

## A kutatás eredményei (Záróbeszámoló)

Dr. Borgulya István: Döntéstámogatás fuzzy módszerekkel, optimalizálással.  
T 042448 (2003-2006)

### 1. A kutatás célja, a munkatervben vállalt kutatási program

E pályázat támogatásával folytattam korábbi OTKA kutatásomat, amely a „fuzzy módszerek a döntési folyamatban” témával indult és kibővült heurisztikus optimalizációs módszerek kutatásával. A „döntéstámogatás fuzzy módszerekkel, optimalizálással” cím a közös keret kijelölését jelentette, amely fuzzy és optimalizációs módszerek fejlesztését egyaránt lehetővé tette.

További céljaim a következők voltak:

- Elsősorban a fuzzy osztályozással kívántam tovább foglalkozni. A kutatásnak további is tervezett eleme volt a jogi modellezés.
- Tovább kívántam kutatni a „optimalizálás evolúciós algoritmusok segítségével” témakört. A tervezett témák: egyes kombinatorikai problémák, vegyes-egészértékű skalár, ill. vektor optimalizálás.

A céloknak megfelelően a kutatás főbb lépései:

- Korábbi fuzzy osztályozó algoritmusom továbbfejlesztése
- Egész, vegyes-egész nemlineáris optimalizálás problémakör irodalmának tanulmányozása mind skalár, mind vektor optimalizálás területén. Következő lépésben ehhez kapcsolódó algoritmusok fejlesztése.
- Egyes kombinatorikai problémák megoldására tovább kívántam fejleszteni korábbi optimalizáló algoritmusaimat.

A kutatás eredményeiről cikkekben, ill. konferencia előadásokban kívántam beszámolni. Összességben négy nemzetközi konferencia előadást és évente két-három cikk írását tervezem.

### 2. A kutatás részletezése

A korábbi években készített beszámolók évenkénti bontásban mutatták be a kutatás folyamatát. Most összefoglalásként témakörönként mutatom be eredményeimet.

#### 2.1. Fuzzy osztályozás

A fuzzy osztályozás témakört tovább vizsgáltam és készítettem egy fuzzy evolúciós algoritmust. Az új algoritmus sikeresen old meg több benchmark osztályozási feladatokat (melyeknél pl. betegek adataiból kell diagnosztizálni osztályozási problémaként a betegséget). Eredményemről egy nemzetközi konferencián számoltam be „*Classification with a Fuzzy Evolutionary Algorithm*” címmel.

A fuzzy osztályozás felhasználásával a jogi modellezésben végül nem foglalkoztam. Helyette lényegesen több energiát fordítottam a kombinatorikai problémák és a vektoroptimalizálás témákra. Ugyancsak 2003-ban pl. „Evolúciós algoritmusok” címmel egy könyvet írtam. A

könyv optimalizálással foglalkozó része több algoritmusomat is bemutatja, melyek az OTKA kutatásom során készültek.

## 2.2. Optimalizálás evolúciós algoritmusok segítségével

### Skalár optimalizálás

#### a.) Folytonos nemlineáris optimalizálás.

Többprocesszoros, párhuzamos evolúciós algoritmus alkalmazásával készítettem algoritmust a folytonos nemlineáris skalár optimalizálásra. Korábbi evolúciós algoritmusom (CEJOR 2001) továbbfejlesztettem, és egy „island” modell segítségével jobb eredményeket értem el, mint a korábbi algoritmusom. Összehasonlítva más evolúciós algoritmus módszerekkel, eredményem hasonló, vagy jobb lett a vizsgált módszereknél. Az algoritmust egy nemzetközi konferencián mutattam be.

#### b.) Kombinatorikus optimalizálás

- Előző OTKA kutatásom során egy evolúciós algoritmust készítettem a QAP megoldására. A CEJOR nemzetközi folyóiratban, 2003-ban jelent meg a témáról írt cikkem.  
A QAP algoritmus megvalósításánál egy olyan evolúciós keretet alkalmaztam, amely 3 egymás utáni evolúciós algoritusból, „fázisból” áll. Az első fázis az induló populáció (megoldások) minőségét csoportosítással javítja. A második fázis a populáció fokozatos bővítésével javítja és gyorsítja a konvergenciát. A harmadik fázis pedig, mint normál evolúciós algoritmus, fix populáció mérettel dolgozik és időnként a legrosszabb megoldásokat újakra cseréli.  
Ez az evolúciós keret a QAP esetén jó eredményeket adott, jobbat, mint más evolúciós algoritmusok. Ezért a keretet, kísérlet képen más problémakörben is felhasználtam.
- A Boolean kielégítési probléma (SAT) evolúciós algoritmussal történő megoldását vizsgáltam. Egy nehéz benchmark példasoron sikerült jobb minőségű megoldásokat elérnem, mint a korábban (2003-ig) publikált evolúciós algoritmus alapú módszerek. Új 3-SAT algoritmusom szintén az evolúciós keretet használja (Megjelent a *Journal of Computing and Information Technology* nemzetközi folyóiratban).
- A SAT problémát tovább vizsgáltam. Evolúciós algoritmusomat kiegészítettem egy „kollektív memória” (EC-memory) technikával, amely így a korábbinál jobb eredményeket ért el, és további problémákat is sikeresen megoldott. Az újabb SAT algoritmusról a szegedi Kalmár Workshopon számoltam be.
- A kombinatorikus programozás egyik alapproblémájával, a bináris kvadratikus optimalizálással (BQP) is foglalkoztam. Megoldásánál mind az evolúciós keretet, mind az EC-memory technikát felhasználtam. Heurisztikus algoritmusom a 2.-3. legjobb eredményt adó módszer a heurisztikus módszerek közt jelenleg. Eredményemről a dortmundi 8th Fuzzy Days nemzetközi konferencián számoltam be.
- 2004-05-ben újabb kombinatorikus optimalizálási problémát vizsgáltam. Készítettem egy evolúciós algoritmust a kiszolgáló telepítési problémakör  $p$ -medián problémájára. Evolúciós algoritmusomban helyi kereső eljárásokkal, valamint többprocesszoros, párhuzamos számításokkal javítottam az eredményeket. Kutatásomról „A Hybrid Evolutionary Algorithm for the  $p$ -Median Problem” címmel a GECCO 2005 nemzetközi konferencián számoltam be.

### Vektoroptimalizálás

a.) Folytonos nemlineáris optimalizálás.

Folytattam a többcélú optimalizálás témakört, és korábban megjelent cikkem továbbfejlesztéseként, egy archívum bevezetésével, valamint újabb evolúciós algoritmus műveletek alkalmazásával lényegesen jobb minőségű eredményeket értem el, mint az algoritmusom korábbi változatával. Az új változat (MOSCA2) eredményei a vizsgált benchmark problémáknál a legjobb módszerek eredményei közé tartoznak. A *Central European Journal of Operational Research* című folyóiratban jelent meg erről cikkem.

b.) Kombinatorikus optimalizálás

- A SAT, p-medián, BQP algoritmusaimban egy EC-memory módszert új formában alkalmazok. Nálam a memorizált információk nem az evolúciós algoritmus szokásos műveleteit váltják ki/ helyettesítik, hanem a mutációnál kerülnek felhasználásra, a mutációt javítják. 2006-ban e módszert többértékű diszkrét kombinatorikai problémák körében való alkalmazásra továbbfejleszttem (EVL néven). Alkalmazásként a két célfüggvényes QAP problémát választottam. Ehhez a továbbfejlesztett, többcélú folytonos nemlineáris optimalizálásra készült algoritmusomat módosítottam a QAP problémához (MOSCA2b). Alkalmaztam az új, EVL-alapú mutációt és elhagytam a rekombináció műveletét. Eredményeim jobbak lettem a korábban publikált eredményeknél. Kutatásomról a dortmundi 9th Fuzzy Days nemzetközi konferencián „An Evolutionary Algorithm for the biobjective QAP” címmel számoltam be.
- A MOSCA2b algoritmus és az EVL technika sikeres alkalmazása vetette fel a gondolatot, hogy további problémáknál is sikerrel lesz alkalmazható. Újabb problémának a több célfüggvényes TSP-t választottam. Adaptálva a technikát a TSP-re eredményeim hasonlóak lettek a legjobb korábban publikált eredményekhez. Erről a GECCO'07 nemzetközi konferencián „An EC-memory based method for the multi-objective TSP” címmel a poszter szekcióban számoltam be.
- A MOSCA2b algoritmus és az EVL technika további alkalmazásaként „A járatszervezés úthossz kiegyenlítéssel” problémát választottam. Algoritmusomról a XXVII. Magyar Operációkutatási konferencián számoltam be. Jelenleg angol nyelvű cikket írok a témában.

A kutatás négy éve alatt összesen 14 publikációm jelent meg. Ebből három nemzetközi folyóirat cikk, hét pedig nemzetközi konferencia kiadvány/ gyűjteményes kötet cikk.