

# Az Ős-Dráva program ütemezésének kulcskérdései, a bizonytalanságkezelés módszertani problémái

Danka Sándor

---

## A TANULMÁNY CÉLJA

Az Ormánság Európa egyik leghátrányosabb helyzetű térsége. Fejlesztés nélkül a térség helyzete súlyosbodik. Az Ős-Dráva program hivatott a problémák kezelésére, amely egy rendkívül komplex területfejlesztési program. A tanulmány célja, hogy bemutassa fejlesztési programot, kiemelve annak fő pontjait, és rávilágítson a gyakorlati megvalósulás egyik kulcskérdésére a projekt ütemezésére. A projekt ütemezés egy olyan alap menedzsment funkció, amely önmagában képes kihatni a kivitelezés hatékonyságára, a források allokálására és rávilágíthat a hiányosságokra is. Az ütemezés tehát egy kulcsfeladat, ugyanakkor egy ekkora és ilyen egyedi projekt esetén koránt sem triviális feladat, hiszen sok, köztük számos módszertani problémát is felvet.

---

## ALKALMAZOTT MÓDSZERTAN

Az ütemezés készítésének program specifikus problémái közül kiemelendő a tervezet újszerűsége és probléma kapcsolása, az alkalmazott módszerek, a célok, a megtérülés és a teljesíthetőség. Jelen tanulmány erre keres megoldást egy hatékony első és másodlagos szempontú ütemezési eljárás bemutatásával.

---

## LEGFONTOSABB EREDMÉNYEK

A modell képes robusztus ütemezések előállítására, amely immunis a tevékenység időtartamokban esetlegesen fellépő csúszásokra és képes figyelembe venni a mintavételezés alapú scenáriók költségorientált értékelését. Ehhez szükséges az a feltételezés, hogy ezek a bizonytalan paraméterek bizonytalan-de-korlátosak, amelyek optimista, és pesszimista becslésekkel írhatók le. A kereső algoritmus egy vegyes egészértékű lineáris programozási probléma kombinálva egy költség orientált mintavételezés alapú közelítési eljárással.

---

## GYAKORLATI/GAZDASÁGPOLITIKAI JAVASLATOK

A tanulmányban bemutatott eset előkészítő dokumentációja külön fejezetként tünteti fel, de kihagyja az Ős-Dráva program ütemezését. Ez a tény önmagában is felhívja az olvasó figyelmét a miéltre. A szakemberek a program előkészületeikor már feltétlenül érezték a kérdéskör fontosságát, ugyanakkor tudhatták azt is, hogy annak elkészítése a rengeteg bizonytalan tényező miatt szinte lehetetlen. A tanulmányban bemutatott módszer a jelenlegi kutatások egy újító ágát képzik, ezért a kereskedelem-ben kapható szoftverek, illetve a szakemberek által bevett gyakorlatok ezt még nem ismerik. Az ilyen és ehhez hasonló kutatások képesek az ilyen nagyprojektek által nyitva hagyott ütemezési kérdések megválaszolására, ezért ajánlom őket a gyakorlati szakemberek figyelmébe is.

*Kulcsszavak: projektütemezés, Ős-Dráva program, sikeresség, területfejlesztési projektetek, heurisztikák*

## BEVEZETÉS

### Az Ős-Dráva Program

Az Ormánság Európa és Magyarország olyan néprajzi területegysége, amely komoly gazdasági, társadalmi problémákkal küzd, emiatt itt találhatóak az EU legelmaradottabb kistérségei is. A problémák megoldására az Ős-Dráva program került kidolgozásra, amely egy komplex vízkormányzáson alapuló területfejlesztési program. A tervezet az Európa Unió és a magyar kormány támogatását is élvezti, s így a 25 milliárd Ft értékű program hamarosan kezdetét veheti.

A program rendkívül összetett, hosszú távú és sok célterületet érint. Megoldási javaslatai sok esetben újszerűek, ezért nincs referenciaprogramként használható mintaprojekt. Ezek miatt a program tervezett időtartama igen nehezen megbecsülhető, ami a nagy költségintenzitás és a programtól várt jelentős hatások miatt fontos. A projektek ütemezése igen fontos kérdés, mivel az időbeli csúszások komoly költségvonzattal járnak.

A projekt teljesítésével kapcsolatban számos bizonytalanságot keltő tényezőről beszélhetünk. Az Ős-Dráva program végrehajtása sok esetben olyan munkásokra van terhelve, akiknek kevés szakmai tapasztalatuk van – mivel közmunkások – és a felhasználásra kerülő technológia sem felel meg napjaink rutinjának. 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 profittermelő képessége. Ezek helyes ütemezése többletforrást biztosíthat a teljes programnak, ami annak teljesülését biztosabb alapokra helyezheti. Ez az ütemezés szempontjából egy többszempontú optimalizálásnak felel meg.

Az Ős-Dráva program olyan komplex rehabilitációs és térségfejlesztő program, amely az Ormánság helyzetének stabili-

zálásáért és javításáért jött létre. 2005-ben készült el a témával kapcsolatos első megvalósíthatósági tanulmány a Magyar Terület- és Regionális Fejlesztési Hivatal támogatásával. Az Aquaprofit Rt. készítette a munkát „Az Ormánság komplex rehabilitációja és térségfejlesztése” címmel, melyben akkor megállapította a további kutatási és tervezési munka szükségességét.

A munka folytatására a munkacsoport – az Ormánság Fejlesztő Társulat Egyesület – 2006-ban elnyerte az Interreg III/A SL-HU-CR/05/4012-106/2004/01/HU-10 pályázatot, amely a Szlovénia/Magyarország/Horvátország Szomszédsági Program keretében került kiírásra. A pályázat címe „Ős-Dráva Projekt, környezetbarát tájgondkodás feltételeinek megteremtése az Alsó-Dráva völgyében” volt, amelyben az Ős-Dráva program kutatását és tervezésének alapvető lépéseit tudták végrehajtani. A pályázat elvégzésére az Aquaprofit Zrt. – KÖVIZIG konzorcium volt hivatott.

Az elnyert pályázat keretében hat fontos részfeladatot határoztak meg, melyek célja komplex területfejlesztési program kidolgozása és előkészítése volt. A területfejlesztési program alapja – a vízkormányzási rendszer – figyelembe veszi a természeti környezet adottságait, és fenntartható módon megélhetést kínál az összesen 45250 hektáros tervezési terület 16000 fős lakosságának. Ez összesen három kistérség 36 települését érinti. A pályázat keretében kidolgozott és végrehajtott hat részfeladat:

1. *Területfejlesztési program:* A térség demográfiai, gazdasági, infrastrukturális felmérése, SWOT analízis, jövőképek és prioritások meghatározása.
2. *Tájgondkodási program:* A terület gondok történeti és ösvízrajzi felmérése, a tájalapú megélhetés és az önellátó gondok lehetőségeinek vizsgálata, és a lehetséges gondok megoldási módok vázolója.
3. *Vízkormányzási rendszer elvi engedélyes terve:* Feltárja a terület vízrajzát és vízellátási lehetőségeit, az engedélyezési tervhez szükséges műszaki dokumen-

tációt 5 ezer ha terület öntözéséhez és közel 700 ha tófelület kialakításához.

4. *A Drávakeresztúri II. mellékág rehabilitációjának elvi engedélyes terve:* Tartalmazza a Dráva tervezési területre eső mellékágainak felmérését és a hozzájuk tartozó fejlesztési javaslatokat, valamint a II. mellékág revitalizációjának tervét.
5. *Kommunikációs tevékenység:* Az érintettek tájékoztatása a határ mindkét oldalán, kiadványok, plakátok, ismeretkör, honlap készítése, konferencia szervezése, önálló arculat kialakítása a program számára.
6. *Képzési program lebonyolítása.*

A fejlesztések várható és mérhető eredményei (Aquaprofit, 2010):

- A terület önellátó, időszakosan exportálni is tud energiát.
- Az erdőtelepítések (10 000 ha őshonos erdő telepítése lezajlott, ezek kezelése, fenntartása) több mint 1000 embernek adnak megélhetést.
- Kialakultak azok a turisztikai, kulturális programok, infrastruktúra, ami lehetővé teszi, hogy akár több napot is itt töltsenek az ide látogatók.
- Elkészült a vízkormányzási rendszer, erre alapozva fejlődésnek indult a minőségi mezőgazdasági termelés, kialakultak az erre alapozott turisztikai szolgáltatások.
- Lezajlott a holt- és mellékágak rehabilitációja, megoldott a vízutánpótlásuk.
- Jól kiépített a terület turisztikai infrastruktúrája.
- Drávaszabolcs és Barcs között két helyen nyílik határátkelési lehetőség, így élénk gazdasági és kulturális kapcsolat alakul ki a horvát területekkel.
- Fejlett és nagy produktumú az extenzív állattartás, legeltetés, a halgazdálkodás, a méhészet.
- Sellyén élelmiszer-feldolgozó üzemek és biomassza tüzelésű erőmű működik.

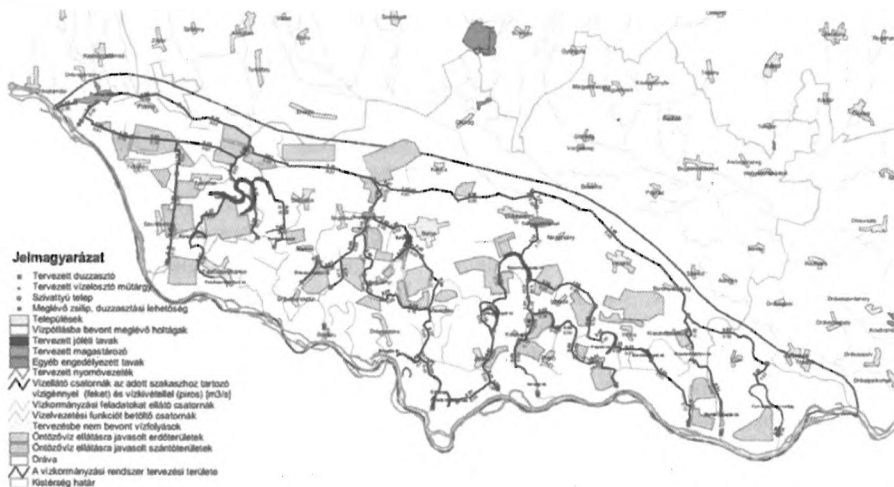
## A PROJEKT ÜTEMEZÉSE

Az Ős-Dráva Program levezenylése hatalmas feladat, amely komoly tervezést, szervezést, szaktudást és tapasztalatot igényel. Ehhez kulcsfontosságú a megfelelő szakembergárda és a használható eszközök kiaknázása. A program hatékonyságának növelése érdekében szükséges a projektmenedzsment eszközeit segítségül hívni. A jelen munka ezen eszközök közül is leginkább az erőforrás-korlátos projektütemezés bemutatására hivatott.

A projektütemezési problémák a tevékenységek erőforráskorlátoknak megfelelő ütemezésével foglalkoznak. A tevékenységek ütemezésének fontossága magától értetődik, ezért a menedzsmenttudományok már kezdettől fogva aktívan foglalkoznak a kérdéssel. Mára számos megközelítés nagyszámú megoldási lehetőséget és szoftveres segítő eljárást dolgozott ki. Ezek alapja mindig valamilyen tapasztalati tudás ötvözve valamilyen matematikai algoritmussal. A valóság azonban azt mutatja, hogy a megvalósuló projektek számos esetben nem a tervezetnek megfelelően alakulnak, csúszások, fennakadások, pénzhiány és számos egyéb probléma miatt. A jó ütemezés elkészítéséhez számba kell venni számos bizonytalan tényezőt, melyek előrejelezhetetlenek. A megoldások azonban nagyban függenek attól, hogy a megoldóképletek milyen módon teszik ezt meg, és hogy a létrehozott ütemezés mennyire robusztus.

A projektütemezés fejlődése során a szakembergárda számos ütemezési eljárást elsajátított, és számos programcsomagot megismert. A valóság azonban nem mindig igazolja ezek helyességét és hatékonyságát, hiszen rengeteg olyan esetet ismerünk, ahol a projektek nagyon elnyúlnak, és ezért a magvalósulási költségek az egekbe szöknek. Ezt a megállapítást igazolja Schonberger (1981) és a Standish Group (1994) tanulmánya is. Ezek szerint már 1994-ben az USA-ban több mint 250 milliárd dollárt költöttek olyan információs technológiák (IT) fejlesztésére, amelyek már magukba fog-

1. ábra. A vízkormányzási rendszer terve  
 Forrás: Aquaprofit (2010)



lajlák a csúszások okozta költségeket is. E projektek 52,7%-a ugyanis 189%-kal többé kerül, mint amennyire tervezték, pusztán a bizonytalanságok okozta csúszások miatt. Ezek a hibák nem a lehetőségek hiányából fakadnak, hiszen a projektütemezés fejlődő irodalma évről évre nagy számban közöl új ütemezési technikát, viszont ezek csak ritkán válnak kereskedelmi szoftverek alkalmazott módszereivé. Az ütemezések csúszása tehát valóságos probléma, amely magyarázatra szorul. Módszertani részről fontos már az elején a megfelelő megoldási metodika kiválasztása, de az okok nem csak a módszerekben keresendők. A csúszások okai igen változatosak:

- nem megfelelően képzett vagy tapasztalatlan menedzserek
- gyenge projektvezetés
- az elvárások definiálásának, dokumentálásának és követésének hibái
- felmérésbeli problémák
- a hozzáállás téves értékelése
- etikai és (szub)kulturális ellentmondások
- ellentétek a projekt szereplői között
- rossz kivitelezési módszerek választása
- a kivitelezés hibái
- kommunikációs problémák (Zwikael, Globerson 2004).

## AZ ISMERETLENNEL VALÓ BÁNÁS

A valós világ igen bonyolult és komplex rendszer, amely folyamatos változásban van. Egy olyan komplex területfejlesztési rendszer, mint az Ős-Dráva program nagyon kevés példával szolgáló tapasztalattal, mintaprogrammal rendelkezik. Sok esetben az operációkutatás vagy -ütemezés irodalma hasonló problémákat úgy vázol, mintha az input adatok biztos tudáson alapulnának. Azonban azok a döntések, amelyek merev feltételezések alapján készülnek, általában téves és félrevezető következtetésekhez vezetnek. A valóságban ilyen összetett feladat esetén annak a valószínűsége, hogy valami a tervek szerint zajlik, nagyon alacsony. A gépek elromlanak, az alapanyagok beszállítása késik, a közhasznú munkások lassabban dolgoznak, mint a várható norma és a sor szinte végtelen.

## Sztochasztikus projektütemezés

A sztochasztikus projektütemezés célja az ismeretlen tevékenység időtartamú tevékenységek ütemzése által a teljes projektidőtartam minimalizálása, megelőző-rákövetkező relációk és erőforráskorlátok figyelembevételével. Nincs kezdési ütemezés generálva, viszont ütemezési rendeket alkalmaz egy többfokozatú döntési

rendszer esetén, a megvalósítható tevékenységek választásakor. Ezek a döntések viszont komoly felkészültséget és tudást igényelnek, hiszen a döntéseket csak a korábbi tapasztalatokra alapozva hozhatja meg a projektmenedzser (Möhrling et al. 2003).

### **A proaktív stratégia**

A stratégia célja, hogy már kezdésként olyan ütemezést generáljon, amely képes a probléma megoldása során fellépő bizonytalanság kezelésére. Ehhez vagy a probléma alapos ismerete, vagy egy robusztus modell szükséges. A probléma ismerete feltételezi, hogy az ütemezést készítő birtokában van az ütemezési feladat minden ismeretének, és látott már több nagyon hasonló problémát, vagy képes egy olyan ütemezési modellt alkotni, amely elég robusztus a nagyfokú bizonytalanság kezeléséhez.

A robusztus ütemezés ismérvei:

- Olyan ütemezés, amely akkor sem omlik össze, ha viszonylag sok zavarótényező hat a folyamatra.
- Olyan ütemezés, amelynél az elkészítés alapfeltételezéseinek megsértése semmilyen, vagy csak kis következménnyel jár.
- Képes a teljesítménykövetelményeket nagy bizonytalanság alatt is végrehajtani.

### **A reaktív stratégia**

A reaktív ütemezés esetén folyamatosan felülvizsgáljuk, és újraütemezzük az eredeti ütemezést a váratlan események függvényében. Ebben az esetben többféle megközelítés is alkalmazható. Az egyik szélsőség szerint probléma megoldása során nincs is kiindulási ütemezés, és a tevékenységekkel kapcsolatos döntéseket a menedzserek dinamikusán hozzák meg, folyamatosan újra- és újragondolva az ütemezést. Egy kevésbé szélsőséges megközelítés szerint rendelkezünk kiindulási ütemezéssel, amelyet csak akkor módosítunk és generálunk újra, ha egy váratlan esemény szükségessé teszi. Végül lehetséges olyan megközelítés is, amely szerint a kiindulási ütemezést nem generáljuk újra és újra a kezdetekig visszamenve, hanem azt csak kijavítjuk a szükséges új feltételek

figyelembevételével. A reaktív eljárások nem igényelnek robusztus eljárásokat és komolyabb ismereteket az ütemezendő és nagy bizonytalanságú projektekről, mégsem egyértelműen jó eszközök. A folyamatos újragenerálás időigényes és sok leállással járhat, amelyek könnyen elégedetlenséget és zavart okozhatnak a projektben résztvevők körében. Ugyanakkor az ütemezés folyamatos javítása, azaz egy újraoptimalizált ütem újraoptimalizálása távol áll a valóságtól. A dolgozat olyan proaktív eljárást mutat be a későbbiekben, amely képes kellően robusztus ütemezések előállítására, amely immunis a bizonytalan tevékenység-időtartamokra.

### **Heurisztikus modellek**

A metaheurisztikus eljárások olyan optimalizáló eljárások, melyek jelentős része természeti analógiák felismerésén alapul. Az eljárások logikai rendszere természeti folyamatok működéséhez hasonlít; kiemeli a fontos szereplőket és eszközeiket, és ezek mintájára alakítja ki az eljárás is eszközkészletét. A heurisztikát olvasó és értelmező számára az eljárás megértése nagyfokú absztrakciós készséget igényel. A továbbiakban csupán néhány olyan példát említek, amelyek az erőforrás-korlátos projektek teljes időszükségletének becslésében jelentős szerepet játszottak. A metaheurisztikák közös jellemzője, hogy a keresési eljárásuk során a megoldásokat folyamatosan tárolják a metasztípus megközelítés szerint, és a további megoldások előállítása során ezeket használják fel.

Mivel a projektmenedzser szemszögéből nézve minden „mi lenne, ha ...” kérdésre adható válasz fontos információt jelent, ezért a heurisztikus keresési eljárás főbb sajátosságainak meghatározásakor kétkritériumos (elsődleges és másodlagos szempont) modellben gondolkoztunk, a menedzserre bízva a megfelelő megoldás kiválasztását (a projekt teljes időszükséglete, a részprojektek nettó jelenértéke).

A kétkritériumos erőforrás-korlátos projektekkal kapcsolatos vizsgálatok ma még a nyitott irodalom egyik felfutó ágát

jelentik, amelynek igazi jelentőségét csak a rejtett kutatásokból lassan-lassan átszivárgó, többé-kevésbé kódolt esettanulmányokból lehet megérteni. A többkritériumos eljárás takarhat többféle megközelítést is. Az egyik kritérium szinte minden esetben a projekt teljes időszükséglete, a másik a célnak megfelelően változhat. Ilyen lehet nettó jelenérték, egy speciális tevékenység kiemelése, eltérő struktúrák figyelembevételé stb.

Az Ős-Dráva program esetén javasolt heurisztikában tetet öltött döntéstámogató rendszer lényegét az ütemezési gyakorlat alapesetével, vagyis az elsődleges-másodlagos szempont szerinti keresés bemutatásával szemléltetem, ahol elsődleges szempontnak a projekt időtartamát tekintem, míg a másodlagos szempontot a részprojektek nettó jelenértéke adja. A javasolt hibrid heurisztika (Csébfalvi et al. 2008) az erőforrás-korlátos projektek ütemezésére kifejlesztett A „Csend Hangjai” harmóniakereső eljárás kiterjesztése (Csébfalvi 2008), ahol kiterjesztés alatt a rejtetterőforrás-felhasználási konfliktusok feloldását, illetve a másodlagos szempont kezeléséhez szükséges hibrid elem beépítését értem.

Ha az olvasó úgy érzi, hogy a módszer nevével már találkozott, az nem véletlen, ugyanis a módszer elnevezésekor a szerzőt egy örökzöld lírai dal címe (Simon & Garfunkel: Sounds of Silence) inspirálta. A szerző úgy gondolta, hogy a módszer neve nemcsak szép, hanem alkalmas arra is, hogy egy meglehetősen összetett matematikai modell lényegét közérthetővé tegye. Az eljárásra a továbbiakban az angol elnevezésből adódó rövidítéssel (SoS) hivatkozunk. Az SoS eljárás a Csébfalvi (2008) által megadott leírás alapján alapszik, kiemelve és továbbfejlesztve azokat a részeket, amelyek függőagy-specifikus kiterjesztésének megértéséhez elengedhetetlenül szükségesek.

Az erőforrás-korlátos projektek időszükségletének minimalizálása a projektmenedzsment egyik legfontosabb és talán egyik legnehezebb feladata. Matema-

tikai értelemben a projekt tevékenységek halmaza, amelyeket a projekt lényegéből fakadó megelőző-rákövetkező kapcsolatok, vagyis rendszersajátosságok tesznek igazán összefüggő egésszé. Erőforrás-korlátos projektek esetében a tevékenységek időszükségletén túlmenően megjelenik a tevékenységek erőforrás-igénye (élőmunka, gép, energia, pénz stb.) is, amivel az amúgy egyszerű eset majdnem kezelhetetlenné válik. A probléma igen releváns mivel a valóságban a rendelkezésre álló erőforrások valamilyen mértékben mindig korlátozottak. Az erőforrás-korlátok figyelembe vétele nélkül kapott időszükséglet a tényleges időszükséglet töredékét jelentheti, ami már számos ünnepélyes átadás teljes kudarcát eredményezte világszerte. A probléma ezakt megoldása még kisebb projektek esetében is rendkívül időigényes, a gyakorlatban megjelenő méretek esetében pedig egyszerűen lehetetlen. A valódi kihívást jelentő probléma igazi nehézségét bizonyíthatóan az adja, hogy a probléma megoldási ideje a projektben szereplő tevékenységek számának exponenciális függvénye.

A probléma megoldását (pontosabban annak áthidalási lehetőségeit) a heurisztikus eljárások körében kell keresni, amelyek lényege rendkívül egyszerű: elfogadható minőségű megoldás elfogadható futási idővel.

### **Néhány fontos heurisztikus eljárás**

A valódi kihívást jelentő probléma igazi nehézségét bizonyíthatóan az adja, hogy a probléma megoldási ideje a projektben szereplő tevékenységek számának exponenciális függvénye.

A „hangyaboly” eljárások fejlesztésével Colorni et al. (1991) ért el sikereket. Eljárásukkal a hangyák életének egyik legfontosabb elemének, a táplálékszerzési folyamatnak a lényegét ragadják meg. Kiindulási alapjuk a hangyák közötti, feromon nyomokon alapuló „implicit kommunikáció”, ami végső soron a táplálékszerzés és -szállítás energiaigényének közösségszintű minimalizálásához, vagyis a közösség túl-

éleési esélyének maximalizálásához vezet. A hangyaboly heurisztikákhoz nagyon közel állnak a „részesceke rajzás” eljárások, melyet Kennedy és Eberhart (1995) alapozott meg. Az eljárások szintén különböző állatfajok megfigyelésén alapulnak, de jóval egyszerűbbek a korábban említettéknél, mivel nem alkalmaznak mutációs és keresztező operátorokat vagy feromonon alapuló implicit kommunikációt.

Az „angyalkar” „természetfölötti” hibrid heurisztika, eredeti angol neve ANGEL, ami a hangyaboly (*ant colony*), a genetikai eljárás (*genetic algorithm*), valamint az ún. „helyi keresés” (*local search*) összekapcsolását jelző betűszavakból adódik. Az ANGEL-eljárást erőforrás-korlátos ütemezési problémák megoldására Tseng és Chen (2006) vezette be, de igazi helyét a módszer az optimális szerkezettervezés területén találta meg (Csébfalvi 2008, 2011, 2013).

A zenei analógián alapuló harmónia-kereső heurisztika kifejlesztése Lee és Geem (2005) érdeme. Az erőforrás-korlátos ütemezési problémák megoldására alkalmas implicit harmónia-kereső eljárás kifejlesztése Csébfalvi (2008) nevéhez fűződik.

A kifejlesztett módszer ma már egy terebélyes fa gyökere, amelynek ágai a kiterjesztési lehetőségek és irányok sokaságát szimbolizálják. Az egyik lehetséges fejlesztést korábban Szendrői (2010) mutatta be több megvalósítási módú erőforrás-korlátos projektek esetén majd Csébfalvi és Szendrői (2012). Csébfalvi A. és Csébfalvi G. (2005) cikke a módszer függőágy tevékenységre irányuló továbbfejlesztését mutatta be. Csébfalvi A. és Láng (2012) a csend hangjai erőforrás-korlátos ütemezési problémák diszkontált cashflow figyelembevételére alkalmas változatát mutatták be. A geotermikus rendszerek vizsgálatára is kiemelten alkalmas nettó jelenérték orientált bevétel optimalizáció eljárást Csébfalvi A. és Pálné (2012) publikálta először. A bizonytalan projekt ütemezés számos modellezési kérdést is felvet. A fejlesztések feltételes kérdéseivel foglalkozó irányát Levi és

Danka (2012) vizsgálta. A tevékenységek időtartamok bizonytalanságának leírásával korábban született tanulmányok a fuzzy logikát is segítségül hívták (Danka 2011).

### A csend hangjai harmónia-kereső heurisztika

$$\max\{f(X) \mid X = \{X_i \mid \underline{X}_i \leq X_i \leq \bar{X}_i, i \in \{1, 2, \dots, N\}\}$$

A zene világában az erőforrás-felhasználási hisztogramok egy többszámú dallamnak tekinthetők,  $X$ , amelynek szépségét,  $f(X)$  kizárólag a túlságosan magas hangok veszélyeztetik. Az eredeti problémából tudni, hogy a szép dallamok világában a legrövidebb a legszebb, tehát meg kell keresni a legszebb dallamot, vagyis a legrövidebb erőforrás-korlátos ütemezést. Természetesen, a túlságosan magas értelmezése (*overload*), a változó erőforráskorlátok függvényében, szólamonként más és más lehet. A hisztogramok előállítási folyamatából, a kumulatív erőforráskorlátokból, azonnal adódik, hogy az egyes szólamokban, az időben egyszerre megszólaló hangok magassága összeadódik. Ha felteszem, hogy ebben a zenei világban csak a túlságosan magas hangok hallhatók, akkor a cél nem más, mint a legrövidebb csend hangjai dallam megkeresése.

Képzeljünk el egy zenekarból és karmesterből álló társulatot, amelynek az a célja, hogy a zene nyelvére lefordított problémánkat megoldja. A zenekarban pontosan annyi zenész van, ahány tevékenységből áll a megoldandó ütemezési probléma. A zenemű előadása során minden zenész pontosan egy többszámú hang megszólaltatásáért felel. A zenészek (a hangok), a tevékenységek közötti megelőző-rákövetkező kapcsolatok következtében, ún. részben rendezett halmazt alkotnak. Tehát egy hang csak akkor szólhat meg, ha az azt megelőző összes hang már megszólalt. A társulatnak egyetlen célja van, meg kell keresnie a *legrövidebb* csend hangjai dallamot!

Az eredeti problémából tudjuk, hogy egy dallam hosszúságát a zenészek belépési (a hangok megszólalási) sorrendje határozza

meg. Azt is tudni már, hogy ezt végső soron a karmester határozza meg, de még nyitva maradt az a kérdés, hogy a dallam kialakításában mi a zenészek valóságos szerepe. A zenekarban minden zenész meg tud adni egy  $[-1, +1]$  közötti értéket, amellyel jelezni tudja a karmesternek, hogy a saját hangjának belépésével kapcsolatban mi az elképzelése. Egy nagy pozitív (negatív) érték azt jelenti, hogy a zenész a dallamba a lehető leghamarabb (legkésőbb) kíván belépni.

A karmester döntését egy lineáris programozási feladat megoldására alapozza, amely a többé-kevésbé ellentmondó elképzeléseket összefésüli. A programozási feladat megoldása a hangok fontossági sorrendje. Ennek ismeretében a karmesternek már lehetősége van arra, hogy a zenészek (hangok) belépését ütemezze, vagyis a művet megkomponálja. Ennek lényege igen egyszerű: a fontossági sorrendnek megfelelően haladva, a karmester a soron következő hangot (tevékenységet) az első olyan időpontba helyezi, amely nem eredményez egyetlen szólamban sem „hallható” hangokat (erőforráskorlát túllépését).

Kezdetben a társulat csak egy dolgot tehet: elkezd vaktában kísérletezgetni (random repertoire generation) és a kísérletek eredményeképpen adódó dallamokat megjegyzi. Ha a kísérletek eredményeképpen létrejövő repertoár tovább már nem bővíthető (a repertoár mérete az SoS állítható paramétere), akkor a vaktában történő kísérletezést a célzott keresés, vagyis az improvizáció váltja fel. A populációalapú módszereknek megfelelően, az improvizációkat a karmester generációkba szervezi, ahol egy generáció a repertoár méretével megegyező számú improvizációs kísérletet jelent. Egy improvizációs kísérlet során a karmester véletlenszerűen, de a szépség függvényében, választ egy dallamot a repertoárból, a zenekar a legjobb tudása szerint improvizálni kezd, vagyis a dallam hangjait a még szebb hangzás reményében egy kicsit megváltoztatja. A szépség függvényében történő véletlenszerű kiválasztás itt csak

annyit jelent, hogy minél szebb (rövidebb) egy dallam, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a karmester improvizációra alkalmasnak itéli. Ha az improvizációk során a társulat egy olyan dallamra bukkan, amely rövidebb, mint a repertoár leghosszabb darabja, akkor a karmester a repertoárt módosítja, vagyis a repertoár leghosszabb darabját a megjegyzésre érdemes rövidebb darabbal helyettesíti.

## AZ ŐS-DRÁVA PROGRAM EGY LEHETSÉGES ÜTEMEZÉSE

Az Ős-Dráva Program számára a jelenlegi koncepció tervi szintje miatt lehetetlen konkrét paramétereket meghatározni. Ez sajnos gátolja a program modellezését és pontos ütemezés elkészítését is. Lehetőség van azonban a probléma specifikus modell tesztelésére mintaproblémákon való futtatás által. Ehhez segítségül veszek egy, a Golenko-Ginzburg és Gonik (1997) teszt halmazában lévő erőforrás-korlátos projektet, amelyet az Ős-Dráva Program értelmezése szerint módosítok.

Az Ős-Dráva Program projektjeinek tevékenység-időtartam bizonytalanságának modellezéséhez a következő erőforrás-korlátos projektütemezési problémát vizsgáljuk. A fejlesztés  $N$  valós tevékenységből áll. Minden tevékenység-időtartam  $D_i, i \in \{1, 2, \dots, N\}$  egy diszkrét (pozitív) véletlen szám.

$$D_i \in \{A_i, A_i + I, \dots, B_i\} \quad (1)$$

ahol  $A_i$  és  $B_i$  a  $D_i$  optimista és pesszimista becslései.

A tevékenységek egymással, az elsőbbségi feltételekkel állnak kapcsolatban. Ezek a kapcsolatok biztosítják, hogy az adott tevékenység ne vehesse kezdetét, amíg minden azt megelőző tevékenység be nem fejeződött. Ezek meghatározott hálózati kapcsolatok  $i \rightarrow j$ , ahol  $i \rightarrow j$  azt jelenti, hogy  $j$  nem kezdődhet el mielőtt  $i$  be nem fejeződött volna. Továbbá  $i=0$  ( $i=N+1$ ) egy szükségszerű kezdő (befejező) áltevékenység, melynek időtartama nulla. Az  $i$ -ik tevékenység közvetlen megelőző halmazát



$IP_i$ ,  $i \in \{1, \dots, N+1\}$  jelöli, az  $NR$  pedig a hálózati kapcsolatok halmazát. A projektek elvégzéséhez szükséges megújuló erőforrás halmazát  $R$  jelöli. Minden erőforrásnak  $r \in \{1, \dots, R\}$  van egy adott periódusra jutó konstans elérhetősége  $R_r$ . A teljesítés érdekében minden valós tevékenységnek  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$  szüksége van  $R_{ir} \geq 0$  egység  $r \in \{1, \dots, R\}$  erőforrásra az időtartama során. Legyen

$$PS = \{i \rightarrow j \mid i \neq j, i \in \{1, \dots, N\}, j \in \{1, \dots, N+1\}\} \quad (2)$$

a megelőzési-rákövetkezési relációk (predecessor-successor relations) halmaza. Az ütemezés hálózatilag megvalósítható, ha az teljesíti a megelőzési-rákövetkezési relációkat:

$$S_i + D_i \leq S_j, \text{ if } i \rightarrow j \in PS \quad (3)$$

Az így megvalósítható ütemezések halmazát  $\mathfrak{H}$  jelöli. Ezen belül a  $S \subseteq \mathfrak{H}$  ütemezésnek, jelölje  $A_t = \{i \mid S_i \leq t < S_i + D_i\}$ ,  $t \in \{1, \dots, T\}$  az aktív (használatban lévő) tevékenységeket a  $t$ -ik periódusban és jelölje:

$$U_{ir} = \sum_{t \in A_t} r_{ir}, t \in \{1, \dots, T\}, r \in \{1, \dots, R\} \quad (4)$$

az  $r$  erőforrás mennyiségét  $t$ -ik periódusban.

Egy hálózatilag megvalósítható ütemezés  $S \subseteq \mathfrak{H}$  akkor nevezhető erőforrás felhasználás szempontjából is megvalósíthatónak, ha teljesíti az erőforrás felhasználás korlátait is:

$$U_{ir} \leq R_r, t \in \{1, \dots, T\}, r \in \{1, \dots, R\} \quad (5)$$

Ez alapján jelölje  $\bar{\mathfrak{H}} \subseteq \mathfrak{H}$  az erőforrás felhasználás szempontjából is megvalósítható ütemezéseket.

Az optimális ütemezés keresés többcélú vegyes egészértékű kereső eljárásaként fogalmazható meg (MOMILP), amely a Pareto-front generálását végzi. A jelen tanulmányban a MOMILP-et egy vegyes egészértékű lineáris programozási problémára cseréltem, egy skalárizációs

eljárással, meghatározva az optimalitás elsődleges kritériumát az optimista és peszsimista időtartam-becslések átlagával. Ez az eljárás a tiltott halmazok koncepcióján alapul melynek eredménye olyan ütemezés, amely invariáns a tevékenység bizonytalanságokra, tehát robusztus. Tiltott halmazról beszélünk, ha (1) minden halmazbeli tevékenységet végrehajthatunk párhuzamosan, párhuzamos végrehajtásuk nem sérti a tevékenységek között fennálló elsőbbségi feltételeket; (2) van azonban olyan erőforrás, melyből kevés van ahhoz, hogy minden tevékenységet végrehajtsunk a halmazból párhuzamosan; (3) a halmaz nem tartalmaz valódi tiltott részhalmazt. Egy erőforrás-konfliktus explicit módon javítható, ha elsőbbségi feltételeknek nem ellentmondó elsőbbségi relációt illesztünk a tiltott halmaz két eleme közé, ami garantálja, hogy a halmaz elemei csak egymás után legyenek végrehajthatóak. Egy beillesztett explicit konfliktus-javító reláció mellékhatásként implicit módon javíthat egy vagy több más konfliktust is.

- Jelölje  $F$  a tiltott halmazok számát. Legyen  $RR_j$  az explicit konfliktus javító feltételek halmaza a  $F_{j,f} \in \{1, 2, \dots, F\}$  tiltott halmazra.
- Jelölje  $RR = \left\{ \bigcup_{j \in \{1, 2, \dots, F\}} RR_j \right\}$  az összes lehetséges javító relációt. A tiltott halmaz orientált modellekben (lásd például Alvarez-Valdes és Tamarit 1993), az erőforrás-korlátos ütemezést egy, a beillesztett konfliktusjavító feltételeket tartalmazó halmaz testesíti meg,  $IR$ .

Az implicit erőforrás-korlátosság kezelésnek megfelelően, ebben a modellben az erőforrás-korlátosság nem sérül a lehetséges tevékenységmozgatás által. Az időorientált modellben viszont (Pritsker et al. 1969) az erőforrás-korlátos ütemezést tevékenység kezdési idők testesítik meg, ahol az explicit kezelésnek köszönhetően egy tevékenységmozgatás romba döntheti az erőforrás-korlátosságot.

- Jelölje  $A$  és  $B$  az optimista és pesszimista időtartamú erőforrás-korlátos ütemezési halmazt.
- Jelölje  $\{A^*, B^*\}$  a projekt időtartamok azon halmazát, amelyek az optimális erőforrás-korlátos ütemezési halmazba tartoznak.
- Jelölje  $\bar{T}$  az optimális projekt időtartamának felső korlátját pesszimista ütemezés szerint ( $B^* \leq \bar{T}$ ).
- Legyen  $\bar{T} = \sum_{i=1}^N B_i$ , ami egy „nagyon gyenge” felső korlátja a projekt ütemezésének  $B^*$ , rögzítsünk egy befejező álltevékenységet  $\bar{T} + 1$  időpontba. Ez a „nagyon gyenge” felsőkorlát könnyen lecserélhető egy „erősebbre”.
- A jelölésem alapján az időpontokat  $t \in \{0, 1, \dots, \bar{T} - 1\}$  folyamatos egész számok jelölik. Fontos megjegyezni, hogy egy tevékenység az időpont elején kezdődik, és a végén fejeződik be (az alkalmazott konvenciók alapján az 1 számú időpont lehet az első aktív időpont).
- Jelölje  $S_i, \underline{S}_i \leq S_i \leq \bar{S}_i$  az  $i, i \in \{1, \dots, N\}$  tevékenységek kezdési időpontját, ahol az  $\underline{S}_i, (\bar{S}_i)$  a tevékenység legkorábbi (legkésőbbi) kezdési időpontját jelöli. Mivel a sorrend felcserélése nem megengedett ezért  $S = \{S_1, \dots, S_N\}$  rendezett halmaz határozza meg az ütemezést. Természetesen az utolsó kezdési időpont a  $\bar{T}$  függvényében változhat.
- Legyen  $D = \{D_1, \dots, D_N\}$  a tevékenység időtartamok rendezett halmaza, ahol  $D_i \in [A, B]$   $D_i$  szerves része,  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ . A definíció alapján az erőforrás-korlátos ütemezési halmaz erőforrás-korlátos marad: (1) a  $D = \{D_1, \dots, D_N\}$  megvalósítható tevékenységi időtartamok kombinációjára:  $D_i \in [A, B]$ ,  $D_i$  szerves része,  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ ; (2) az  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$  megvalósítható kezdési tevékenységi idők kombinációjára:  $S_i \in [\underline{S}(D_i), \bar{S}(D_i)]$ ,  $S_i$  szerves része.

### A matematikai modell

Ebben a fejezetben a bemutatásra kerül a robusztus erőforrás-korlátos ütemezések előállítására képes modell bizonytalan-

de-korlátos tevékenység időtartamokkal. A MILP modellben az összes nulla-egy változó  $|RR|$ , amit a jól ismert „big-M” függvények segítségével hoztam létre.

Legyen  $SA_i, SB_i$  az optimista és pesszimista kezdési időpontja az  $i, i \in \{0, 1, 2, \dots, N+1\}$  tevékenységnek erőforrás korlátos probléma esetén. A definíció alapján az optimista és pesszimista tevékenységi időtartamok  $A_i$  és  $B_i$  minden  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ .

Ebben az esetben a „minimális időtartam” egy olyan ütemezést jelent, ahol az optimista és pesszimista erőforrás-korlátos időtartamok lineáris kombinációja minimális. Az optimális megoldás a súlyozó együtthatók függvénye lesz.

A döntési változók definíciója:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ha } i \rightarrow j \text{ beillesztve} \\ 0 & \text{különben} \end{cases}, i \rightarrow j \in RR, \quad (6)$$

A MILP modell:

$$WA * SA_{N+1} + WB * SB_{N+1} \rightarrow \min, \quad (7)$$

A következő feltételek mellett:

$$\sum_{i \rightarrow j \in RR_f} Y_{ij} \geq 1, f \in \{1, \dots, F\} \quad (8)$$

$$SA_i + A_i \leq SA_j + (\bar{SA}_i - \underline{SA}_i + A_i) * (1 - Y_{ij}), i \rightarrow j \in RR \quad (9)$$

$$SB_i + B_i \leq SB_j + (\bar{SB}_i - \underline{SB}_i + B_i) * (1 - Y_{ij}), i \rightarrow j \in RR \quad (10)$$

$$SA_i + A_i \leq SA_j, i \rightarrow j \in NR, \quad (11)$$

$$SB_i + B_i \leq SB_j, i \rightarrow j \in NR, \quad (12)$$

$$SB_{N+1} \leq \bar{T} + 1. \quad (13)$$

$$Y_{ij} \in \{0, 1\}, i \rightarrow j \in RR. \quad (14)$$

A modell célfüggvénye (7) minimalizálja a különböző hozzáállású becslések időtartamát a súlyozásnak megfelelően. A (8) feltétel biztosítja az erőforrás-korlátosságot, azaz minden egyes erőforrás konfliktus explicit vagy implicit javításáért felel. Ez azt jelenti, hogy minden egyes konfliktusjavító halmazból legalább egy

elemet választani kell. A (9-10) feltételek a megelőző-rákövetkező relációkért felelősek, amelyeket a javító relációk miatt kellett beiktatni. Azaz egy tevékenységet nem kezdhetünk el addig, amíg az összes öt megelőzőt be nem fejeztük. Amint a feltétel mutatja, ha  $j$  tevékenység az  $i$  tevékenység közvetlen rákövetkezője, akkor azt mindaddig nem kezdhetjük meg, amíg az  $i$ -t be nem fejeztük. A (11-12) feltételek az eredeti megelőző-rákövetkező relációkért felelősek. A (12-13) feltételek biztosítják, hogy a projektet a végső  $T + 1$  áltevékenység előtt fejezzük be a pesszimista becslések alapján is.

Természetesen az optimális megoldás a  $\{WA, WB\}$  koefficiensek függvénye. A modell felépítésének köszönhetően az optimális megoldásban minden lehetséges tevékenység mozgatható az erőforrás szempontjából megvalósítható és az ütemezés robusztus, mivel az invariáns a tevékenység időtartamokra az  $[A_p, B_p]$  intervallumban.

### Az Ős-Dráva Program egy lehetséges ütemezése

Feltételezem, hogy az Ős-Dráva program hat fő prioritása 36 részprojekttel (tevékenységgel) valósul meg, melynek adottak az optimista és pesszimista becslött időtartamai  $[A_p, B_p]$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, 36\}$ . Az egy-

szerűsítés és szemléltethetőség érdekében feltételezem, hogy ezek elvégzéséhez egy csoportba aggregálható erőforrásra van szükség, melyből minden periódusban 50 egység áll rendelkezésre. Ebben az esetben feltételezzük, hogy minden részprojekt időtartama bizonytalan-de-korlátos paraméter lehetőségi vagy valószínűségi értelmezés nélkül. A használt modellt Compaq Visual Fortran<sup>®</sup> 6.5 -ös verzióban programoztuk.

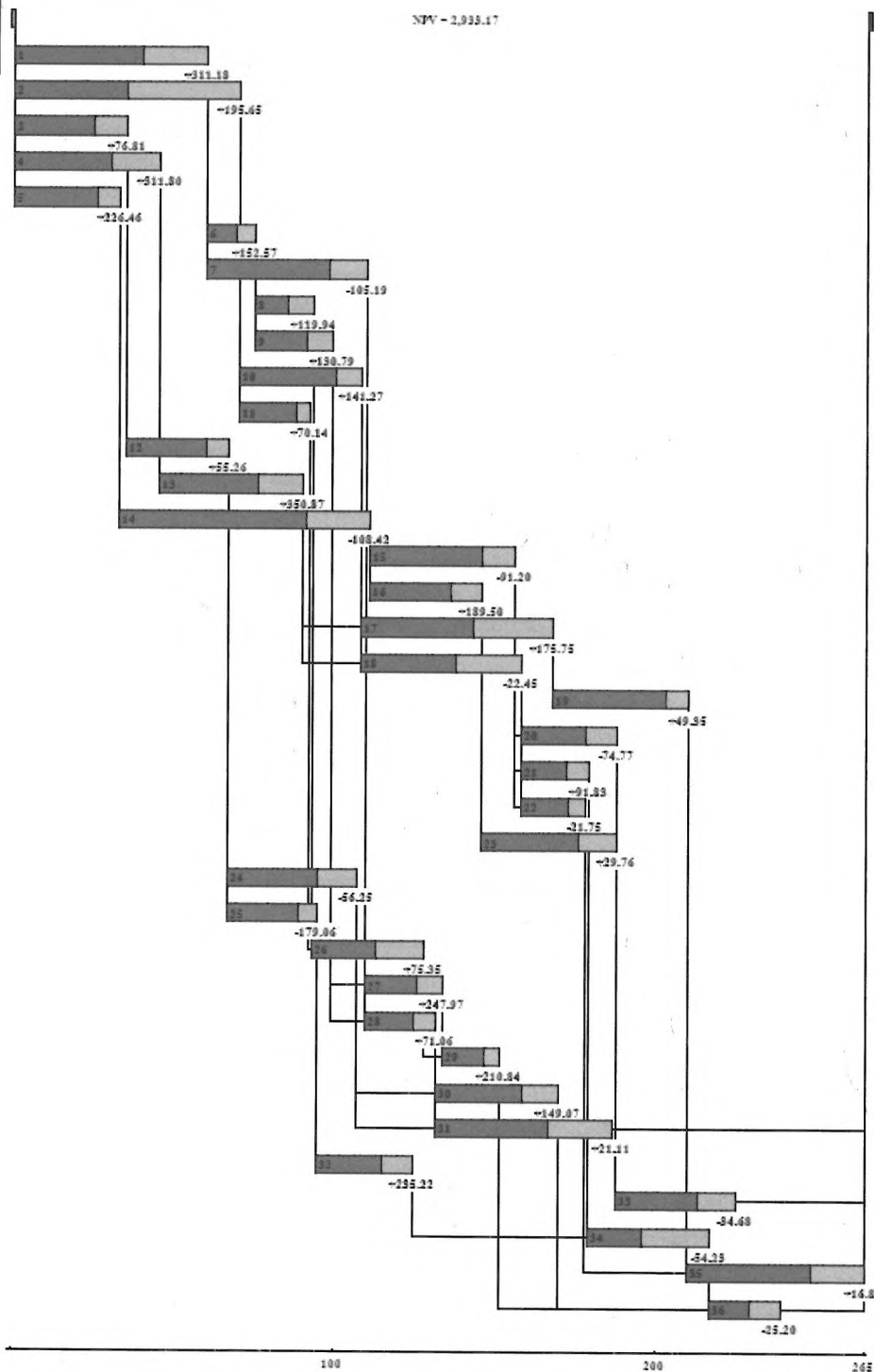
Az algoritmust mint DLL-t a Ghobadian és Csébfalvi által fejlesztett *ProMan* rendszerbe (Visual Basic<sup>®</sup> Version 6.0) építettem. A tiltott halmazokon alapuló egzakt MILP optimumok előállítására a CPLEX 12.0 AIMMS 3.10 -et használtam. A futtatások egy, a Microsoft Windows XP operációs rendszer felügyelete alatt működő, IBM PC-n (1.8 GHz Pentium IV) történtek.

A példa  $F=3730$  tiltott halmazt tartalmaz, amely azt jelenti, hogy a probléma igen nagy kihívásokat rejt módszertani szempontból és megoldása igen nehéz. Az Ős-Dráva program minta feladatának legkorábbi ütemezését és erőforrás konfliktusait a 2. és 3. Ábra szemlélteti korrekt erőforrás profil hisztogrammal. A részprojektek időtartamát szürke sávok jelzik, a megelőzési-rákövetkezési relációkat pedig vonalak jelzik. A nem korlátos optimista (pesszimista) ütemezés időtartama 173 (265) időegység.

1. táblázat. Input adatok az Ős-Dráva Program modellezéséhez

$a$	$A_p$	$B_p$	$R_{ic}$	$IP_p$	$a$	$A_p$	$B_p$	$R_{ic}$	$IP_p$
0	0	0	0		19	13	42	13	{17}
1	16	60	16	{0}	20	16	30	16	{15, 18}
2	15	70	15	{0}	21	12	21	12	{15, 18}
3	18	35	18	{0}	22	14	20	14	{15, 18}
4	19	45	19	{0}	23	16	42	16	{16}
5	10	33	10	{0}	24	15	40	15	{12}
6	18	15	18	{1}	25	13	28	13	{12}
7	24	50	24	{1}	26	14	35	14	{8, 11}
8	25	18	25	{6}	27	18	24	18	{7, 9}
9	16	24	16	{6}	28	22	22	22	{7, 9}
10	19	38	19	{2}	29	10	18	10	{26, 27}
11	20	22	20	{2}	30	18	38	18	{24, 28}
12	18	32	18	{3}	31	16	55	16	{24, 28}
13	15	45	15	{4}	32	17	30	17	{25}
14	16	78	16	{5}	33	19	37	19	{20, 23}
15	17	45	17	{14}	34	20	38	20	{21, 32}
16	19	35	19	{14}	35	15	55	15	{19, 22}
17	21	60	21	{10, 13}	36	24	22	24	{29, 30, 34}
18	24	50	24	{10, 13}	37	0	0	0	{31, 33, 35, 36}

2. ábra. Korai nem erőforrás-korlátos ütemezés



A program input adatait a 1. Táblázat tartalmazza. A 2. Táblázat futtatási eredményei tartalmazzák a program részprojektjeinek bizonytalan-de-korlátos cash-flow értékeit. Ez a feladat a CPLEX 12.-nek egy nehéz („hard”) esetnek minősül és a kezdetben beállított igen hosszú -10 órás- futtatási időtartam is kevésnek bizonyult ezért a végső eredmény  $\{A', B'\} = \{340, 500\}$  csak egy jó megoldásnak minősül. Az Ős-Dráva minta program erőforrás-korlátos ütemezésének valószínűségi skálája  $[A, B] = [395, 465]$  időegység.

### KONKLÚZIÓ

Nagyprojektek lebonyolítása igen bonyolult feladat, amely egy hatalmas apparátus fenntartását és irányítását igényli a projekt konkrét céljainak teljesítése mellett. Mindez hatalmas költséggel és kockázattal jár, aminek a csökkentésére minden módszert fel kell használni. Ilyen kulcsfontosságú eljárás a projektütemezés, amely jelentős segítséget biztosít a projektvezetők számára. A sikeres projektmenedzsment és -ütemezés sikerének jól körülhatárolható és definiálható tényezői vannak amelyek ismerete már a projekt kezdetekor szükséges. Ezek mellett vannak egészen bizonytalan tényezők, amelyek kezelése szintén szükséges, viszont sokkal bonyolultabb. A tanulmány kísér-

letet tesz a bizonytalanság kezelési stratégiáinak összegzésére és bemutatására. Ezen eljárások a gyakorlatban kiegészülnek matematikai megoldófolyamatokkal, amelyek közül a teljesség igénye nélkül a legfontosabbakat bemutatom. Ezek valós megértéséhez igen nagy absztrakciós készség szükséges, hogy a téma megkérdőjelezhetetlen komolyságát mindvégig megőrizzük. A tanulmány végül részletesen bemutat egy olyan megoldási rendszert, amely alkalmas az Ős-Dráva program ütemezésének elvégzésére több szempont figyelembe vétele mellett.

### HIVATKOZÁSOK

Alvarez-Valdés Olaguibel, R., Tamarit Goerlich, J. M. (1993), „The project scheduling polyhedron: Dimension, facts and lifting theorems”, European Journal of Operational Research, 67 2, pp.204-20

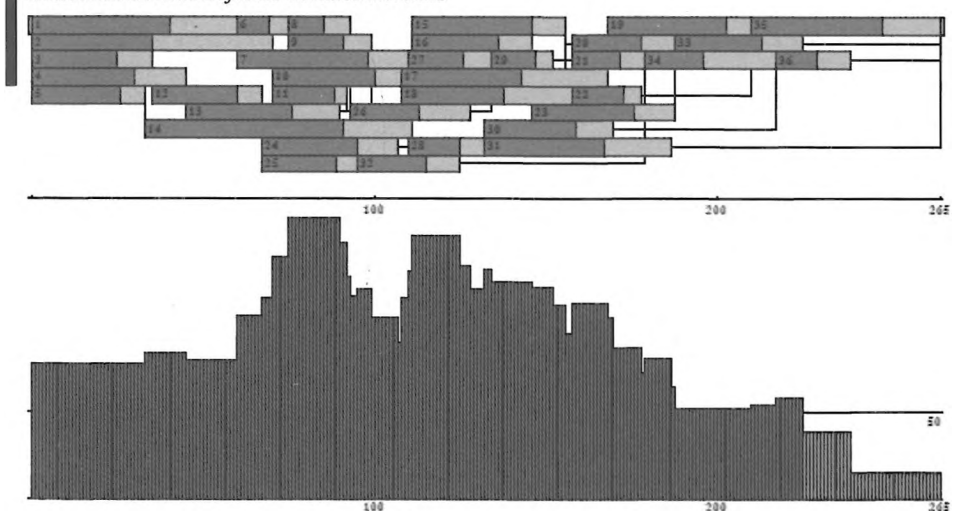
Aquaprofit Zrt. (2010): Ős-Dráva Program – Összefoglalással az Ormánság fellendítéséért, Vezetői összefoglaló

Blazewicz, J., Lenstra, J., Kan, A. R. (1983), “Scheduling subject to resource constraints: Classification and complexity”, Discrete Applied Mathematics, 5 1, pp.11–24

Coloni, A., Dorigo, M., Maniezzo, V., (1991), „Distributed Optimization by Ant Colonies”, in: Varela, F. and Bourgine, P. (Eds.), Proceedings of ECAL91 - European Conference on Artificial Life, Paris: Elsevier, pp.134–42

Csébfalvi, A. (2011), “An Improved ANGEL Algorithm for the Optimal Design of Shallow Truss Structures with Discrete Size and Continuous

3. ábra. Korai nem erőforrás-korlátos ütemezés



- Shape Variables and Stability Constraints", In: Lund, E. (Ed.): Proceedings of 9th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization: WCSMO-9, Shizuoka, Japan, pp.1-8
- Csébfalvi A. (2013), „ANGEL: A simplified hybrid metaheuristic for structural optimization”, In: Dr Helio J C Barbosa, Ozgur Baskan, Cenk Ozan, Soner Haldenbilen, Satoshi Kurihara, Mieczyslaw Drabowski, Edward Wantuch, Jaqueline Silva Angelo, Douglas Adriano Augusto, Helio J C Barbosa, Romdhanekay, Anikó Csébfalvi, Kazuyuki Murase, Pierre Delisle (Eds.), ANT Colony Optimization, Rijeka: InTech Open Access Publisher, pp.107-27
- Csébfalvi, A., Csébfalvi, G., (2005), “Hammock Activities in Project Scheduling”, In: Shrikant Panwalkar, Jian Li (Eds.), Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of POMS: „OM Frontiers: Winds of Change”, Chicago, USA, pp.1-27
- Csébfalvi, A., Csébfalvi, G., (2012): Fair Comparison of Population-based Heuristic Approaches: The Evils of Competitive Testing, In: Agostinho Rosa, António Dourado, Kurosh Madani, Joaquim Filipe, Janusz Kacprzyk (Eds.), IJCCI 2012 Proceedings of the 4th International Joint Conference on Computational Intelligence, SciTePress, pp. 206-309
- Csébfalvi, A., Láng, B., (2012), „An improved hybrid method for the resource-constrained project scheduling problem with discounted cash flows”, Pollack Periodica: An International Journal For Engineering And Information Sciences, 7 1, pp.135-46
- Csébfalvi, A., Pálné Schreiner, J., (2011), „A Net Present Value Oriented Hybrid Method to Optimize the Revenue of Geothermal Systems with Respect to Operation and Expansion”, In: B. H. V. Topping, Y. Tsompanakis (Eds): Proceedings of the thirteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Stirling: Civil-Comp Press, pp.1-10
- Csébfalvi, A., Szendrői, E., (2008), “A harmony search metaheuristic for the resource-constrained project scheduling problem and its multi-mode version”, In: Serifoglu, F. S., Bilge, Ü. (Eds.), Project Management and Scheduling 2008, Istanbul, Turkey, pp.56-9
- Csébfalvi Gy. (2008), „A csend hangjai: egy új harmónia-kereső heurisztika erőforrás-korlátos projektek időtartamának minimalizálására”, In: Veress, J. (szerk.): A közgazdaságtudomány tisztessége, Budapest: Műegyetemi Kiadó
- Danka, S. (2011): Robust Resource Constrained Project Scheduling With Fuzzy Activity Durations, Pollack Periodica: An International Journal For Engineering And Information Sciences 6:(3) Pp. 131-142.
- Danka, S (2013), „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.119-26
- Levi, R., Danka, S. (2012), „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 (Eds.): Proceedings Of The 4th International Joint Conference On Computational Intelligence. Barcelona: Scitepress
- Gantthead (2003): Why projects succeed and fail. [www.gantthead.com](http://www.gantthead.com)
- Golenko-Ginzburg D, Gonik (1997) A, Stochastic network project scheduling with non-consumable limited resources, International Journal of Production Economics, 1997, 48, 29–37.
- Kennedy J., Eberhart E., (1995), “Particle Swarm Optimization”, IEEE International Conference on Neural Networks, IEEE Press, 4, pp.1942-8
- Lee, K. S., Geem, Z. W. (2005), “A new metaheuristic algorithm for continuous engineering optimization: harmony search theory and practice”, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 194, pp.3902-33
- Möhring, R. H., Schulz, A. S., Stork, F. and Uetz, M. (2003), „Solving project scheduling problems by minimum cut computations”, Management Science, 49 3, pp.330-50
- Pritsker, A. A. B., Waters, L. J., Wolfe, P. M. (1969), „Multi-Project Scheduling with Limited Resources: A Zero-One Programming Approach”, Management Science, 16 1, Theory Series, pp.93-108
- Schonberger, R. J. (1981), „Why projects are „always” late: a rationale based on manual simulation of a PERT/CPM network”, Interfaces, 11 5, pp.66-70
- Standish Group, The (1994): The CHAOS Report, [http://www.standishgroup.com/sample\\_research/chaos\\_1994\\_1.php](http://www.standishgroup.com/sample_research/chaos_1994_1.php)
- Szendrői E. (2010), „Egy hibrid eljárás a több megvalósítási módú erőforrás-korlátos projektütemezési probléma megoldására”, SZIGMA, XLI 3-4, 177-94. old.
- Tseng, L-Y., Chen S. (2006), “A hybrid metaheuristic for the resource-constrained project scheduling problem”, European Journal of Operational Research, 175, pp. 707-21
- Zwikael, O., Globerson, S. (2004), „Evaluating the quality of project planning: a model and field results”, International Journal of Production Research, 42 8, pp.1545-56

*Danka Sándor, PhD-hallgató*

[sandordanka@gmail.com](mailto:sandordanka@gmail.com)

## Project scheduling of the Ós-Dráva program, and overview of scheduling

### Aim of the paper

The so called Ormánság micro region is one of the most lagging areas in Hungary and Europe. It is a well describable area upon an ethnographic approach. Currently planning area covers three LAU 1 units from which two belongs to Hungary's most lagging regions with deep economic, social problems. Without comprehensive development plans its state worsens rapidly. The Ós-Dráva program is a complex spatial development program that was established to emend the current problems. Complexity means that it effects many issues from agricultural land usages, development of economic structures, infrastructure developments, and tourism to a construction of a water-management system that hides various engineering challenges. The papers goal introduce the Ós-Dráva program, to highlight the main topics of the project and to show the importance of project scheduling.

### Methodology

Project scheduling is one of the core functions of project management and can affect highly the effectiveness, the resource allocation of the project and can highlight the deficiencies in it. Thus scheduling is a key task and in case of projects that are as complex as the Ós-Dráva it is not a trivial question at all. It raises many questions of which are many deeply methodological. In this case the program specific problems are the uniqueness of the problem, the links between problems, the utilized technology, the goals, the returns, and the practicability. The paper searches for a solution for these questions, and introduces a new a sampling-based bi-criteria hybrid harmony search metaheuristic for the resource-constrained project-scheduling problem with uncertain activity durations and cash flows.

### Most important results

The result of the new approach is a makespan minimal robust proactive schedule, which is immune against the uncertainties in the activity durations and which can be evaluated from a cost-oriented point of view on the set of the uncertain-but-bounded duration and cost parameters using a sampling-based approximation.

### Recommendations

The case shown in the paper highlights the schedule of the project as a separate chapter, but leaves it totally empty. This fact is enough to highlight the readers' attention to the reasons for this. It is probable that the project managers realized the importance of the project scheduling when they were preparing their work, but they also admitted the obscurity caused by the many uncertain factors. The method shown in the paper is an innovating direction of the ongoing researches. Most of the commercial software's and the routine practices of project managers lack the current scientific results, but they could be one that are able to answer questions raised by large projects similar to the Ós-Dráva Program.

*Keywords: Project scheduling, Ós-Dráva program, Success factors, Spatial development, heuristics*