



**Pécsi Tudományegyetem
Breuer Marcell Doktori Iskola**

**BIZONYTALAN ERŐFORRÁS-KORLÁTOS
PROJEKTEK ÜTEMEZÉSE**

Danka Sándor

- PhD Doktori Értekezés Tézisei -

**Tudományos vezetők:
Dr. habil Csébfalvi Anikó Borbála CSc PhD
Dr. habil Csébfalvi György CSc**

*Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar
Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszék*

Pécs
2014.

BEVEZETÉS

Disszertációmban egy új első-másodlagos szempont szerinti ütemezési modellt mutatok be bizonytalan tevékenységi időtartamokkal és pénzáramokkal rendelkező erőforrás-korlátos projekt ütemezési problémák esetére. A modell olyan nagyprojektek esetére lett kidolgozva, amelyek méretükből és újszerűségükből és összetettségükből fakadóan nagy kockázattal járnak a magas beruházási költségük, hosszú megvalósulási idejük és kiemelt társadalmi hasznosságuk miatt.

Az ilyen projektek esetén a legfontosabb tervezési szempontok között szerepel a projekt végrehajtásának időtartama, annak biztossága és költségintenzitása. Ezen szempontok érvényesítése komoly módszertani kihívást jelent, hiszen a valós kivitelezés számos bizonytalanságot rejt. Ezen kihívásokra ad egy lehetséges választ a disszertációmban bemutatott ütemezési eljárás, amely bizonytalan körülmények között is képes megbízható támogatással szolgálni a projektmenedzserek részére.

A kutatásom eredménye egy új metaheurisztikus harmóniakereső eljárás amely, a matematikai programozás, a metaheurisztikák és a mintavételezés alapú eljárások kombinációjából jött létre.

A modell a Csébfalvi (2007) által fejlesztett "Csend Hangjai" harmónia kereső algoritmus megfelelően módosított változata. Az eljárás robusztus mivolta miatt bizonytalan tevékenységi időtartamok mellett is képes erőforrás-korlátos ütemezéseket generálni, melyekben a tevékenységek mozgatója (csúszása) miatt sem omlik össze ütemezés. A modell egy másodlagos szempont szerinti ütemezés segítségével képes figyelembe venni az eltérő megvalósulási idejű projektek nettó jelenértékét is. A két szempontú ütemezés által egy a valósághoz sokkal közelebb álló modellt kaptam, amely nagyban segítheti a projektek megvalósulását.

A DOLGOZAT FELÉPÍTÉSE

A bevezetést követően dolgozatom első fejezetében bemutatom a projektütemezés problémakörét. A dolgozat elsősorban a nagy projektekből fakadó problémák megoldására keresi a lehetséges megoldásokat, de ezek közül is kiemelt figyelmet fordít az olyan speciális feladatokra, melyek a területfejlesztési és mérnöki világ határán mozognak. A dolgozat alap példaként kezeli az Ős-Dráva programot, amely vidékünk egyik kurrens és jelentős fejlesztése. Ez a program egy olyan tipikus minta, amely bemutatásával jól értelmezhető a vizsgált témakör, és egy olyan gyakorlati példa mely bemutatásával érthetővé válik a kutatás motivációja és célja.

A projektütemezés lényege, hogy megbízható ütemezéssel szolgáljon a kivitelező szakembergárdának. A valós életben azonban ez az egyszerű elvárás csak ritkán teljesül. A kivitelezés során általános tapasztalat a csúszás és a többletköltség. Ez egy olyan valós probléma, amelynek okait és a lehetséges sikertényezőit a dolgozat ezen része csoportosítja.

A fejezet további részében a sikeres kivitelezés lehetséges stratégiai megközelítéseit vizsgálom, amelyek hatékonyak lehetnek az ismeretlennel való bánásban. Az ütemezési stratégia kiválasztása az egyik első megválasztandó tényező, amely jelentősen meghatározza a megoldásunkat és annak használhatóságát a későbbiekben. Bemutatom a *proaktív* és *reaktív ütemezési* stratégiák közti különbséget, melyek közül az előbbi megközelítés lesz az, amelyik a dolgozatban bemutatott ütemezési eljárás alapjául is szolgál.

A fejezet utolsó részében bemutatom a projektütemezés legfontosabb alapelemeit és fogalmait:

- Tevékenységek
- Erőforrások
- Célfüggvények
- Ábrázolási módszerek

A 3. fejezetben kerül sor a szakirodalmi áttekintésre. Ebben a fejezetben vizsgálom a nemzetközi szakirodalom eredményeit, melyek elsősorban az erőforrás-korlátos projektütemezési problémák megoldására készültek.

A kutatás során nem csak olyan eljárásokat veszek sorra, amelyek szorosan kapcsolódnak az időtartam minimalizáló és nettó jelenérték maximalizáló eljárásokhoz. Ezek az eljárások sok esetben vesznek át módszereket más modellekből, melyek ezáltal előzményként kezelhetők. Ilyenek lehetnek a nem erőforrás-korlátos esetek, vagy az egzakt megoldások. Egzakt megoldások kisméretű esetekben adnak optimális megoldást. A megoldandó probléma viszont NP-nehéz természetű melyre heurisztikus eljárások adnak elfogadható időn belül jó megoldást, a heurisztikák mégis sok esetben egzakt megoldásokból táplálkoznak. Az NP nehéz azt jelenti, hogy egy Nem-determinisztikus, Polinomiális idő alatt hagyományos eljárásokkal nem megoldható problémáról van szó, Blazewicz (1983).

A heurisztikus eljárásokon belül is kiemelten foglalkozom a metaheurisztikus megoldásokkal, mivel ezen eljárások adják a leghatékonyabb eredményt. A bemutatásra kerülő új metaheurisztika, a Csébfalvi által kifejlesztett és megfelelően módosított "Csend Hangjai" harmónia kereső eljárás is ebbe a csoportba tartozik.

EGY ÚJ HARMÓNIA KERESŐ ALGORITMUS

Ebben a fejezetben bevezettem egy új harmónia kereső algoritmust, amely a Csébfalvi (2007) által fejlesztett "Csend Hangjai" harmónia kereső algoritmus megfelelően módosított változata. A módosítás célja a következők voltak:

- Olyan módszert létrehozni, amely képes a tevékenységi időtartamokban fellépő bizonytalanság kezelésére.
- Olyan módszert létrehozni, amely képes a pénzáramokban fellépő bizonytalanság kezelésére
- Olyan feltétel rendszert kialakítani, amely egyszerre képes a projekt időtartamának minimalizálására és a nettó jelenérték maximalizálására.
- Képesé tenni a módszert arra, hogy feltételes kérdésekre is szimulálható válaszokat adjon
- Lehetővé tenni az összehasonlíthatóságot az algoritmusbeli módosítások hatásának eredményei illetve eltérő módszerek között

ROBOSZTUS ERŐFORRÁS-KORLÁTOS PROJEKTEK ÜTEMEZÉSE BIZONYTALAN-DE-KORLÁTOS TEVÉKENYSÉGI IDŐTARTAMOKKAL ÉS PÉNZÁRAMOKKAL

Ebben a fejezetben bemutatok egy modellt erőforrás-korlátos projektek ütemezésére, melyek bizonytalan-de-korlátos tevékenységi időtartamokkal és pénzáramokkal rendelkeznek. Az eljárás lényege, hogy az ütemezés immunis a tevékenységi bizonytalanságokra, és mintavételezés alapú scenáriókkal alkalmas a költségalapú értékelésre. Alapfeltételezés, hogy a bizonytalan-de-korlátos tevékenységi időtartamok és pénzáramok optimista - pesszimista becslésekkel írhatók

le. A robusztus ütemezések értékelésénél első szempont a teljes projektidőtartam változékonysága és második szempont a projekt nettó jelenértéke a generált scenáriók mintavétel-a-mintavételen alapuló folyamatában. Az eljárás során a robusztus ütemezés kereső algoritmus egy vegyes egész értékű lineáris programozási feladat (MILP), mely kombinálva lett egy mintavétel alapú költségértékeléssel.

Az elsődleges szempont szerinti kritérium az optimista és pesszimista erőforrás-korlátos időtartamok lineáris kombinációjából ered. A célfüggvényben súlyozó tényezőket alkalmaztam, hogy a modell minél jobban képes legyen a gyakorló menedzser szemlétének (kockázattűrő képességének) és megérzéseinek további implementálására a lehetséges kimenetekkel kapcsolatban.

A modell leírható egy olyan célfüggvénnyel, amely minimalizálja a lehetséges (optimista-pesszimista) kimenetek lineáris kombinációinak projektidőtartamát, figyelembe véve az erőforrás-korlátosságot, az eredeti és az új megelőző-rákövetkező relációkat, és a projekt teljesülésének pesszimista felső korlátját.

A modell alapja a tiltott halmazok elmélete, így az eredmény egy optimális konfliktusjavító halmaz. Ennek a beillesztésével megkapjuk a robusztus ütemezést, amely képes kezelni a bizonytalan tevékenységi időtartamokat.

Megjegyzendő, hogy a kapott eredmény nem szükségszerűen költségghatékony a definiált bizonytalan környezetben. Ennek következtében szükséges a bizonytalan pénzáramok vizsgálata is minden lehetséges bizonytalan tevékenységi időtartammal összevetve a legjobb-legrosszabb időtartam tartományban.

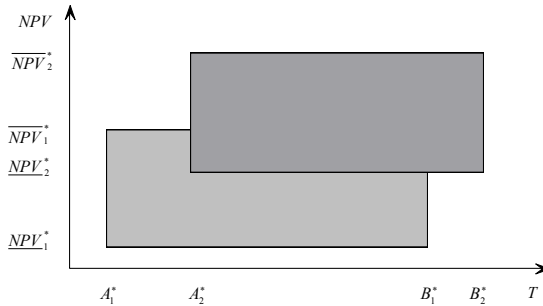
A vizsgálat lényegi eleme a projekt nettó jelenértékének (NPV) maximalizálása. A keresés módszertanilag szintén egy MILP-en alapszik, viszont a hagyományos modell leírások értelmében ez egy rendkívül nagy számítási feladatot eredményezne, amely a

tevékenység szám exponenciális függvényeként oldható csak meg. A modell implicit erőforrás-korlát kezelésének köszönhetően a MILP függvényhalmaza csak elsőbbségi függvényeket és a beillesztett erőforrás konfliktus javító függvényeket tartalmaz. Ennek köszönhetően az elsőbbségi függvényeket egy teljesen unimoduláris (TU) leírással helyettesíthetjük, amelynek köszönhetően az erőforrás- korlát-mentes nettó jelenérték probléma polinomiális idő alatt megoldható lesz (Pritsker et al.1969). A modell ezen pontján az erőforrás-korlátok elhagyása lehetséges, mivel a konfliktusjavító megoldások ezeket a feltételeket biztosítják.

A probléma megoldásához szükséges egy olyan hibrid módszer, amely kombinációja a matematikai programozásnak, a metaheurisztikáknak és a mintavételezés alapú eljárásoknak.

A "Csend Hangjai" harmónia kereső metaheurisztika (Csébfalvi, 2007) az, amely képes az eredményként kapott számos lehetséges megoldás között irányt mutatni. A keresés folyamán számos olyan megoldás vázolódik, amelyek projekt időtartamuk és nettó jelenértékük szerint változatos eredményt mutatnak. A "Csend Hangja" metaheurisztika kiválasztási folyamat emiatt a következőképpen írható le:

- A kiválasztási mechanizmus kulcsszereplője a "Csend Hangjai" metaheurisztika operátora a "karmester", aki az ütemezések kiválasztásáért felelős.
- A kiválasztási mechanizmus kiválasztja az olyan többé-kevésbé jó ütemezéseket, amelyek akkor a jónak mondható projekt időtartammal (minimális) és jónak mondható nettó jelenértékkel rendelkeznek (maximális). Minél jobbnak mondható az értékpár annál nagyobb a valószínűsége, hogy az operátor kiválasztja azt. Ez a dilemma a 1. ábrának megfelelően vizualizálható:



1. Ábra: Lehetséges projekt változatok eltérő teljes projektidőtartammal és nettó jelenértékkel

- Az operátor megjegyzi azokat a lehetséges projekt variációkat, amelyek mindkét szempont szerint a legjobb megoldást szolgáltatják. Az aktuálisan legjobb időtartam minimális és nettó jelenérték maximális valamint legjobb nettó jelenérték maximális és időtartam minimális ütemezéseket.

Az eredményeket a **1. Tézis** tartalmazza.

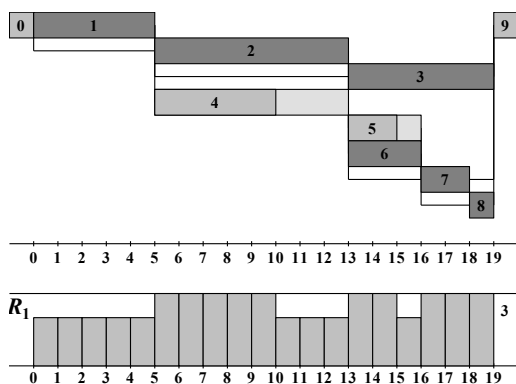
AZ ALGORITMUS ALKALMAZÁSÁNAK ÉS KITERJESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Megvizsgálom, hogy hogyan lehetséges választ adni a tevékenységi időket érintő feltételes kérdésekkel kapcsolatban, melyhez szükség van a kritikus út használatára. A kritikus út fontos és visszatérő kérdése az ütemezés irodalmának. A terület azonban annál érdekesebb, ha a kritikus utat erőforrás korlátok figyelembe vételével vizsgáljuk.

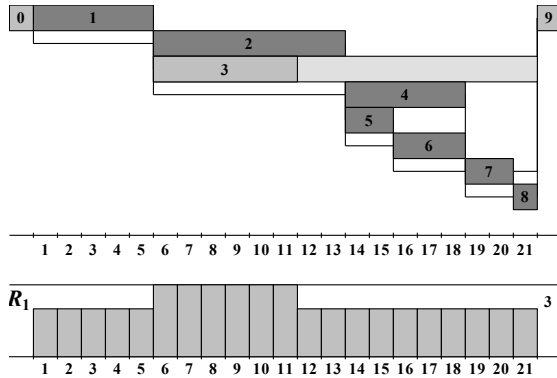
Az eljárás, a hagyományos idő-orientált eljárásokkal (tevékenységeket a kezdési idejükkel definiáltak) szemben egy olyan robusztus erőforrás-korlátos ütemezést generál, amelyben lehetségesek a tevékenység mozgatók anélkül, hogy az ütemezés összeomlana. Az eljárás lényege a tiltott halmazok alkalmazása, amely megadja az

ütemezés optimális erőforrás konfliktus javító reláció halmazát. Az utólag beillesztett megelőző-rákövetkező relációkkal.

Még a kisebb erőforrás-korlátos projektek esetén is lehetségesek alternatív erőforrás allokációk, amelyek ugyanolyan projekt időtartamot eredményeznek, de eltérő kritikus utat. Ezáltal egy tevékenység lehet kritikus az egyik ütemezésben, és lehet valamennyi tartalékideje (flexibilitása) egy másikban. Ilyen esetekben fontos lehet az alternatív variációk vizsgálata, és egy új tartalékidő mérték lefektetése, mint az erőforrás-korlátos teljes projekt tartalékidő mérték. A 2. és 3. ábra szemlélteti egy olyan kritikus út variációit, melyben a az egyik tevékenység megvalósulása (3-as számú) bizonytalan, és ezért tartalékidő allokációja szükséges hozzá.



2.ábra: Minimális projekt időtartamú ütemezés




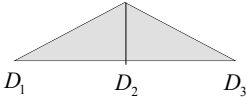
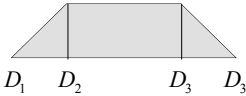
3. Ábra: A 3. tevékenységhez alkalmazkodó ütemezés

A kérdést tovább vizsgálva megállapítom, hogy nem a tartalék megléte vagy annak mennyisége a legfontosabb, hanem inkább annak a tevékenységek közti eloszlása.

A tartalék idő fontosságán túl azonban konfliktusban van a teljes projektidőtartammal. Mindkét projekt mérték fontos ismerv, de igazán jó tartalék időt csak egy hosszabb megvalósulási idővel lehet elérni, mely természetesen fordítva is igaz.

Egy bizonytalan tevékenység időtartamú projekt esetén kihívást jelent a tevékenységi időtartamok leírására. Ez azért okoz nehézséget, mert információ hiányában nincs lehetőség a hagyományos valószínűségi technikák alkalmazására. A projektek újszerűsége miatt nincs használható statisztikai adat, amelyből megfelelő eloszlási görbékre (valószínűségi adatokra) lehetne következtetni. Vizsgálataim során azt feltételeztem, hogy a fuzzy logika és a lehetőségi (tagsági függvények orientált) megközelítések alkalmazásával megvalósíthatóvá válik a probléma implementálása a modellbe. A fuzzy halmazok leírásával először Zadeh (1965) és Gougen (1969) munkáiban találkozunk, a halmazok fogalmának általánosításával és az emberi nyelvzetben lévő döntésekkel kapcsolatos bizonytalanság értelmezésével kapcsolatban. Az eljárás lényege, hogy tagsági függvényekkel matematikailag is

értelmezhetővé válik a verbális információ tartalom. A tagsági függvények lényege, hogy a fuzzy halmazok esetén a halmazhoz való tartozás és nem tartozás között fokozatos átmenet van, ezáltal könnyen leírhatók a pusztán szakmai tudásra alapozott verbális feltételezések. Ennek grafikus ábrázolását szemlélteti az 4. ábra is.

Tagsági függvény	Paraméter	Alak
Téglalap	$\{D_1, D_2\}$	
Háromszög	$\{D_1, D_2, D_3\}$	
Trapéz	$\{D_1, D_2, D_3, D_4\}$	

4. Ábra: Alapvető tagsági függvény fajták a paraméter szám függvényében

A bevezetett modell egy rugalmas egységesített modellen alapszik melyben lehetőség van a tagsági függvény orientált, valószínűségi (eloszlási függvény alapú) vagy vegyes (részben tagsági függvény alapú részben eloszlási függvény alapú) értelmezésre is, mivel a megközelítés invariáns a szabad paraméterek "valódi" bizonytalanságot érintő jelentéstartalmára. A központi határeloszlási-tétel robusztussága miatt a valós méretű projektek lehetséges befejezési időtartamai mindig közel normális eloszlást mutatnak. Evvel tehát egy olyan egységesített modellhez jutunk, ahol az eredmények és gyakorlat eltörli az szakirodalomban szinte áttörhetetlennek látszó gátat a lehetőségi és valószínűségi megközelítések között.

A szakirodalom fejlődésével nagy számban keletkeznek optimalizáló algoritmusok, amelyek minden esetben magukat tüntetik fel a legjobb eljárásnak. Tény, hogy eltérő problémákra más és más megközelítések alkalmasak, ez is az egyik oka a robbanásszerű fejlődésnek. Örök kérdés-melyre sokáig nem született megoldás- hogy hogyan lehet ezeket az eljárásokat igazságos módon összehasonlítani (Hooker, 1995). Továbbá a kérdés ugyanígy nyitott az egyes eljárások fejlődése során is. Hogy lehet eldönteni, hogy az eljárásokban alkalmazott algoritmus változatok közül melyik a jobb?

Erőforrás-korlátos projektütemezési problémák összehasonlításához nagyon szigorú protokoll kiválasztásával lehet eljárni, melyek már jól beváltak például gyógyszeripari fejlesztések esetén, hiszen a problémák súlya ilyen esetekben is hasonló lehet. Bemutatom, hogy egy adott metaheurisztikus keretben (a "Csend Hangjai" harmónia kereső algoritmus esetén) milyen valós hatással járnak egyes módosítások/fejlesztések. Az alátámasztáshoz a PSPLIB (Project Scheduling Problem LIBrary) tesztprojekteket és azok optimális ütemezését tartalmazó tesztkönyvtár (Kolisch and Sprecher, 1996) J30 teszt halmazának legnehezebb 10 esetét vizsgáltam, úgy, hogy minden kiválasztott példát 30-szor futtattam a különböző operátorokkal, hogy megkapjam az összehasonlításhoz legalább szükséges kis mintát. Az összehasonlítás elvégzéséhez a klasszikus nem-paraméteres Kolmogorov-Smirnov tesztet használtam, mellyel a későbbi statisztikai problémák elkerülhetők az esetben (Csébfalvi, 2012). Mivel a jelen összehasonlítás esetén ismertek a tesztkönyvtár példájának optimális megoldásai, így ebben az esetben az összehasonlítás az optimális megoldástól való százalékos eltéréssel mérhető.

Az elért eredményeket a **2.,3.,4. Tézis** ismerteti.

AZ ŐS-DRÁVA PROGRAM ÜTEMEZÉSE

A dolgozatban kifejlesztett módszertani megoldások, olyan nagy és összetett projektek megoldására hivatottak, mint az Ős-Dráva program.

A program rendkívül összetett, hosszú távú és sok területet érint. A megoldási javaslatai sok esetben újszerűek, ezért nincs referencia programként használható minta projekt. Ezek miatt a program tervezett időtartama igen nehezen megbecsülhető, ami a nagy költségintenzitás és a programtól várt jelentős hatások miatt fontos. A projektek ütemezése egy igen fontos kérdés, mivel az időbeli csúszások komoly költségvonzattal járhatnak.

A projekt teljesítésével kapcsolatban számos bizonytalanságot keltő tényezőről beszélhetünk. Az Ős-Dráva program végrehajtása sok esetben olyan munkásokra van terhelve akiknek kevés szakmai tapasztalata van - mivel közmunkások- és a felhasználásra kerülő technológia sem napjaink rutinjának felel meg. Természetesen a projektben szerepelnek nagyon komoly munkálatok is ahol csak a legkorszerűbb megoldások alkalmazása lehet kielégítő, de a technikák összeegyeztetése csak további bizonytalanságot szül.

A program végrehajtása szempontjából nem elhanyagolható az egyes részprojektek nettó jelenértéke és profit termelő képessége. Ezek helyes ütemezése többlet forrást biztosíthat a teljes programnak, ami annak teljesülését biztosabb alapokra helyezheti.

A dolgozat befejezéseként bemutatom az ismertetett algoritmus eredményeit egy olyan feladaton, amely a az Ős-Dráva program leképezésének tekinthető. A feladat szemlélteti az algoritmus hatékonyságát, és a probléma módszertani nehézségeit és rávilágít arra, hogy milyen nehéz egy több-szemponútú kérdésben a döntéshozatal.

Az eredményeket az **5. Tézis** tartalmazza.

TÉZISEK

1. Tézis

(Danka 2013b- [DOI](#), [Scopus](#), Danka 2013c, Danka 2014-[DOI](#), [Wos](#), [Scopus](#))

- 1.1. A nagy projektek sajátosságaiból fakadó ütemezési problémák megoldására, a dolgozatban kifejlesztett optimalizálási eljárás alkalmas két-szemponútú optimalizálási feladatok esetében is, melyek megoldása a valósághoz közelebb áll, mint a pusztán egy szemponútú optimalizálás.
- 1.2. Nagy projektek esetén kiemelt probléma az erőforrás korlátosság valamint a méretből és egyéb sajátosságokból fakadó bizonytalanság. A dolgozatban kidolgozott modell alkalmas a teljes projektet részprojekteként kezelni figyelembe véve azok jelenértékét és kockázatát, és ezek ismeretében elvégezni az ütemezési feladatot elfogadható időn belül. Ezáltal olyan ütemezést kapunk, amely a projekt teljes időtartama és nettó jelenértéke szempontjából egy Pareto hatékony megoldás.

2. Tézis

(Levi, Danka 2012- [Scopus](#))

Az általam kidolgozott modell képes feltételes kérdések kezelésére. A modell lényegi eleme, hogy az ütemezést nem a tevékenységek kezdési idejével írja le, hanem a tiltott halmazoknak köszönhetően erőforrás-konfliktus javító relációkkal. Ez lehetővé teszi a tevékenységek mozgását, és ezáltal alternatív ütemezési lehetőségek elemzésére nyílik lehetőség.

3. Tézis

(Danka 2011- [DOI](#), [Scopus](#), Danka 2011b- [Scopus](#), Csébfalvi, Csébfalvi, Danka 2011-[DOI](#), [Scopus](#))

- 3.1. Bemutattam, hogy a "Csend Hangjai" harmóniakereső algoritmus továbbfejleszhető oly módon, hogy képes legyen tagsági függvények alkalmazásával tevékenységek időtartam bizonytalanságának kezelésére erőforrás-korlátos projektütemezési probléma esetén.
- 3.2. Bebonyítottam, hogy a valószínűségi és a lehetőségi megközelítések nem egymással szembenálló megközelítési formák, mivel a tiltott halmazok használatával valamint a központi határeloszlási-tétel robusztussága miatt az eloszlási függvény normálhoz közeli lesz fuzzy inputok használata esetén is.
- 3.3. Megmutattam, hogy a fuzzy logika és a tiltott halmazok alkalmazásával olyan egységesített modellt lehet előállítani, amelyben az eszközölhető tevékenység mozgások nem okoznak erőforrás túlhasználatot.
- 3.4. Megmutattam, hogy a Csend Hangjai harmóniakereső algoritmus képes újdonságtartalmú nagy projektek sajátosságaiból fakadó ütemezési problémák megoldására. Az ilyen jellegű projektek sok egyediséget, és ezáltal ismeretlent tartalmaznak, Az eljárás újdonsága, hogy a megoldásra a fuzzy logikából ismert tagsági függvényeket alkalmaztam, amely képes statisztikai információk nélkül szakmai ismereteken alapuló következtetések értelmezésére.

4. Tézis

(Danka 2013a)

Megmutattam, hogy a heurisztikus eljárások esetén szükség van az alternatív eljárások összehasonlítására. A hatékonyság érdekében egy adott eljárás fejlesztése esetén is szükséges a modell változatok közti igazságos értékelés. A metaheurisztikus eljárások esetén a Kolmogorov-Smirnov teszt tud segítséget biztosítani az egységes értékeléshez.

5. Tézis

(Danka, Csébfalvi 2012- [DOI](#), [Scopus](#), Danka 2014-[DOI](#), [Wos](#), [Scopus](#))

- 5.1. Bemutattam, hogy erőforrás-korlátos projektütemezési feladatoknál (meghatározott keretösszegű projektek esetén) kiemelt stratégiai döntés olyan részprojektek előreütemezése, amelyek gyors/folyamatos megtérülésűek és így újra befektethetőek. A kifejlesztett eljárásban egy megfelelő előoptimalizálással egy jó induló megoldást kapunk, melyet a modellünk képes használni és a működését is meggyorsítja.

- 5.2. Bemutatom, hogy a két-szempontú ütemezési probléma esetén a megoldás kiválasztásában kiemelt szerepe van a döntéshozó szakember kockázattűrő képességének. Ennek oka, a nagyszámú hasonló minőségű ütemezés, amely eltérő optimista-pesszimista projektidőtartammal és pénzárrammal rendelkezik.

TÉZISEKHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Danka S: Sounds Of Silence: A Sampling-Based Bi-Criteria Harmony Search Metaheuristic For The Resource Constrained Project Scheduling Problem With Uncertain Activity Durations And Cash Flows, Periodica Polytechnica-Civil Engineering 58:(2) Pp. 93-104. (2014), If: 0.250* , Link(Ek): [Doi](#), [Wos](#), [Scopus](#)
Folyóiratcikk/Szakcikk/Tudományos

S Danka: Robust Resource-Constrained Project Scheduling With Uncertain-But-Bounded Activity Durations And Cash Flows: Ii. Sounds Of Silence: A New Sampling-Based Hybrid Primary-Secondary Criteria Harmony Search Metaheuristic, International Journal Of Optimization In Civil Engineering 3:(4) Pp. 543-561. (2013)
Folyóiratcikk/Szakcikk/Tudományos

Danka Sándor: Robust Resource-Constrained Project Scheduling With Uncertain-But-Bounded Activity Durations And Cash Flows: I. A New Sampling-Based Hybrid Primary-Secondary Criteria Approach, International Journal Of Optimization In Civil Engineering 3:(4) Pp. 527-542. (2013)
Folyóiratcikk/Szakcikk/Tudományos

Danka S: A Statistically Correct Methodology To Compare Metaheuristics In Resource-Constrained Project Scheduling, Pollack Periodica: An International Journal For Engineering And Information Sciences 8:(3) Pp. 119-126. (2013),
Link(Ek): [Doi](#), [Scopus](#)
Folyóiratcikk/Szakcikk/Tudományos

S Danka, A Csébfalvi: A Hybrid Metaheuristic For Project Scheduling Problems With Fuzzy Activity Durations To Support The Ós-Dráva Water Management Programme, In: B H V Topping (Szerk.), Proceedings Of The Eighth International Conference On Engineering Computational Technology. Konferencia Helye, Ideje: Dubrovnik, Horvátország, 2012.09.04-0201.09.07. Stirling: Civil-Comp Press, Stirling, Uk, 2012. Pp. 1-20., (Isbn:[978-1-905088-55-3](#)), Link(Ek): [Doi](#), [Scopus](#)
Könyvrészlet/Konferenciaközlemény/Tudományos

Levi Roni, Danka Sándor: A New Metaheuristic For Float Management In Resource-Constrained Project Scheduling: A Bi-Criteria Approach, In: Agostinho Rosa, António Dourado, Kurosh Madani, Joaquim Filipe, Janusz Kacprzyk (Szerk.), Ijcc 2012 Proceedings Of The 4th International Joint Conference On Computational Intelligence. Konferencia Helye, Ideje: Barcelona, Spanyolország, 2012.10.05-

2012.10.07. Barcelona: Scitepress, 2012. Pp. 290-293.(Isbn:[978-989-8565-33-4](#)),
Befoglaló Mű Link(Ek): [Scopus](#), [Egyéb Url](#)
Könyvrészlet/Konferenciaközlemény/Tudományos

Anikó Csébfalvi, György Csébfalvi, Sándor Danka: Fuzzification Of The Resource-Constrained Project Scheduling Problem: A Fight Against Nature, In: Agostinho Rosa, Janusz Kacprzyk, Joaquim Filipe, António Dourado Correia (Szerk.), Ecta 2011: International Conference On Evolutionary Computation Theory And Applications And International Conference On Fuzzy Computation Theory And Applications. Konferencia Helye, Ideje: Paris, Franciaország, 2011.10.24-2011.10.26. [S. L.]: Scitepress, 2011. Pp. 286-291., (Isbn:[978-989-8425-83-6](#)),
Link(Ek): [Doi](#), [Scopus](#), Befoglaló Mű Link(Ek): [Teljes Dokumentum](#)
Könyvrészlet/Konferenciaközlemény/Tudományos
Független Idéző: 1 Összesen: 1

Danka S: A Hybrid Metaheuristic For The Resource-Constrained Project Scheduling Problem With Fuzzy Activity Durations, Civil-Comp Proceedings 97: P. 6 September 2011 Through 9 September 2011. (2011), Link(Ek): [Scopus](#)
Folyóiratcikk/Szaccikk/Tudományos

Danka Sándor: Robust Resource Constrained Project Scheduling With Fuzzy Activity Durations, Pollack Periodica: An International Journal For Engineering And Information Sciences 6:(3) Pp. 131-142. (2011), Link(Ek): [Doi](#), [Scopus](#)
Folyóiratcikk/Szaccikk/Tudományos

EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

Danka Sándor: A Dél-Dunántúl Építőiparának Bizonytalansága És Lehetőségei, Jelenkori Társadalmi És Gazdasági Folyamatok 7:(1-2) P. &. 8 P. (2012)
Folyóiratcikk/Szaccikk/Tudományos

Danka Sándor, Iványi Péter (Szerk.): A Race For Competitiveness In Resource-Constrained Project Scheduling Methods, Konferencia Helye, Ideje: Pécs, Magyarország, 2012.10.29-2012.10.30., Pécs: Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki És Informatikai Kar, 2012. 1 P.,(Isbn:[978 963 7298 48 6](#))
Könyv/Konferenciakötet/Tudományos

Danka Sándor: Experimental Evaluation Of The "Sounds Of Silence" Metaheuristic For The Resource-Constrained Project Scheduling Problem With Uncertain Activity Durations, In: Iványi Péter (Szerk.), Research Conference On Information Technology: Honoring Volume On Pollack Mihály Faculty Of Engineering And

Information Technology: Seventh International Phd & Dla Symposium, October 24-25, 2011. Konferencia Helye, Ideje: Pécs, Magyarország, 2011.10.24-2011.10.25. Közlő: Rotari Press, 2011. P. &., (Bme Pa Közlemény 125716),(Isbn:[978-963-7298-46-2](#)), Befoglaló Mű Link(Ek): [Bme Omikk](#), [Autopszia](#), [Bme Pa Közlemény](#)
Könyvrészlet/Absztrakt/Tudományos

Danka Sándor: Robust Resource-Constrained Project Scheduling With Fuzzy Activity Durations, In: Iványi Péter (Szerk.), Conference On Engineering Research: Anniversary Volume Honoring Amalia And Miklos Ivanyi: Sixth International Phd & Dla Symposium : University Of Pécs Pollack Mihály Faculty Of Engineering. Konferencia Helye, Ideje: Pécs, Magyarország, 2010.09.25-2010.09.26. Pécs: Pte Pmmk, 2010. P. &., (Isbn:[978-7298-40-0](#))
Könyvrészlet/Absztrakt/Tudományos

Buday-Sántha Attila, Danka Sándor, Komlósi Éva (szerk.): Régiók fejlesztése 2013/1: "Régiók fejlesztése" TÁMOP-4.2.1B-10/2KONV-2010-0002 Projekt kutatászáro konferencia Pécs, 2013. május 23-24, Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2013.05.23-2013.05.24., Pécs: Pécsi Tudományegyetem, 2013. 447 p., 1. kötet., (ISBN:[978-963-642-529-6](#)), Link(ek): [OSZK](#)
Könyv/Konferenciakötet/Tudományos

Buday-Sántha A, Danka S, Komlósi É (szerk.): Régiók fejlesztése 2013/2: "Régiók fejlesztése" TÁMOP-4.2.1B-10/2KONV-2010-0002 Projekt kutatászáro konferencia Pécs, 2013. május 23-24, Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2013.05.23-2013.05.24., Pécs: Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar, 2013. 364 p., 2. kötet., (ISBN:[978-963-642-530-2](#)), Link(ek): [OSZK](#)
Könyv/Konferenciakötet/Tudományos

Buday-Sántha Attila, Danka Sándor, Komlósi Éva (szerk.), Régiók fejlesztése: Régiók fejlesztése" TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002 projekt kutatászáro konferencia, Pécs, 2013. május 23-24, Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2013.05.23-2013.05.24., Pécs: PTE, 2013. 390 p., 3. kötet., (ISBN:[978 963 642 531 9](#)), Link(ek): [OSZK](#), [BCE katalógus](#)
Könyv/Konferenciakötet/Tudományos

Danka Sándor, Pálné Schreiner Judit: A biogázüzemek sajátosságai, a kaposszekcsői biogázüzem, In: Buday-Sántha Attila, Danka Sándor, Komlósi Éva (szerk.), Régiók fejlesztése: Régiók fejlesztése" TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002 projekt kutatászáro konferencia, Pécs, 2013. május 23-24. 390 p. , Konferencia

helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2013.05.23-2013.05.24. Pécs: PTE, 2013. pp. 111-127., 3. kötet., (ISBN:[978 963 642 531 9](#)), Befoglaló mű link(ek): [OSZK](#), [BCE katalógus](#)
Könyvrészlet/Konferenciaközlemény/Tudományos

Danka Sándor: Építőipar, In: Buday-Sántha A, Szűcs K (szerk.), Dél-dunántúli régió fejlesztése I. kötet: TÁMOP-4.2.1B-10/2KONV-2010-0002 "A Dél-dunántúli régió egyetemi versenyképességének fejlesztése" című projekt "Dél-Dunántúl gazdasági erőforrásainak feltárása és fejlesztési lehetőségek meghatározása" című alprojekt kutatást záró monográfia. 302 p. , Pécs: Pécsi Tudományegyetem, 2013. pp. 184-193., (ISBN:[978-963-642-536-4](#))
Könyvrészlet/Könyvfejezet/Tudományos

Danka Sándor: Pénzügyi Szolgáltatások, In: Buday-Sántha A, Szűcs K (szerk.), Dél-dunántúli régió fejlesztése I. kötet: TÁMOP-4.2.1B-10/2KONV-2010-0002 "A Dél-dunántúli régió egyetemi versenyképességének fejlesztése" című projekt "Dél-Dunántúl gazdasági erőforrásainak feltárása és fejlesztési lehetőségek meghatározása" című alprojekt kutatást záró monográfia. 302 p. , Pécs: Pécsi Tudományegyetem, 2013. pp. 261-269., (ISBN:[978-963-642-536-4](#))
Könyvrészlet/Könyvfejezet/Tudományos

Kovács Szilárd, Danka Sándor: Agrártermelés: Állattenyésztés: Jelentősebb árutermelő állattartó telepek területi megoszlása, In: Buday-Sántha A, Szűcs K (szerk.), Dél-dunántúli régió fejlesztése I. kötet: TÁMOP-4.2.1B-10/2KONV-2010-0002 "A Dél-dunántúli régió egyetemi versenyképességének fejlesztése" című projekt "Dél-Dunántúl gazdasági erőforrásainak feltárása és fejlesztési lehetőségek meghatározása" című alprojekt kutatást záró monográfia. 302 p. , Pécs: Pécsi Tudományegyetem, 2013. pp. 152-171., (ISBN:[978-963-642-536-4](#))
Könyvrészlet/Könyvfejezet/Tudományos

HIVATKOZÁSOK A TÉZISFÜZETBEN

- Blazewicz, J., Lenstra, J., Rinnooy Kan, A. (1983). Scheduling subject to resource constraints: Classification and complexity, *Discrete Applied Mathematics*, 5, 11-24.
- Csébfalvi, G., (2007). Sounds of Silence: A harmony search metaheuristic for the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*
- Csébfalvi, A., (2012). Which is the best: a statistically correct comparison of heuristic results in structural optimization. In Tooping, B.H.V. (Eds.) *Proceedings of the Eight International Conference on Engineering Computational Technology*, Civil-Comp Press, Stirlingshire, United Kingdom (ECT 2012/00136).
- Goguen, J. A. (1969). The logic of inexact concepts. *Synthese*, 19(3), 325-373.
- Hooker, J.N., (1995). Testing Heuristics: We Have It All Wrong. *Journal of Heuristics*, 1, 33-42.
- Kolisch, R., Sprecher, A., (1996). PSPLIB – a project scheduling library. *European Journal of Operational Research*, 96, 205-216.
- Pritsker AAB, Watters LJ, Wolfe PM,(1969). Multi-Project Scheduling with Limited Resources: A Zero-One Programming Approach. *Management Science* 1969, **16** (1) *Theory Series*, 93-108.
- Zadeh, L. A. (1968). Fuzzy algorithms. *Information and control*, 12(2), 94-102.