

Opponensi vélemény

Fullér Róbert: Multicriteria Decision Models with Imprecise Information

című akadémiai doktori értekezéséről

Az értekezés témája a többkritériumú döntési modellek, a fuzzy rendszerek stabilitása, a lehetőségeloszlások mennyiségi jellemzői és a fuzzy aritmetika témaköröket foglalja magába. Ismerteti továbbá a szerzőnek azokban a kutatás-fejlesztési projekteken elért eredményeit, amelyekben nemzetközi nagyvállalatok számára számítógépes döntéstámogató rendszereket fejlesztettek ki, olyan ipari döntési problémákra, amelyekben a pontatlanul rendelkezésre álló információk szakértői becslésekből származnak. Az értekezés 7 fejezetet tartalmaz, terjedelme 152 oldal. Az első fejezetben a szerző összefoglalja a fontosabb eredményeit, illetve röviden ismerteti 6 ipari kutatás-fejlesztési projektet, amelyekben 1992 és 2011 között az Åbo Akademi University, Institute for Advanced Management Systems Research intézetében mint kutató dolgozott. A második fejezetben röviden ismerteti Zadeh kiterjesztési elvét és a következtetés kompozíciós szabályát.

A harmadik fejezet a Rendezett Súlyozott Átlagoló (OWA) operátorok optimális súlyainak meghatározásával foglalkozik, részben két saját dolgozat [84,86] eredményei alapján. Ismert, hogy a többkritériumú döntési problémák megoldására nincs egységes módszer, mivel általában az irodalomból ismert alternatívák között nincsen olyan, amelyik az összes kritériumon jobban teljesítene, mint a többi. Ha minden kritérium egyformán fontos, akkor kézenfekvő lehetne az összteljesítményt a részteljesítmények számtani közepeként definiálni. Nem biztos azonban, hogy a döntéshozó azt szeretné, hogy a számtani közép által megadott módon lehessen kompenzálni a gyengébb részteljesítményeket más kritériumon elért jobb teljesítményekkel. Sok döntési szituációban fontos valamely olyan aggregáló operátort alkalmazása, amelyik egy adott kompenzációs szint mellett a lehető legtöbb részteljesítményt figyelembe veszi. A Rendezett Súlyozott Átlagoló operátorokat Ronald R. Yager vezette be 1988-ban az egyformán fontos kritériumokkal rendelkező

döntési problémák kezelésére. (Yager módszerét egyébként sok szerző alkalmazza, amely tény a Google Scholar szerinti több mint 4800 hivatkozása is alátámasztja). Az OWA operátor olyan nemlineáris súlyozási módszer, amelyben nem a részteljesítmények súlyozott összegeit tekintjük, hanem a monoton csökkenő sorrendbe rendezett részteljesítmények súlyozott összegeit, azaz az első súly a legjobb részteljesítmény súlya, a második súly a másodiké, végül az utolsó súly a legrosszabbé.

A 3.2 szakaszban a szerző az OWA operátorok optimális súlyainak meghatározására kidolgozott módszereit ismerteti. Először a [84] cikk alapján egy analitikus módszert mutat az adott kompenzációs szinttel rendelkező és maximális entrópiájú súlyvektor előállítására, amely nagyobb entrópiájú súlyokat eredményez, mint amilyeneket korábban Yager és Filev az exponenciális simítás módszerével származtattak.

A minimális varianciájú OWA operátor koncepcióját Fullér és Majlender olyan döntési problémák kezelésére vezette be 2003-ban, ahol minden kritérium egyformán fontos és ahol adott kompenzációs szint mellett a lehető legtöbb részteljesítményt figyelembe szeretnénk venni. A feltételeket kielégítő minimális varianciájú súlyok meghatározása egy lineáris korlátozásokkal rendelkező kvadratikusan matematikai programozási feladatra vezet, amelyet az operációkutatásban használt Karush-Kuhn-Tucker módszerrel oldottak meg.

A szerzőnek a témában publikált tanulmányaira több mint 400 független MTMT hivatkozás ismert. A koncepciót széles körben alkalmazzák olyan egymástól távoli területeken, mint például az anyagtudomány, az árvízvédelem, a szakértői rendszerek, a vezeték nélküli szenzorhálózatok, az információ-biztonság kockázatainak modellezése, a szélturbinák hibadiagnózisa, a vízkészlet-gazdálkodás, a hulladékgazdálkodás, stb.

Ez a módszer egyértelműen eredményes, mégis, meggyőzőbb lett volna, ha a szerző az OWA operátort összehasonlította volna más olyan többkritériumú döntési módszerekkel, mint például a rendkívül népszerű AHP (Analytic Hierarchy Process) módszer. Jó lenne, ha a szerző az opponensi véleményre adott válaszában erre a kérdésre részletesen kitérne, miért nem vizsgált más alternatív megközelítéseket.

A 4. fejezet a fuzzy rendszerek stabilitási kérdéseivel foglalkozik, saját társszerzős dolgozatainak ([12], [72], [73], [74], [81], [82]) eredményei alapján. A 4.1 szakaszban azt mutatja meg, hogy lehetséges lineáris egyenletrendszerek Lipschitz tulajdonságú fuzzy szám együtthatókkal korrekt felállításúak, azaz kis mérési (vagy kerekítési) hibák a fuzzy együtthatókban a fuzzy megoldásban csak kis változást okozhatnak. Más kifejezéssel, a megoldás a bemenő paraméterektől folytonosan függ, azaz a módszer matematikailag stabil. A fuzzy kiterjesztés itt azt eredményezi, hogy az általában nem-korrekt felállítású determinisztikus feladat korrekt felállításúvá válik. A korrekt felállítású probléma fogalmát J. Hadamard vezette be 1923-ban, a nem-korrekt felállítású problémák közelítő megoldására 1963-ban A.N. Tyihonov vezetett be regularizációs módszert, amelyet róla is neveztek el.

A 4.2 szakaszban a [73] cikk alapján megmutatja, hogy a fuzzy lineáris programozási feladatok nem interaktív és ugyanakkora szélességű (tartójú) szimmetrikus háromszög alakú fuzzy szám együtthatókkal korrekt felállításúak, azaz kis eltérések a fuzzy együtthatók középpontjaiban csak kis változást okozhatnak a fuzzy megoldásban. Tehát a fuzzy kiterjesztés a fuzzy lineáris programozási feladatok esetében is azt eredményezi, hogy az általában nemkorrekt felállítású determinisztikus lineáris programozási feladat korrekt felállításúvá válik, ami egyben azt is jelenti, hogy pontatlanul rendelkezésre álló együtthatók esetén a megoldására nem kell használni a Tyihonov-féle regularizációs eljárást.

Általánosan bebizonyítja továbbá a fuzzy lineáris programozási feladat fuzzy megoldásának és a konzisztencia fokának a stabilitási tulajdonságát is, amelyet előzőleg H. Hamacher, H. Leberling és H.-J. Zimmermann vizsgáltak és csak bizonyos esetekre tudtak belátni. A 4.4 szakaszban a stabilitási tételt lehetséges kvadratus programozási feladatokra is kiterjeszti, a 4.5 szakaszban pedig a többcélfüggvényű lehetséges lineáris programozási feladatokra is.

A J. Hadamardtól származó korrekt felállítású feladatok koncepciója nem minden szerző számára ismert, ezért kevés tanulmány hivatkozik rá. Ezzel szemben a differenciálegyenletek stabilitása és az optimális vezérlési feladatok stabilitása széles körben ismert fogalmak. Jó lett volna, ha a szerző mindenki számára világosan kifejti,

hogy általa vizsgált stabilitás fogalom (korrekt felállítás) hogyan viszonyul a jóval ismertebb, említett stabilitás-fogalmakhoz.

Az 5. fejezet a lehetőségeloszlások mennyiségi jellemzőit vizsgálja, saját dolgozatai [26], [85], [88], [96] alapján. A lehetőségeloszlások az egy adott szinthalmazában lévő összes értéket egyformán lehetségesnek tételezik fel és a „Laplace’s principle of Insufficient Reason” elv alapján az egyformán lehetséges értékeket egyformán valószínűnek tekintve, a szinthalmazokon egyenletes eloszlásokat vezetnek be. A lehetőségeloszlások megfelelő mennyiségi jellemzőit ezen egyenletes eloszlások mennyiségi jellemzőinek (várható érték, variancia, kovariancia, korreláció) a súlyozott közepeként definiálják. Ezeket a fogalmakat és a velük kapcsolatos állításokat a szakmai közösség elfogadta, amit a szerzőnek a témában publikált cikkeire kapott több mint 1000 független MTMT hivatkozása is bizonyít.

Fullér Róbert 1992 és 2011 között dolgozott finnországi ipari projekteken (Christer Carlssonnal közösen). Ezekben a projekteken számítógépes döntéstámogató rendszereket fejlesztettek ki, olyan ipari döntési problémákra, amelyekben a pontatlanul rendelkezésre álló információk emberi becslésekből származtak. A 7. fejezetben az értekezés 6 ilyen projektet mutat be részletesebben.

A 7.1 szakaszban a Knowledge Mobilisation projektet ismerteti, amely az Institute for Advanced Management Systems Research, Åbo University és a VTT Technical Research Centre of Finland közös munkája volt a Metso Automation, a Kemira, a Ruukk és az UPM-Kymmene ipari partnerekkel. Ebben a projektben egy fuzzy ontológiában tárolták mindazt a tudást, amivel a papírgyártási folyamat szakértői rendelkeznek. A megvalósított rendszer egy felmerült új probléma megoldásában úgy tud a felhasználónak segítséget nyújtani, hogy a korábban felmerült hasonló problémák megoldásait megjeleníti, mégpedig hasonlóság szerint csökkenő sorrendben.

A 7.2 szakasz a Waeno projektet ismerteti, amelyben az ipari partnerek a Fortum, az M-Real, az Outokumpu és a Rautaruukki vállalatok voltak. Ebben a projekteken a Fullér által 2001-ben bevezetett lehetőségi várható értéket és varianciát illetve a szintén általuk 2003-ban publikált heurisztikus hibrid valós opció árazási modellt [36]

használták hosszú távú ipari projektek elemzésére. A [36] cikkben a klasszikus Black-Scholes valós opció árazási modellt terjesztik ki lehetőségeloszlásokra. A Carlsson és Fullér nevével hivatkozott valós opció árazási modellt sok területen alkalmazzák, amelyet a [36] cikkükre kapott több mint 100 független MTMT hivatkozás is bizonyít.

A 7.5. szakaszban a OptionsStrat, OptionsPorts projektet ismerteti, ahol a részvevő ipari partnerek a Kemira, a Cargotec, az UPM-Kymmene és a Kuntarahoitus számára döntési modelleket fejlesztettek ki kutatás-fejlesztési projekt portfóliójuk optimalizálására. Ebben a különböző gyáregységek által javasolt kutatás-fejlesztési projekteket fuzzy valós opciók segítségével értékelik ki. (Olyan szempontból, hogy melyiket kell azonnal elindítani, melyiket nem szabad elindítani, illetve melyek azok a projektek, amelyeket egy későbbi időpontban célszerű, illetve lehetséges elindítani és addig csak a projekt „életben tartásával” kapcsolatos költségeket kell finanszírozni). Természetesen a vállalat lehetőségeinek határt szab a kutatás-fejlesztésre fordítható összeg és így az optimális kutatás-fejlesztési projekt portfólió választási probléma egy kevert egészértékű matematikai programozási feladatra vezet. A projektben alkalmazott módszert leíró [51] cikkükre is több mint 100 független MTMT hivatkozás ismert.

Végül a 7.6. szakaszban az EMS-Bullwhip projektet ismerteti ahol a két fő ipari partner a Metsä-Serla és a Stora-Enso tőzsdei papíripari vállalatok voltak. A projektben az ellátási láncokban jelentkező ún. „ostorcsapás-hatás” probléma csökkentésén dolgoztak. (Ez utóbbi lényege a következő: az ellátási lánc szereplőinek a téves előrejelzésén alapuló, nem a valós igényeknek megfelelő megrendelése a láncban felnagyítódnak és a sor végén lévő gyártón csapódnak le.) A projektben alkalmazott nem-statisztikai jellegű bizonytalanságokat kezelő Carlsson-Fullér [29] modellben az ellátási lánc szereplőinek megrendeléseit trapéz alakú fuzzy számokkal reprezentálták és a valós igényeket fuzzy-neurális rendszer segítségével identifikálták.

A szerző az ismertetett ipari alkalmazásokat számos dolgozatban és monográfiában is publikálta, jó lett volna, ha részletesebben és egyértelműen kifejti saját munkáját ezekben a modellekben és összehasonlította volna legalább egy-két eredményét más korábban – az iparban is megvalósított hasonló célú - módszerrel.

Összefoglalás

Az értekezésből meggyőzően kitűnik, hogy a szerző az operációkutatási modellezés és a döntési módszerek terén jelentős eredményeket ért el. Az értekezésben bemutatott új koncepcióit és módszereit széles körben alkalmazzák döntési problémák matematikai modellezésére, amit a több mint 3000 független MTMT, illetve a több mint 5100 Google Scholar hivatkozása is bizonyít. Javaslom az eljárás lefolytatását és az MTA Doktora cím odaítélését.

Budapest, 2015. június 18.

Kóczy T. László

egyetemi tanár, az MTA doktora