valamint az egyes kockázati tényezőknek a hatását. Túlélőmodellek segítségével választ kaphatunk arra a kérdésre is, hogy milyen esetekben érdemes egy adott projektmenedzsment megközelítést alkalmazni és amellettt kitartani, annak érdekében,

hogy a kockázati tényezők közül minél többet ki tudjunk védeni, ezáltal a projektek ún. kockázati kitettségét tudjuk csökkenteni.

A generált projektek segítségével különböző projektstruktúrákat tudunk modellezni, ezáltal arra is választ kaphatunk, hogy a projektek strukturális jellemzői vajon befolyásolják-e a sikeres megvalósíthatóságot vagy a projektek kockázati kitettségét? A generált projektstruktúrák és az elvégzett kockázatelemzési módszerek segítségével következtetéseket teszünk, amelyeket két valós informatikai projekten is tesztelünk.

A tanulmányunk további részében az alábbi felépítést követjük. A 2.1 alfejezetben bemutatjuk, hogyan használjuk fel a mátrixos projekttervezési eljárásokat rugalmas projekttervek leképezésére. A 2.2 alfejezetben ismertetjük a sikerkritériumokat, amelyek alapján az egyes tervezési és végrehajtási megközelítéseket – amelyeket a 2.3 alfejezetben részletezünk – értékeljük majd.

A 3. fejezetben áttekintést adunk a kockázatértékelő keretrendszeréről, amelyet a projektek érzékenységvizsgálatára, és olyan kockázati tényezők, mint a bizonytalanság, a sokkhatások, valamint a vevői elvárások változása hatásának értékelésére használunk. A 4. fejezetben ismertetjük a vizsgálatok eredményét, majd az ezekre épülő következtetések, végül az összefoglalás következik.

2 Projekt, projektmenedzsment, projektsiker tényezőinek objektív modellezése

2.1 Rugalmas projekttervek modellezése

A projektek logikai terveit leggyakrabban valamilyen hálós (lásd pl. Kelley és Walker (1959), Pritsker (1966)) tervezési eljárásokkal határozzák meg. Ezekben gráfszerűen definiálják a tevékenységek közvetlen rákövetkezési relációját, azt, hogy mely tevékenységeknek kell befejeződniük ahhoz, hogy egy másik tevékenység elkezdődhessen. Újabban egyre többször mátrixos tervezési eljárásokat használnak erre a célra (lásd pl. Minogue (2011)), ahol a szomszédsági mátrixok mintájára lehet a logikai rákövetkezéseket jelölni. Mind hálós, mind mátrixos tervezésnél vehetjük fixnek a logikai tervet (lásd pl. hálós tervezésnél Kelley és Walker (1959), ill. mátrixos esetben Browning (2014)), vagy néhány alternatívát megengedve (lásd pl. Eisner (1962), Pritsker (1966), El-loumi és mtsai (2017), Afshar-Nadjafi (2018), alapvetően hálós reprezentációt választva) előre definiált projektváltozatok közül választhatunk. Amennyiben azonban egy agilis szemléletet követve a projekt végrehajtási struktúráját vagy éppen a tevékenységek végrehajtási prioritásait (lásd pl. a MoSCoW-elemzést Brennan (2009)) figyelembe véve változhat a projekt tevékenységeinek végrehajtási sorrendje (Kosztján és Kiss 2010b) (lásd *1. ábra*), akkor mátrixos modellezést célszerű használni, amelyben ez a flexibilis struktúra és a prioritások is megjelenhetnek.

A tevékenységek megvalósítása lehet előre kötött, amelyhez a megrendelő

ragaszkodik. E tevékenységek végrehajtása nélkül nem lehet a projekt sikerességéről beszélni, ugyanakkor nagyon sokszor a megrendelő elvárásai nem jelennek meg explicit formában. Gondoljunk pl. egy új okos eszköz (pl. okos termosztát) kifejlesztésére, ahol még a vevői igények jelentős része nem jelenik meg. Azok csak látens módon vannak jelen. Ezeket is kell azonban priorizálni, hiszen egy-egy innovatív új funkció jelentős mértékben hozzájárulhat a projekt eredményességéhez. Egy-egy kevésbé fontos funkció és annak megvalósításához szükséges tevékenység azonban szükségtelenül lassíthatja, drágíthatja a projektet.

A rugalmas projekttervek megengedik azt is, hogy tevékenységvégrehajtási sorrendeket feloldva a projekttervet átstrukturáljuk (lásd 1. ábra). Erre a legszemléletesebb példa, ahogyan az agilis megközelítés átalakítja a szoftverfejlesztés területén egyre inkább visszaszoruló, soros végrehajtást feltételező ún. vízéses modellt (lásd Fernandéz (2008) és Wysocki (2019) munkáit).

A rugalmas projekttervek vizsgálatára a Project Domain Matrix (PDM) modellt (Kosztján 2015) választottuk (lásd 2. táblázat). Ez a modell több részmatrixból (domain) áll. Ezek közül az első a logikai részmatrix (Logic Domain, LD), amely képes kezelni a tevékenységek prioritását és a kapcsolatok erősségét is. Az átlóban a tevékenységek prioritásai szerepelnek, ahol az 1-es szám jelenti a kötelezően végrehajtandó tevékenységeket (Kosztján és Kiss 2010a), míg az átlón kívüli értékek a kapcsolatok erősségét jelentik (Kosztján és Kiss 2010b), ahol az 1-es szám itt is a kötelező kapcsolatokat jelöli, míg a (nullának tekintett) üres cellák azt jelzik, hogy nincs közvetlen rákövetkezési kapcsolat a tevékenységek között. A két érték közötti számértékek az aktuális tervezési célnak megfelelően jelölhetnek valószínűségeket (eddigyi hasonló projektek tapasztalatai alapján kapott relatív gyakoriságokat), vagy akár prioritásokat és fontosságokat is (lásd részletesen Kosztján (2013), Kosztján (2015)). A pontértékek értelmezését a tervezés elején egyszer rögzíteni kell, és ez az értelmezés a további lépések, számolások során végig változatlan marad. Tanulmányunkban a diagonálisban a tevékenységek megvalósításának fontosságát, a diagonálison kívül (a fölött) a rákövetkezési valószínűségeket adjuk meg.

	Logic domain					Time domain		Cost domain		Resource Domain			
	A	B	C	D	E	t_{\min}	t_{\max}	c_{\min}	c_{\max}	$r_{1\min}$	$r_{1\max}$	$r_{2\min}$	$r_{2\max}$
A	1,0	1,0	1,0	1,0		4,00	6,50	7	12	2	3	1	2
B		1,0		0,5	1,0	5,00	5,33	15	17	3	4	3	3
C			1,0	0,5	1,0	5,40	6,60	31	38	8	10	5	6
D				0,8	1,0	6,10	11,00	30	42	12	15	2	4
E					1,0	5,00	10,00	8	17	1	4	2	3

2. táblázat. PDM-modell

További részmatrixok írják le az idő- (Time Domain, TD), a költség- (Cost Domain, CD) vagy éppen az erőforrás-igényeket (Resource Domain, RD), melyek közül definiálhatunk több végrehajtási módot is (lásd pl. Kosztján és mtsai (2016)), ezáltal lehetőség nyílik az idő- és költségigények közötti átváltások diszkrét technológiákkal (lásd pl. Kosztján és mtsai (2016)) vagy éppen folytonos függvényekkel (lásd pl. Kosztján és Szalkai (2018))

való leírására. Diszkrét esetben ez úgy jelenik meg a PDM-ben, hogy minden egyes technológiaváltozatnak lesz egy-egy új oszlopa az idő és a költség részmatrixban, és erőforrásfajtánként egy-egy az erőforrás részmatrixban. A TD, CD és RD részmatrixokban az azonos sorszámú oszlopokban szereplő adatok tartoznak egyazon technológiai megoldáshoz. Folytonos átváltási feladat esetben pedig az egyes idő-, költség- és erőforrás-szükségletek minimum és maximum értékét adjuk meg.

Az ún. átváltási, vagy programtömörítési feladatok a hagyományos projekttervezési módszerek eszköztárát gazdagítják (lásd részletesen 2.3 fejezetet), ugyanakkor kiválóan kombinálhatók az agilis eljárásokkal, melyek, ha szükséges, akár a projektfeladatok végrehajtási sorrendjét is átstrukturálják (lásd részletesen: 2.3 fejezetet).

A választott modell mind a hagyományos projekttervezési módszereket, mind az agilis megközelítéseket, mind pedig ezek kombinációját támogatja. A hagyományos projekttervek pl. nem tartalmaznak rugalmas kapcsolatokat és tevékenységeket, ezért a logikai tervben vagy 1-esek, vagy 0-k (üres cellák) szerepelnek. Az agilis megközelítés általában nem él a programtömörítés lehetőségeivel, így ott külön végrehajtási módokat nem különböztetünk meg. A hibrid megközelítés azonban mindkét pillérré épít, így e modell alapjául szolgálhat valamennyi eljárásnak.

2.2 Projektsiker leírása objektív kritériumokkal

A projektsiker meghatározásánál a Chaos Reports objektív sikerkritériumait vettük alapul (SGI 2015), mely már több mint 10 évnyi összehasonlító adatot tartalmaz különböző típusú projektek végrehajtásáról. A tanulmány három csoportba osztja a projekteket.

1. A projektet *siker*esnek tekintjük, hogyha a megrendelő elvárásainak megfelelően sikerült a projektet végrehajtani, és az előírányzott költség-, idő- és erőforráskorlátot nem léptük túl.
2. A projekt *sikertelen*, ha nem készülnek el azok a tevékenységek, amelyeket a megrendelő a projektben meghatározott.
3. A projekt *vitatott*, ha elkészülnek ugyan a meghatározott tevékenységek, de a költség- és időkeretet túllépi egy maximális megengedett értékkel.

Annak ellenére, hogy néhány kutató (lásd pl. Eveleens és Verhoef (2010), Lech (2013)) megkérdőjelezi, hogy minden esetben be lehet sorolni a projekteket ezekbe a kategóriákba, azt még ők is elismerik, hogy e kategorizálás általában jól jellemzi a projektek végrehajtásának sikerességét. A kritikák ellenére jelenleg nem található a Chaos Reports módszertanánál elfogadottabb besorolás a projektek sikerességének megítélésére.

A definíció általános elfogadottsága mellett azért választottuk ezt a besorolást, mert e három kritérium jól modellezhető. Amennyiben ugyanis a tevékenységek végrehajtásához prioritásokat rendelünk, meghatározhatjuk

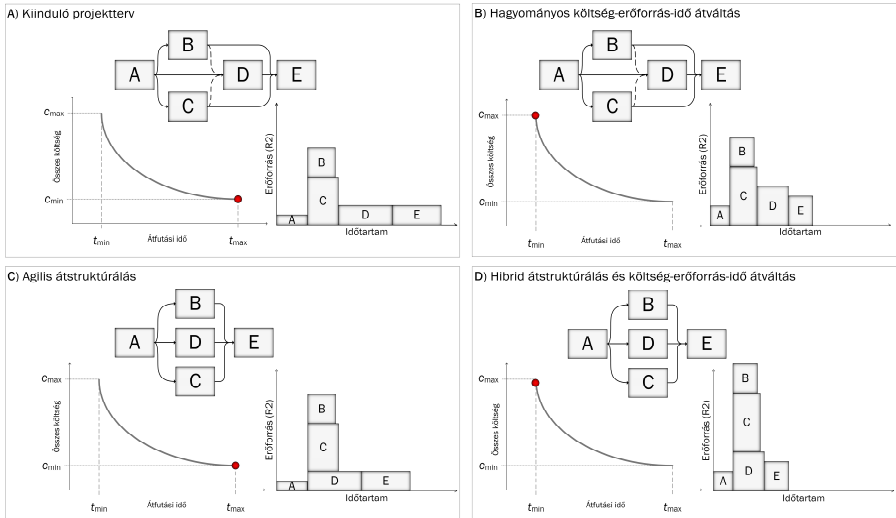
azokat a kötelezően végrehajtandó tevékenységeket, amelyek nélkül a projekt nem tekinthető sikeresnek. Ezen felül a nem kötelező tevékenységekhez rendelt pontértékeket is felhasználhatjuk arra, hogy egy magasabb teljesítési szintet határozhassunk meg. A korlátok kialakításánál ezt a szintet akár úgy is megállapíthatjuk, hogy ne csak a kötelező tevékenységek (pl. egy informatikai projektben a kötelezően implementálandó funkciók) végrehajtására legyen szükség, hanem olyan nem kötelező tevékenységek is végrehajthatódnak, amelyek segítségével ez a kívánt teljesítményszint elérhető.

Tehát a projekt akkor lesz sikeres, ha valamennyi kötelező tevékenységet és az elvárt teljesítményszint elérése érdekében annyi nemkötelező tevékenységet is végrehajtottunk, amennyit a megrendelés tartalmaz, a projektterv pedig nem lépi túl az előírányszintet (pl. költség/idő) kereteket. Egy projekt vitatott, ha az eredeti korlátokat nem, de a könnyített korlátokat a projektterv kielégíti. Egy projekt sikertelen lesz, ha sem az eredeti, sem a könnyített korlátokat figyelembe véve nem lehet végrehajtani.

2.3 Projektmenedzsment megközelítések ágens alapú modellezése

Szemben a beruházási projektekkel, a hagyományos módszerekkel menedzselt informatikai projektek sokkal kevésbé sikeresek (SGI 2015, 2018). Ennek okát sokan abban látják, hogy ugyanazt a projektmenedzsment logikát, amely pl. egy ház, vagy egy út megépítését jellemzi, egy az egyben informatikai környezetre alkalmazni hatékonyan nem lehet (Belout és Gauvreau 2004, Dan 2016, Lech 2013, Wysocki 2019), például a megközelítés merevsége miatt. Legújabb eredmények azt mutatják, hogy egy rugalmasabb, flexibilisebb módszertan, mely a vevők igényeire gyorsabban reagál, akár kétszer-háromszor több sikeres projektet eredményezhet, mint pl. a szoftverfejlesztés során a hagyományos projektvezetést követő ún. vízéses modell. Ezek a tanulmányok azonban nem mutatnak rá arra, hogy mi ennek az óriási eltérésnek a módszertani magyarázata.

A nagyobb sikeresség egyik oka lehet, hogy az agilis tervezés valami olyanhoz nyúlt hozzá, amely eddig szinte sérthetetlennek tekintettünk, ez pedig maga a projektterv, hiszen itt arról van szó, hogy az egyes iterációk során a megrendelővel együtt (vagy önálló fejlesztés során önállóan) határozzuk meg a következő iterációban szereplő tevékenységek prioritásait és akár a végrehajtás sorrendjét is. Ez a megközelítés már szakít a merev projektvégrehajtási hálótervekkel, és eltérő (pl. egy mátrixos) modell adta kereteken belül határozza meg a lehetséges projektterveket. A korábban bemutatott PDM (2. táblázat) alapján több projektstruktúra és megvalósítási mód is létrehozható, ezek láthatóak az 1. ábra négy szegmensében.



1. ábra. Hagyományos és agilis projektmenedzsment megközelítések összehasonlítása projektstruktúra, költség-idő felhasználási arány és erőforrás-terhelés szempontjából

A hagyományos projektmenedzsment módszerek tárháza oly gazdag, hogy felsorolás helyett inkább Brucker és mtsai (1999) összefoglaló tanulmányát ajánlanánk a témában részleteiben elmerülni kívánó olvasó figyelmébe. Bár a projekttervező szoftverekbe ezekből a kitűnő alkalmazásokból csak nagyon keveset implementáltak (lásd ezzel kapcsolatban: Kastor és Sirakoulis (2009))², maguk az eljárások a tanulmányok leírásai alapján implementálhatók. Mi ezek közül egy egyszerű folytonos idő-költség átváltási problémát megoldó eljárást (Orlin 1993) alkalmaztunk, melyre a módszer egyszerűségén túl az eljárás gyorsasága miatt esett a választás. Ebben a cikkben nem foglalkozunk erőforrás-terhelésekkel, hiszen nagyobb projekteket nagyon nehéz lenne vizsgálni, mert a legtöbb erőforrás-allokációs probléma kombinatorikus, NP-nehez probléma, melyet csak közelítő, heurisztikus megoldásokkal lehetne valószínűleg megoldani. Ekkor viszont a módszerek összehasonlíthatósága válna kérdésessé, hiszen a különböző módszerek eltérő mértékben tudják megközelíteni csak az optimumot.

Az agilis szemléletet modellező eljárás már sokkal kevesebb található a szakirodalomban. Legtöbbször sokkal inkább a nagyobb projektterv részeként felfogható ún. iterációkon belüli tevékenységek végrehajtásának újragondolását javasolják. Azonban e tanulmány előzményeként tekinthető művekben (Kosztján 2013, 2015) már javaslatot tettünk olyan rugalmas projekttervek kezelésére, illetve egy adott célfüggvényre optimális ütemterv kiválasztására. Ezekben a tanulmányokban már bemutattuk, hogy a lehető legrövidebb, lehető legkisebb költségű, vagy éppen lehető legnagyobb teljesítményszinttel

²A legtöbb projektmenedzsment szoftver pl. nem támogatja még a legegyszerűbb programrövidítési módszereket sem.

(itt lehet a legnagyobb pontértékkel) rendelkező projektterveket polinomiális időben meg lehet határozni.

A gyakorlatban nem válik el ennyire élesen a kétfajta szemlélet alkalmazása (lásd pl. Tyagi és mtsai (2014)), így legújabb tanulmányainkban (Kosztján és Szalkai 2018, 2020) ezt a megközelítést egy ún. hibrid algoritmussal írtuk le, amely képes e két szemléletmód kombinálására is.

Mindhárom megközelítés megvalósítására egy-egy megoldó programot készítettünk, melyeket a továbbiakban ágenseknek nevezünk. Ezek az ágensek képesek polinomiális időben megadni az optimális megoldást különböző célfüggvényekre. A TPMa (Traditional Project Management agent) a tradicionális megközelítést követve az átfutási idő minimalizálására törekszik a korlátok figyelembevételével. Az agilis megközelítésben (APMa=Agile Project Management agent) az idő- és költségkorlátokba még beférő maximális teljesítményszint elérése a cél, a flexibilitást kihasználva, a projekt átstrukturálásával, végső esetben tevékenységek elhagyásával. A hibrid megközelítésben (HPMa=Hybrid Project Management agent) az előző kettő egyesül, előbb az átstrukturálással keres a korlátoknak megfelelő, legnagyobb teljesítményszintű megoldást, majd a projekttömörítéssel igyekszik az átfutási időt tovább csökkenteni.

Mindhárom esetben azonos korlátok érvényesek: adott minimális teljesítményszint elérése (C_s), adott maximális költség- (C_c) és időkeret (C_s) betartása.

Általános esetben egy ágens három lépésben határozza meg az optimális ütemtervet. Első lépésben kiválasztjuk azokat a tevékenységeket, amelyeket végrehajtunk. Ennek eredménye egy ún. projektváltozat, amely az elvégzendő tevékenységek halmazát adja meg. Második lépésben meghatározzuk, hogy milyen sorrendben hajtjuk végre a tevékenységet. Ennek eredményeképpen már kapunk egy logikai tervet. Az utolsó lépés az egyes tevékenységmódokat határozza meg. Itt kapjuk meg a végső (idő- és költségigényeket tartalmazó) projektütemtervet.

Mivel a tradicionális megközelítés nem enged meg semmilyen rugalmasságot, így valamennyi, a projektben szereplő tevékenységet megvalósítjuk. Viszont, ebből fakadóan az első két fázisban nem történik optimalálás. Egy fix (= mindegyik tevékenységet tartalmazó) projektterven történik a korlátokat figyelembe vevő legrövidebb projektütemterv meghatározása. Ez az ágens tehát az 1. ábra B negyedében bemutatott hagyományos megközelítést modellezi, ahol is a tartalom (itt a projekt végrehajtandó tevékenységeinek halmaza) változatlan, míg a cél a lehető legrövidebb végrehajtás. Gyakorlati tapasztalatra lefordítva, a hagyományos megközelítést folytató projektmenedzser követi a projekt végrehajtásának előírásait, fázisait, azoktól nem tér el, de gyakran alkalmazott eszköze pl. a túlóra.

Ezzel ellentétben az agilis megközelítés a projekt tevékenységeinek megválasztásával, és a projekt struktúrájának szükség szerinti átalakításával éri el, hogy a merev (idő- és költség-) korlátok alatt maradjon a projekt megvalósítása (lásd 1. ábra C, bal alsó negyede), miközben a teljesítményszintet (amit itt most a tevékenységek megvalósítása esetén kapott pontértékeivel jel-

lemzünk), a lehető legmagasabb szinten tartja. Egy-egy tevékenység kimaradása csökkenti a projekt teljesítményszintjét, melyet itt a tevékenységek végrehajtása, illetve végre nem hajtása alapján kapott pontértékekből számolunk (lásd részletesen Kosztván (2015)). Ahogy azt az 1. ábra bal oldala jól jellemzi, itt tehát a cél, hogy minél több (és a pontértékek alapján a kötelezőkön felül minél fontosabb) tevékenység valósuljon meg a rendelkezésre álló idő- és költségkereten belül. A gyakorlatban ez a megközelítés azt jelenti, hogy az elsődlegesen alkalmazott módszer az (iterációkon belül) a tevékenységek végrehajtásának megszervezése, akár újraszervezése lesz.

A hibrid megoldás kombinálja e két eljárást. Az első két fázisban kizárja azokat a megoldásokat, amelyek biztosan nem oldhatók meg a költségkereten belül, majd a megengedett megoldások közül először megpróbál lehető legrövidebb projektütemtervet találni a legnagyobb pontértékű projektváltozatra, illetve ezen belül a legnagyobb pontértékkel rendelkező projektstruktúrára. Ha ez nem sikerül, akkor megpróbál egy újabb optimalást végezni egy másik lehetséges projektstruktúrára. A kizárások miatt csak nagyon extrém esetekben kapunk kombinatorikus lefutási időt (lásd részletesen Kosztván és Szalkai (2018)). Ez a szemlélet mindkét eszköztárral dolgozik. Ha pl. a tevékenységek végrehajtása és a megvalósítás sorrendje nem változhat, akkor lényegében a hagyományos projektmenedzsment megközelítéshez jutunk. Mindazonáltal, ha lehetőség adódik a tevékenységek át-, illetve újraszervezésére, akkor vevői igényeket modellező teljesítményszintet szem előtt tartva (maximálva) hajtja végre a szükséges változásokat.

Bár az egyes ágenseknek (részben) más a célfüggvénye, azonban azonosak a korlátozó feltételek, így megvalósíthatóság/sikeresség szempontjából összehasonlíthatók. Az eltérő célfüggvények azonban lehetőséget nyújtanak arra, hogy a különböző szituációkban a legmegfelelőbb projektmenedzsment megközelítést alkalmazzuk (lásd: K1 kérdés, 2. ábra).

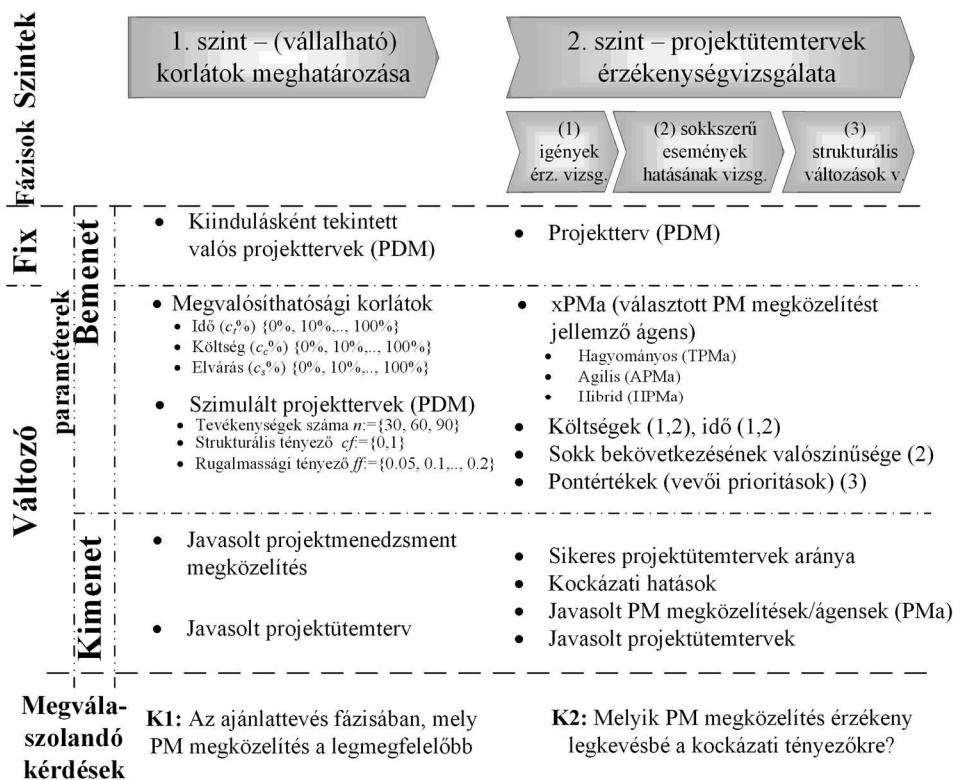
3 A javasolt projektkockázat-menedzsment rendszer bemutatása

A javasolt és általunk implementált keretrendszer háromszintű, melyből jelen tanulmányban kettőt ismertetünk. A szimulációs keretrendszer felépítését a 2. ábra mutatja.

Az első lépésben arra voltunk kíváncsiak, hogy különböző korlátok esetén mely ágensek szolgáltathatnak megvalósítható projekteket. Mivel itt az ágensek modellezik az egyes projektmenedzsment megközelítéseket, közvetve arra kaphatunk választ, hogy mely megközelítések adnak nagyobb arányban a korlátokat kielégítő megengedett megoldást. Ennek a lépésnek a megfelelő projektmenedzsment megközelítés megválasztásán túl az is a szerepe, hogy segítse a projekttervezőket abban, hogy a projektek idő- és költség-szükségeit tekintve legalább milyen keretekhez ragaszkodjanak. Elkerülve így azt a nagyon gyakori tapasztalatot, amikor az egyes cégek olyan alacsony költségvetést³,

³A projekt teljes költségét a továbbiakban TPC-vel (Total Project Cost) jelöljük.

vállalhatatlan átfutási idő⁴ ajánlanak, amelyről már a projekt megkezdése előtt látható, hogy megvalósíthatatlan, kivitelezhetetlen azon a szinten, amelyet a megrendelő elvár⁵.



2. ábra. Projektütemtervek érzékenységvizsgálatára kifejlesztett kockázatkezelő keretrendszer

3.1 A vizsgálat, a változók és a kutatási modell bemutatása

A szimuláció során a tevékenységek időadatai $t_i \in [0, 20]$, költségadatai $c_i \in [0, 30]$ értékek között vehettek fel véletlenszerűen értékeket. Éppen ezért az első lépésben először meghatározzuk, hogy a tevékenységeket mennyi idő alatt lehetne a legrövidebb ($c_t^{\min} := TPT_{\min}$) (leghosszabb, $c_t^{\max} := TPT_{\max}$) vagy éppen a legkisebb ($c_c^{\min} := TPC_{\min}$) (legnagyobb, $c_c^{\max} := TPC_{\max}$) költséggel; illetve a minimális tartalmi és technológiai előírásokat követve

⁴A projekt átfutási idejét TPT-vel (Total Project Time) jelöljük.

⁵A tevékenységek pontértékeiből számolt, a projektre vonatkozó elvárási szintet TPS-el (Total Project Score) jelöljük.

($c_s^{\min} := \text{TPS}_{\min}$), vagy minden előírást betartva ($c_s^{\max} := \text{TPS}_{\max}$) megvalósítani. A szimulációk során a korlátokat úgy állítottuk be, hogy mindig e két-két elméleti határ között mozogjon (lásd az (1) egyenletet, ahol x jelölhet időt (t), költséget (c), vagy teljesítményszintet (s)).

$$c_x \% = \frac{c_x - c_x^{\min}}{c_x^{\max} - c_x^{\min}} \quad (1)$$

A szimuláció során a korlátok $c_x \% \in \{0\%, 10\%, \dots, 100\%\}$ értékeket vehetnek fel véletlenszerűen.

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy egy inkább soros, vagy egy jellemzően több párhuzamos tevékenységet tartalmazó projekt lesz-e könnyebben menedzselhető. Ehhez, annak ellenére, hogy létezik számos projektgeneráló alkalmazás – ezek közül is talán a leggyakrabban alkalmazott ProGen (Kolisch és Sprecher 1997), amely külön említést is érdemel – egy egyszerű képlet segítségével generáltunk struktúrákat (lásd (2) egyenletet).

Jelölje s_{ij} egy logikai mátrix (pl. egy PDM mátrix logikai részmatrixának) i - j -edik cellájának kitöltöttségi valószínűségét. Azaz annak a valószínűségét, hogy van valamilyen, az i és j tevékenység közötti közvetlen rákövetkezési reláció erősségét megadó, pozitív érték a cellában. Ekkor $a := cf$; $i, j := 1, 2, \dots, n$ esetén

$$s_{ij}(a) = \min\{p^{a-j+i}, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1, j = 2, 3, \dots, n, j > i, \quad (2)$$

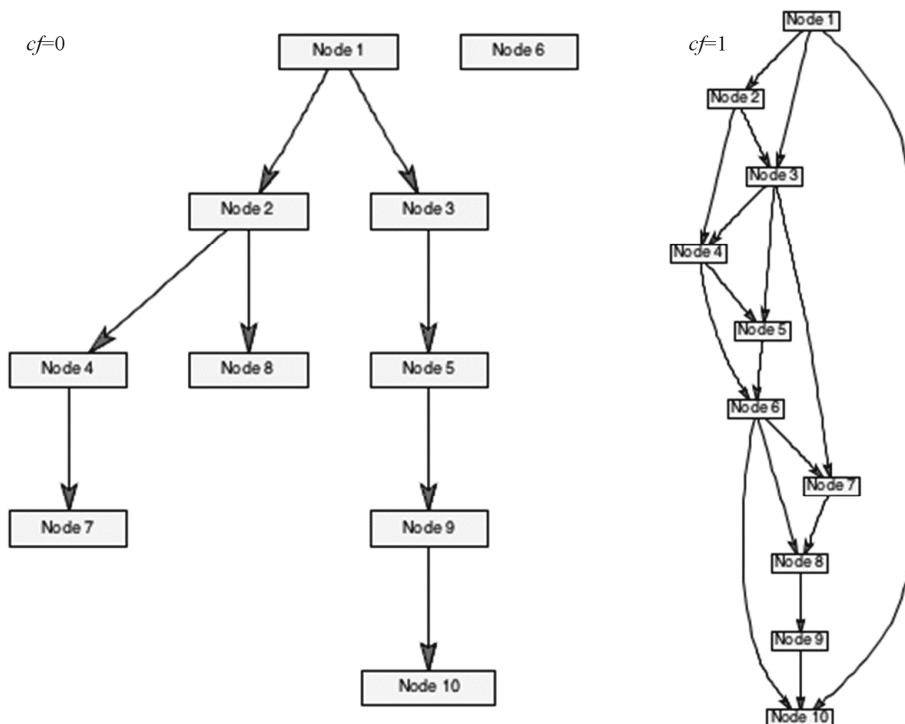
ahol p -vel lehet szabályozni a kapcsolatok számát⁶. A mostani szimulációban e strukturális tényező (connectivity factor) $cf \in \{0, 1\}$ lehetett, amelynek köszönhetően $cf = 1$ esetén lineáris (soros), $cf = 0$ esetén inkább párhuzamos projektet kapunk (lásd 3. ábra).

Egy külön tanulmányban mélyedünk majd el abban, hogy a projektnek milyen más strukturális tulajdonságai befolyásolják (ha egyáltalán befolyásolják) a projektek menedzselhetőségét.

A projektgeneráló szoftverek még nem kezelték a rugalmas kapcsolatokat és a tevékenységelfordulásokat. Itt viszont a projekt rugalmasságát (rugalmas kapcsolatok, elhagyható tevékenységek arányát, $ff\%$ = flexibility factor) is be lehetett állítani, ami jelen szimulációban $ff\% \in \{5\%, 10\%, \dots, 20\%\}$ értéket vehet fel. A szimuláció a diagonálison ($F\%$ = elhagyható/összes tevékenység aránya) és a diagonálison kívül ($S\%$ = rugalmas/összes kapcsolat aránya) lévő értékeket véletlenszerűen, de ebből adódóan azonos módon állítja be.

A szimuláción túl vizsgált két valós projekttervre a tevékenységek rugalmassága $F_1\% = 21,74$, valamint $F_2\% = 12,5\%$ értékek voltak, míg a kapcsolatok rugalmassága: $S_1\% = 25\%$, illetve $S_2\% = 15,38\%$ voltak. A rugalmas tevékenységmegvalósításnak, illetve kapcsolatoknak köszönhetően előálló lehetséges projektszenáriók és projektstruktúrák vizsgálatára szintén szimulációt hívtunk segítségül. A kapcsolatok és tevékenységmegvalósítások pontértékeinek megadásához véletlenszám-generálást használtunk.

⁶Jelen szimulációban mindenütt $p = 1,3$ -at választottunk.



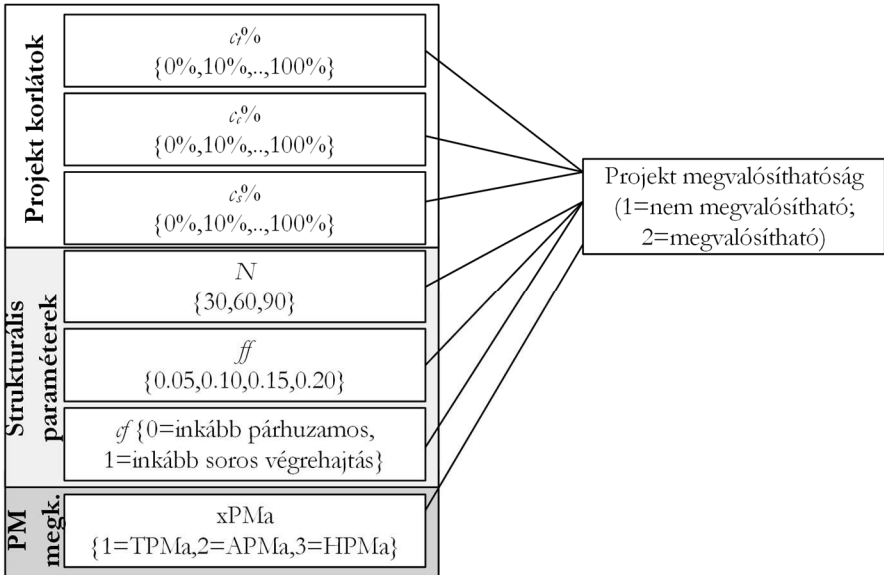
3. ábra. Strukturális tényező szerepe a projektstruktúra generálásánál

A szimulációban a generált projektek mérete $N \in \{30, 60, 90\}$ lehetett, míg az első valós, szoftverfejlesztési (SDP=Software Development Project) projektsablon 20, a második, webfejlesztési (WDP=Web Development Project) 24 tevékenységet tartalmazott, amit további kettővel lehetett mind a szimulációban, mind a valós projektek esetén kibővíteni, ezzel modellezve az esetleges új vevői igények megjelenését (lásd második szint, harmadik fázis).

Tanulmányunkban arra kerestük a választ a szimulációkkal, hogy mely projektütemtervek azok, amelyek a fenti korlátokkal megvalósíthatók, mekkora a megvalósítható projektek aránya az összes generált projekttervhez képest (f/a)? Emellett azt is megvizsgáltuk, hogy adott korlátok mellett mely tényezők hatnak a megvalósíthatóságra (lásd 4. ábra), illetve az adott szituációhoz melyik a legmegfelelőbb projektmenedzsment megközelítés.

A 4. ábra mutatja, hogy a projekt megvalósíthatóságára ható tényezőket három csoportba osztottuk. Az első csoportban a projekt ún. vasháromszögét (lásd Atkinson (1999)) alkotó három korlátozó paraméter található. A második csoportba a projekt strukturális paraméterei kerültek, melyek közül jelen modell a nagyságot (N), a projekt szerkezetét jellemző strukturális paramétert (cf) és a rugalmassági tényezőt (ff) tartalmazta. A harmadik csoport pedig a vizsgált három projektmenedzsment megközelítést tartalmazta.

Mivel a generált projekttervek mellett tekintett két valós projektsablon struktúrája kötött volt, így ott a strukturális jellemzőket nem vizsgáltuk.



4. ábra. A projekt megvalósíthatóságára ható tényezők

3.2 Projektütemtervek érzékenységvizsgálata

Az érzékenységvizsgálat három fázisból tevődik össze (lásd 2. ábra). Az első fázisban a klasszikus érzékenységvizsgálat mentén (lásd pl. Fang és Marle (2012)) változtattuk a projektek paramétereit. A változtatás egyik esetben béta-, a másik esetben egyenletes eloszlást követett. A szimulációval a gyakorlatot követve feltételeztük, hogy az eredeti (idő/költség érték) maximum 10%-kal csökkenhet, ugyanakkor akár maximum 30%-kal meg is növekedhet (Hazír 2015).

A második fázisban már kétlépéses Monte-Carlo szimulációt használtunk. Ebben a fázisban modelleztük a kis valószínűséggel, de nagy hatással jelentkező ún. sokkszerű eseményeket. Ez azt jelentette, hogy a változás csak a tevékenységek (véletlenszerűen kiválasztott) maximum 5%-ára vonatkozott, ugyanakkor e tevékenységek paraméterei akár kétszeresére is növekedhettek.

A harmadik fázis esetén már a strukturális változtatás hatásait vizsgáljuk. 10%-os valószínűséggel új tevékenység, illetve új rákövetkezési kapcsolat is keletkezhetett, illetve módosulhatott.

A szimuláció elején (1. szint) az implementált ágensek segítségével azt is meg tudtuk határozni, hogy az adott korlátokra a választott projektmenedzsment megközelítéssel kaphatunk-e megengedett megoldást. A második lépésben (2. szint) az előző lépés által generált korlátokat használtuk fel. Sikeresnek a projektet csak akkor tekintettük, ha a második lépésben, az igények változása után, a választott projektmenedzsment megközelítéssel meg tudjuk

valósítani, anélkül, hogy a korlátokat átlépnénk. Az eredeti korlátokat nem teljesítő, de e korlátok maximum 20%-os kitolásával és az eredeti projektmenedzsment megközelítés megváltoztatása nélkül megvalósítható projekteket vitatottnak nevezük. Amennyiben pedig a paraméterek változása után a projektterv az adott projektmenedzsment megközelítéssel a lazított korlátokra vonatkozóan sem adott megengedett megoldást, úgy a projektütemtervet sikertelennek nevezük.

A második szint mindhárom fázisában arra voltunk kíváncsiak, hogy egyrészt mely projektmenedzsment megközelítést célszerű a változó körülmények között alkalmazni (lásd 2. ábra, K2 kérdés), másrészt mely projektmenedzsment megközelítések segítenek abban leginkább, hogy a projektterv „túlélje”, tehát még (legalább a lazított korlátokra vonatkozóan) megvalósítható legyen a véletlen és sokkhatások ellenére. Harmadrészt a kereteken belül a különböző projektmenedzsment megközelítésekkel átlagosan mekkora költséggel, időkerettel valósíthatók meg, illetve a változások milyen többletköltséget, többlet-idő-szükségletet igényelnek.

4 Eredmények

Mind az első, mind pedig a második szint esetén elsőként szimulált, ezután pedig valós projekthálókkal is vizsgáltuk a korlátok és a projekt strukturális változásának, valamint a választott projektmenedzsment-megközelítésnek a hatását a projekt megvalósíthatóságára (1. szint, lásd 4. ábra). A második lépésben pedig a paraméterek (2. szint, 1-2. fázis), valamint a vevői igények változásának hatását (2. szint, 3. fázis) tekintettük.

4.1 Korlátozó tényezők változásának hatása

A generált projektekre felállított, 4. ábrán bemutatott modell kiértékelésére bináris logisztikus regressziót használtunk, mellyel azonosítottuk a szignifikáns magyarázó változókat (lásd 3. táblázat).

Ez az $n = 15348$ elemű szimuláción alapuló eredmény azt mutatja, hogy a projekt megvalósíthatósága szempontjából a strukturális tényezők közül egyedül a projekt nagysága (N) befolyásoló tényező. A korlátok közül értelem-szerűen a maximálisan megengedhető időtartam (c_t), illetve költségkeret (c_c) csökkentése (azaz szigorítása) növeli a projekt meg nem valósíthatóságának – a továbbiakban a projekt kudarcának – esélyét. Másképpen fogalmazva, az idő- és költségkorlátok szigorítása csökkenti a projekt megvalósíthatóságának esélyét. Hasonlóan, az elvárt minimális projektterv (c_s) növelése csökkenti a projekt megvalósíthatóságának – azaz a növeli a kudarcának – esélyét.

Paraméterek	β	$\exp(\beta)$	Wald	Szig.
$c_t\%$	-3,366	0,035	1161,689	0,0000
$c_c\%$	-4,080	0,034	1654,504	0,0000
$c_s\%$	2,412	0,017	555,387	0,0000
N	-0,009	0,991	61,933	0,0000
ff	0,000	1,000	1,260	0,2620
cf	0,000	1,000	0,044	0,8333
xPMA{TPMa-APMa&HPMa}	-1,508	0,221	2652,842	0,0000
xPMA{APMa-HPMa}	-0,646	0,454	3047,601	0,0000

3. táblázat. Paraméterek becslése ($R^2 = 0.3942$; általánosított $R^2 = 0.5611$; $RMSE = 0.3668$; téves besorolás rátája = 0,1936; $n = 15348$)

Bár az összes korlátozó tényezőnek szignifikáns hatása van a megvalósíthatóságra, a leginkább befolyásoló tényező a választott projektmenedzsment módszer (lásd 4. táblázatot). Itt is a legnagyobb különbség a hagyományos és az agilis módszertan alkalmazása között van. A projektnagyságnak a legkisebb hatása, ami az egyedüli bennmaradt változó strukturális tényezők közül.

A megvalósítható projektek aránya (f/a) a tradicionális megközelítés esetén mindössze $f/a_{\text{TPMa}}\% = 18,53\%$, ami nagyon közel esik az empirikus vizsgálatokban feltárt értékekhez (lásd pl. SGI (2015, 2018))⁷, és egyben alátámasztja, hogy a rugalmas tevékenység-előfordulásokat is tartalmazó, például szoftverfejlesztői projektek esetén a hagyományos projekttervezési szemlélet nem ad kielégítő megoldást a projektek ütemezésére.

A szakirodalom előrejelzése alapján az agilis szemlélet esetén két-háromszorosára kellene javulnia a sikeres (itt még csak megvalósítható) projektek arányának. A szimulációink során az agilis szemléletre kapott megvalósítási arány $f/a_{\text{APMa}}\% = 52,78\%$, amely a szakirodalmi előrejelzésekkel összhangban van.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a szakirodalom mind a hagyományos, mind pedig az agilis megközelítésre alacsonyabb értékeket mért (SGI 2015, 2018), ugyanakkor ne felejtsük el, hogy még a különböző behatásokat modellező érzékenységvizsgálat előtt vagyunk. Fontos eredmény, hogy a hibrid projektmenedzsment megközelítés $f/a_{\text{HPMa}}\% = 72,4\%$ jelentősen tudja növelni a megvalósíthatósági arányt, melyet a későbbi vizsgálataink is megerősítenek.

Hasonló eredményeket kaptunk, ha a két valós projektstruktúrát elemeztük, hiszen itt is minden korlátozó tényező hatása szignifikáns volt, valamint az együththatók előjelei is megegyeztek.

Paraméterek	Log(Worth)
xPMA	974,220
$c_c\%$	600,171
$c_t\%$	429,574
$c_s\%$	224,346
N	21,555

4. táblázat. Hatások összegzése

⁷Mivel ezen a szinten még nem tekintjük a lazított korlátokat, így tulajdonképpen a megengedett projekttervek a Chaos Reports sikeres projektek fogalmának feleltethetők meg.

Paraméterek	β	$\exp(\beta)$	Wald	Szig.
<i>Szoftverfejlesztés projekt (SDP)</i>				
$c_t\%$	-2,741	0,065	1816,6	0,0000
$c_c\%$	-9,177	0,000	7296,4	0,0000
$c_s\%$	5,447	232,061	4565,6	0,0000
xPMa{TPMa-APMa&HPMa}	-7,765	0,000	7296,4	0,0000
xPMa{APMa-HPMa}	-0,271	0,778	48,4	0,0000
<i>Webfejlesztési projekt (WDP)</i>				
$c_t\%$	-8,188	0,000	5782,4	0,0000
$c_c\%$	-6,017	0,002	4430,6	0,0000
$c_s\%$	3,234	25,381	2059,1	0,0000
xPMa{TPMa-APMa&HPMa}	-2,800	0,061	3266,7	0,0000
xPMa{APMa-HPMa}	-0,642	0,526	833,6	0,0000

5. táblázat. Paraméterbecslések eredményei. Az első (SDP) projekt esetén: $R^2 = 0.6649$; általánosított $R^2 = 0.7994$; $RMSE = 0.2521$; téves besorolás valószínűsége = 0.0841; $n = 42756$. A második (WDP) projekt esetén: $R^2 = 0.6050$; általánosított $R^2 = 0.7566$; $RMSE = 0.2931$; téves besorolás = 0.1238; $n = 28800$

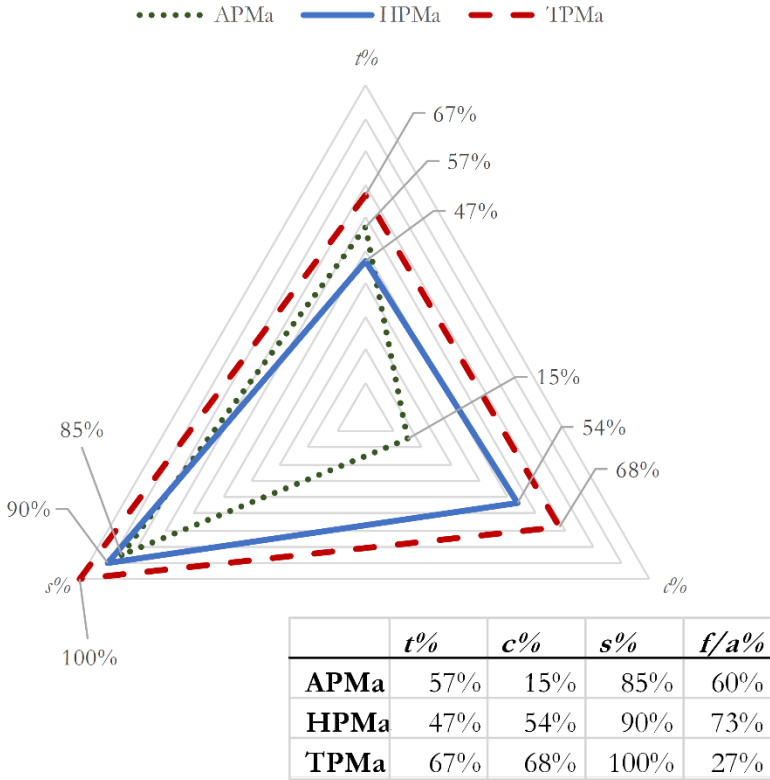
A legnagyobb hatást itt is a projektmenedzsment megközelítés megválasztása adta (lásd 6. táblázat eredményeit). A korlátok fontossági sorrendje változott csupán, hiszen az elsőben a költség, a másodikban az idő került a második helyre.

S D P p r o j e k t		W D P p r o j e k t	
Paraméter	Log(Worth)	Paraméter	Log(Worth)
xPMa	5280,264	xPMa	2962,671
$c_c\%$	4711,917	$c_t\%$	1952,501
$c_s\%$	1611,369	$c_c\%$	1698,271
$c_t\%$	463,236	$c_s\%$	558,698

6. táblázat. Hatások összegzése a valós projektsablonokat használva

A webfejlesztési projekteken keresztül azt is bemutatjuk, hogy bár hasonlóan a korábbi eredményekhez, itt is a hibrid megoldás adja a legtöbb megvalósítható projekttervet, ugyanakkor, ha csak a megvalósítható projekteket vizsgáljuk, és az ajánlattevés során csak ezekből fogunk szelektálni, akkor célunktól függően más és más projektmenedzsment megközelítés lehet célravezető számunkra.

Az összehasonlításhoz az (1) egyenletben c_x helyére értelemszerűen helyettesítsük be a projekt átfutási idő-, költség-, pontértékét. Az így kapott idő- ($t\%$), költség- ($c\%$), pontérték-arány ($s\%$) azt mutatja meg, hogy a kereteken belül hogyan gazdálkodtunk a projekt igényeivel. Ha pl. $c\% = 100\%$ ($t\% = 100\%$)-ot kapunk, akkor ez azt mutatja, hogy a projektünk költsége (időszükséglete) pont megegyezik a felső költség- (idő-) korlátokkal. 0% esetén viszont csak a minimális költség- (idő-) igények keletkeztek. Ezekből az értékekből minél kisebb érték jelenti az időben rövidebb, illetve kevésbé költséges projektterv megtalálását (lásd az 5. ábrát).



5. ábra. Projektigények alakulása a választott projektmenedzsment megközelítés függvényében

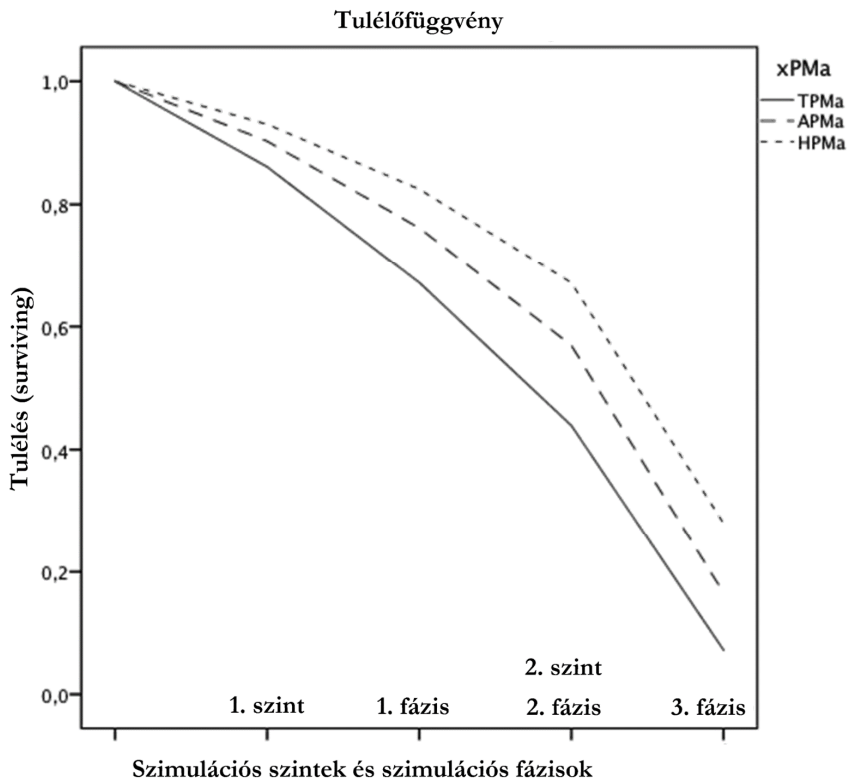
Ehhez képest, mivel a pontértékre minimumfeltételt határoztunk meg, itt $s\% = 0\%$ jelentené azt, hogy csak az alsó korlátban szereplő tartalmat valósítjuk meg, $s\% = 100\%$ pedig azt, ha minden tevékenységet megvalósítva maximális pontértéket kapunk.

Ha az elsődleges cél a megvalósított tartalom maximálása, akkor a legjobb választás a hagyományos projektmenedzsment stratégia lesz, ahogy ezt az 5. ábra is mutatja, hiszen itt egyetlen tevékenység sem maradhat el. Ha viszont a hibrid megoldás mellett maradunk, akkor a legtöbb sikeres projektet kapjuk. A sikeres projektek közül a hibrid megközelítés szolgáltatja a legrövidebb projekttervet, míg a legkisebb költségvetést egyértelműen az agilis projektmenedzsment megközelítéssel érhetjük el.

4.2 Kockázati tényezők hatása

Az előző szimulációban (1. szint) a legtöbb megvalósítható projektet akkor kaptuk, ha a választott menedzsment megközelítésként a hibrid eljárást használtuk. Ez a jelenség az ütemtervek érzékenységvizsgálatánál is megfigyelhető volt (2. szint). Mind a tevékenységigények (1. fázis), mind a sokkhatások (2.

fázis), mind pedig a vevői igények (3. fázis) változása esetén a legtöbb projekt akkor maradhatott sikeres (az első szinten megvalósítható), ha a hibrid projektmenedzsment megközelítést választottuk (lásd 6. ábra).



6. ábra. Kockázati hatások vizsgálata túlélőmodellekkel a webfejlesztési projekt példáján

A webfejlesztési projektet alapul véve meghatároztuk, hogy mely tényezők befolyásolják, hogy a projektterv a kockázati hatások ellenére még sikeresen menedzselhető lesz-e vagy sem. Az alkalmazott Cox-regresszió eredményét mutatja a 7. táblázat.

Paraméter	β	$\exp(\beta)$	Wald	Szig.
$c_t\%$	-1,411	0,244	12154,8	0,0000
$c_c\%$	-1,035	0,355	6790,5	0,0000
$c_s\%$	0,463	1,588	1378,0	0,0000
xPMa{TPMa-APMa&HPMa}	0,725	2,065	5116,1	0,0000
xPMa{APMa-HPMa}	0,346	1,414	1013,9	0,0000

7. táblázat. A Cox-regresszió eredménye a kockázati tényezők hatásának vizsgálatára

Valamennyi korlátozó tényező megválasztása befolyásolja nemcsak a projekt megvalósíthatóságát, hanem a kockázati kitétséget is. Ez az eredmény azért is érdekes, mert a szimuláció második szintjén már a korlátok nem

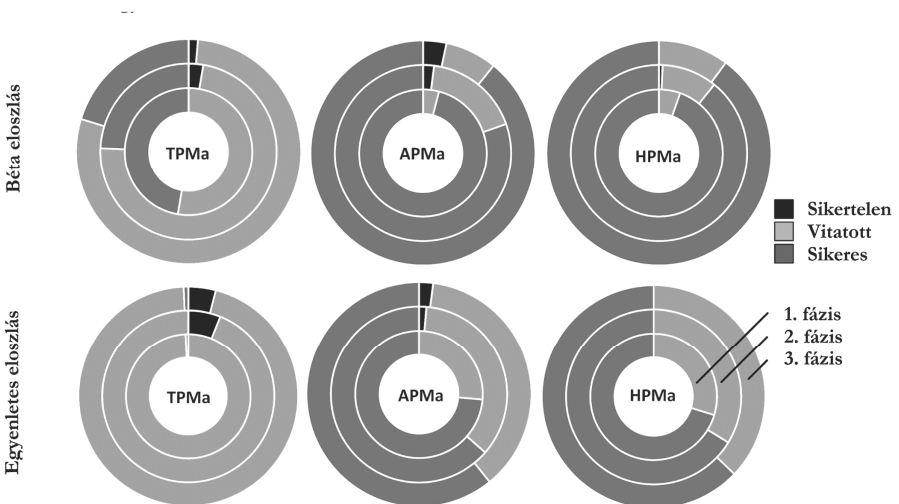
változnak. Viszont az ajánlattevés fázisában hozott döntés, amely megadja majd a projekt költségvetését, alapvetően befolyásolja, hogy a projekt sikeresen menedzselhető-e vagy sem.

Ennél a szimulációnál a tevékenységparaméterek változása – projektek modellezésekor gyakran használt – béta-eloszlást követett, amely azonban a változások hatását alulbecsli (lásd pl. McNeil és mtsai (2015)). Éppen ezért a másik (szoftverfejlesztési) projektnél a béta-eloszláson kívül már egyenletes eloszlás segítségével is változtattuk a paramétereket (lásd 7. ábra).

A 7. ábra már csak megvalósítható szoftverfejlesztési projekttervek érzékenységvizsgálatának eredményét szemlélteti. Ezek alapján azt láthatjuk ennél a szoftverfejlesztési projektnél is, hogy a kockázati hatásokra legérzékenyebb, azaz a kockázati tényezőknek leginkább kitett projekteket akkor kapunk, ha a hagyományos megközelítéssel próbáljuk meg a megvalósítást ütemezni. Ha kihasználjuk a projektek rugalmasságát, akkor a projekt sikeressége a kockázati hatások ellenére is sokkal jobban biztosítható. Fontos eredmény, hogy a 28800 szimuláció esetén a kockázati hatások ellenére a hibrid megközelítés alkalmazása során egyetlen esetben sem kaptunk sikertelen projekttervet.

A webfejlesztési projektek esetén is a projektek 92,19%-a maradt sikeres vagy legalább vitatott, lásd a 8. táblázatot.

A 8. táblázatban a $\Delta c\%$, $\Delta t\%$, $\Delta s\%$ értékek azt mutatják, hogy az első szinten, adott projektmenedzsment megközelítéssel futtatott projektterv idő-, költség-, valamint a projekt tartalmát jellemző pontértéket bázisként véve, százalékosan milyen átlagértéket értek el az egyes fázisokban a projektek a kockázati hatásokkal kezelve és azokra reagálva, de a megközelítési mód változatlanul hagyása mellett. Az f/a oszlop mutatja a sikeres és a vitatott projektek együttes arányát az összes projekttervhez képest.



7. ábra. Megvalósítható projektek érzékenységvizsgálata

xPMa	Fázisok	$\Delta c\%$	$\Delta t\%$	$\Delta s\%$	$f/a\%$
APMa	1	101,52	91,62	98,34	90,59
HPMa		98,87	85,93	98,99	97,50
TPMa		100,14	105,95	100,00	58,50
APMa	2	101,21	90,45	97,88	90,13
HPMa		98,59	83,47	98,88	95,86
TPMa		100,29	109,33	100,00	52,20
APMa	3	99,96	104,22	95,25	80,08
HPMa		93,72	88,64	97,35	92,19
TPMa		100,29	109,33	100,00	52,20

8. táblázat. Webfejlesztési projektnél az egyes megközelítések által elért átlageredmények csak a sikeres és vitatott projekteket figyelembe véve

Mivel a hagyományos projekttervben nem hagyhatók el tevékenységek, ezért a TPMa soraiban a $\Delta s\%$ értéke valamennyi fázisnál 100%, míg a többi megközelítés alkalmazása esetén veszítünk a projekt tartalmából, vagyis kevesebb tevékenységet tudunk csak megvalósítani.

Az agilis és a hibrid megközelítés hasonló számú sikeres és vitatott projektet eredményez egészen a harmadik fázisig, ahol is a projektbe beépülő új tevékenységek felboríthatják a projekttervet.

5 Következtetések

Az egyik legfontosabb következtetés, hogy valamennyi szimuláció azt igazolta, hogy a projektek megvalósíthatóságára, sikerességére a választott projektmegközelítések vannak a legnagyobb hatással. A hibrid megközelítés alkalmazása esetén van a legnagyobb esélyünk, hogy a projektjeinket végül sikeresen menedzselni tudjuk, ugyanakkor a legrövidebb átfutási időt is e projektmegközelítés adja. A hibrid megközelítés mellett bizonyos szituációkban a többi megközelítés alkalmazásának is vannak előnyei, hiszen az agilis szolgáltatja a legkisebb költségű projektet, míg a legtöbb tevékenység a hagyományos projekttervezés esetén őrződik meg.

Fontos eredmény, hogy a kockázatok kezelésének hatásosságát is elsősorban a választott projektmenedzsment megközelítés befolyásolja. A sikeres megvalósítás ára gyakran azonban az, hogy engednünk kell a projektartárlomból, éppen ezért a megvalósítandó tevékenységeket priorizálnunk kell.

6 Összefoglalás

Tanulmányunkban bemutattunk egy kockázatkezelő rendszert, amely egyrészt segíti a projektmenedzsmentet abban, hogy mely korlátok mentén tudja teljesíteni az adott projektben foglalt tevékenységeket. Az ajánlattevés fázisánál egy versenykörnyezetben megadja, hogy meddig szabad elmenni a költségek és időszükségletek lefaragásával, mikor válik már a projekt megvalósíthatatlanná, menedzselhetetlenné. A javasolt megoldás a vezetés számára abban is segítséget tud adni, hogy milyen megközelítéssel érdemes az adott fejlesztési projektet menedzselni.

A második szintben javasolt szimulációs módszerek a hagyományos paraméterváltozások hatásainak vizsgálatán (1. fázis) túl arra is választ adhatnak, hogy a sokkszerű hatások (2. fázis), valamint a megrendelői igények megváltozásának hatásai (3. fázis) melyik megközelítéssel védhető ki leginkább, ráadásul ennek pluszköltségekben, további időráfordításokban, valamint a tartalomcsökkenésben jelentkező hatása is előrejelezhető.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Pannon Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Kutatóközpontban készült. Koszttyán Zsolt Tibor kutatását a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta. Hegedűs Csaba kutatása a PD123915 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a PD 17 posztdoktori pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalom

1. Afshar-Nadjafi, B., (2018) A solution procedure for preemptive multi-mode project scheduling problem with mode changeability to resumption. *Applied Computing and Informatics*, 14(2), 192–201. URL <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.02.003>
2. Atkinson, R., (1999) Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), 337–342. URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)
3. Belout, A., Gauvreau, C., (2004) Factors influencing project success: the impact of human resource management. *International Journal of Project Management*, 22 (1), 1–11. URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(03\)00003-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00003-6)
4. Brennan, K., (2009) A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide), Version 2.0. International Institute of Business Analysis.
5. Browning, T. R., (2014) Managing complex project process models with a process architecture framework. *International Journal of Project Management*, 32(2), 229–241. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.008>
6. Brucker, P., Drexler, A., Mohring, R., Neumann, K., Pesch, E., (January 1999) Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European Journal of Operational Research*, 112(1), 3–41.
7. Cooke-Davies, T., (2002) The "real" success factors on projects. *International Journal of Project Management*, 20(3), 185–190. URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00067-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00067-9)
8. Creemers, S., Reyck, B. D., Leus, R., (2015) Project planning with alternative technologies in uncertain environments. *European Journal of Operational Research*, 242(2), 465–476. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.014>
9. Dalcher, D., (2009) Managing complex projects: A new model. *Project Management Journal*, 40(3), 83. URL <https://doi.org/10.1002/pmj.20134>

10. Dan, S. N., (2016) Success factors that influence agile software development project success. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 17(1), 172–222.
11. Eisner, H., (1962) A generalized network approach to the planning and scheduling of a research project. *Operations Research* 10(1), 115–125. URL <https://doi.org/10.1287/opre.10.1.115>
12. Elloumi, S., Fortemps, P., Loukil, T., (2017) Multi-objective algorithms to multi-mode resource-constrained projects under mode change disruption. *Computers & Industrial Engineering*, 106, 161–173. URL <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.029>
13. Eveleens, J., Verhoef, C., (2010) The rise and fall of the chaos report figures. *IEEE software*, 27(1), 30–36.
14. Fang, C., Marle, F., (2012) A simulation-based risk network model for decision support in project risk management. *Decision Support Systems* 52(3), 635–644. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2011.10.021>
15. Fernandez, D. J., Fernandez, J. D., (2008) Agile project management– agilism versus traditional approaches. *Journal of Computer Information Systems*, 49(2), 10–17.
16. Görög, M., (2013) Projektvezetés a szervezetekben. Panem. Hazír, O., (2015) A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control. *International Journal of Project Management*, 33(4), 808–815. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.09.005>
17. Joslin, R., Müller, R., (2016) The impact of project methodologies on project success in different project environments. *International Journal of Managing Projects in Business*, 9(2), preprint o. URL <http://dx.doi.org/10.1108/IJMPB-03-2015-0025>
18. Kastor, A., Sirakoulis, K., (2009) The effectiveness of resource levelling tools for resource constraint project scheduling problem. *International Journal of Project Management* 27(5), 493–500. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.08.006>
19. Kelley, Jr, J. E., Walker, M. R., (1959) Critical-path planning and scheduling. In: Papers Presented at the December 1-3, 1959, Eastern Joint IRE-AIEE-ACM Computer Conference. IRE/AIEE-ACM '59 (Eastern). ACM, New York, NY, USA. 160–173 o. URL <http://dx.doi.org/10.1145/1460299.1460318>
20. Kendrick, T., (2015) Identifying and managing project risk: essential tools for failure-proofing your project. AMACOM Div American Mgmt Assn.
21. Kolisch, R., Sprecher, A., (1997) PSPLIB - a project scheduling problem library: OR software – ORSEP operations research software exchange program. *European Journal of Operational Research* 96(1), 205–216. URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00170-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00170-1)
22. Kosztyán, Z. T., (2013) Mátrixalapú, stratégiai projekttervezési eljárások. *Sigma*, 44(1-2), 65–94.
23. Kosztyán, Z. T., (2015) Exact algorithm for matrix-based project planning problems. *Expert Systems with Applications*, 42(9), 4460–4473. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.066>
24. Kosztyán, Z. T., (2016) *Projektek és üzleti folyamatok tervezése és nyomonkövetése*. Pearson.
25. Kosztyán, Z. T., Kiss, J., (2010a) PEM – a New Matrix Method for Supporting the Logic Planning of Software Development Projects. In: DSM 2010:

- Proceedings of the 12th International DSM Conference*, Cambridge, UK, 22-23.07.2010.
26. Kosztayán, Z. T., Kiss, J., (2010b) Stochastic network planning method. In: Elleithy, K. (szerk.), *Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering*. 263–268. URL http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3660-5_44
 27. Kosztayán, Z. T., Pribojszki-Németh, A., Kovács, Z., (2016) Karbantartási projektek mátrixalapú tervezése. *Alkalmazott Matematikai Lapok* 33(1), 27–56.
 28. Kosztayán, Z. T., Szalkai, I., (2018) Hybrid time-quality-cost trade-off problems. *Operations Research Perspectives*, 5, 306–318. URL <https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.09.003>
 29. Kosztayán, Z. T., Szalkai, I., (2020) Multimode resource-constrained project scheduling in flexible projects. *Journal of Global Optimization*, 76, 211–241. URL <https://doi.org/10.1007/s10898-019-00832-8>
 30. Kosztayán, Z. T., (2018) Serviceability of large-scale systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 84, 222–231. URL <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.03.002>
 31. Lech, P., (2013) Time, budget, and functionality? IT project success criteria revised. *Information Systems Management*, 30(3), 263–275. URL <http://dx.doi.org/10.1080/10580530.2013.794658>
 32. McNeil, A. J., Frey, R., Embrechts, P., (2015) *Quantitative risk management: Concepts, techniques and tools*. Princeton University Press.
 33. Minogue, P., (2011) "Gantt-Like" DSMs. In: *DSM 2011: Proceedings of the 13th International DSM Conference*.
 34. Orlin, J. B., (1993) A faster strongly polynomial minimum cost flow algorithm. *Operations Research* 41 (2), 338–350. URL <http://dx.doi.org/10.1287/opre.41.2.338>
 35. PMI (szerk.), (2019) *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7th ed. Project Management Institute.
 36. Pritsker, A. A. B., (1966) GERT: Graphical evaluation and review technique. Rand Corporation.
 37. Rahimian, V., Ramsin, R., (June 2008) Designing an agile methodology for mobile software development: A hybrid method engineering approach. In: *Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008. Second International Conference on*. 337–342. URL <http://dx.doi.org/10.1109/RCIS.2008.4632123>
 38. Rockafellar, R. T., Uryasev, S., (2000) Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of Risk*, 2, 21–42.
 39. SGI, (2015) *CHAOS report*. Standish Group International.
 40. SGI, (2018) *CHAOS report: Decision latency theory: It is all about the interval*. Standish Group International.
 41. Thomas, G., Fernández, W., (2008) Success in IT projects: A matter of definition? *International Journal of Project Management*, Special Issue. 26(7), 733–742. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.06.003>
 42. Tyagi, M., Munisamy, S., Reddy, L., (2014) Traditional and hybrid software project tracking technique formulation: state space approach with initial state uncertainty. *CSI Transactions on ICT* 2(2), 141–151. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s40012-014-0037-5>

43. Wysocki, R. K., (2019) *Effective project management: traditional, agile, hybrid, extreme*, 8th ed. John Wiley & Sons.

MATRIX-BASED PROJECT RISK MANAGEMENT

The goal of this research is to model and analyze project success and the risks of project planning. The proposed agent-based methods can represent traditional, agile and hybrid project management approaches, while the proposed risk effect simulation framework models the changes in time and cost demands as well as the changes in customer requirements (scope creeps). Since most quantitative risk management techniques are based on fixed project plans or on a few predetermined alternatives, flexible (such as agile and extreme project management) approaches – where the project structure can be modified – are minimally supported. Therefore, the changes in customer/management claims that can modify the project structure, are very hard to model and forecast. The proposed matrix-based risk management method allows us to model and compare the risks and success of traditional, agile and hybrid project management approaches by handling flexible structures and modeling flexible and iterative techniques. Since the proposed method can model both the traditionally investigated risk factor effects (like delays, cost overruns and resource overloading) and the project structure changes (as a novel element), it could be an essential feature of a risk-based decision support system. This agent-based decision support framework can also decide which combination of the modeled project structures and project management approaches is the most adequate for a given project completion.

In this paper simulated projects and several real IT project templates have been analyzed to compare the adequacy of project management (PM) approaches under uncertainty. Software and web development projects have been taken into consideration because agile and hybrid project management (PM) approaches are primarily used in IT projects; however, this simulation shows us that these approaches can also be effective in cases of other flexible projects. The outputs of the PM agents are compared to the best theoretically available cost, time and score values that are not bounded by the constraints, while the attributes of the tasks and completions modes and methodology properties of the PM approaches are unchanged. In this way, not only the best approach is determined, but its merit can also be evaluated.

Results show that there is not a single absolute winning strategy. In every decision of the project manager time, cost and quality requirements need to be harmonized. If there is no chance of deviating from the original project plan, and restructuring the project schedule is not possible, the only available approach is the traditional project management approach, and the available operational tool is one kind of trade-off method. If the project is flexible, the agile approach produces the least mean project cost values, the hybrid project management approach produces the least mean project duration, and the traditional project management approach produces the highest project scores. In all cases, the hybrid approach can produce the highest rate of feasible project plans. If the project is not flexible, the hybrid and the traditional project management agent is identical; as the flexibility factor increases, the behavior of the hybrid approach becomes more similar to the agile behavior.