Válasz
Dr. Vastag Gyula Professzor Úrnak
a *Sensitivity analysis at production planning and production scheduling models*
című MTA doktori értekezés bírálatára

Nagyon köszönöm Dr. Vastag Gyula Professzor Úr bírálatát és az értekezés eredményeivel kapcsolatos elismerő szavait. Külön köszönöm az értekezés eredményeit alátámasztó publikációkkal kapcsolatos pozitív megállapításait. A bírálatban felvetett, a gyakorlati alkalmazások nem kellő mélységű bemutatásával kapcsolatos kritikai észrevételeire az alábbiakban válaszolok.

1. A 2. fejezetben a II. és III. típusú érzékenységvizsgálatnál a bíráló hiányolta annak részletes kifejtését, hogy a menedzsmentet miért a II. és III. típusú érzékenységvizsgálat érdekli elsősorban. Egyetértek a tisztelt bíráló azon megállapításával, hogy ennek a problémának a kifejtése akár egy másik disszertáció témája is lehetne. Emellett azonban mégis röviden összefoglalható a II. és III. típusú érzékenységi információk gyakorlati jelentőségét.

Az értekezésben ismertettem azt a szakirodalomban is részletesen tárgyalt problémát, hogy az általam I. típusúnak jelölt és hagyományosan számolt és alkalmazott érvényességi információ az optimális bázis érvényességére vonatkozik (például, Evans és Baker, 1982; Gal, 1986; Rubin és Wagner, 1990; Jansen et al., 1997). Az I. típusú érvényességi tartományok arról szolgáltatnak információt, hogy az LP feladat célfüggvény-együtthatója vagy jobboldali paramétere mely tartományon belül változhat úgy, hogy az optimális bázis továbbra is optimális maradjon. A döntéshozót ugyanakkor az érdekli, hogy az alkalmazott modell döntési változóinak optimális értéke – amely egyike lehet a menedzsment döntéseit megalapozó fontos műszaki, vagy gazdasági információknak – mennyire érzékeny a modellparaméterek változására. Degenerált esetben (amely gyakran fordul elő a gyakorlatban) azonban egy optimális megoldáshoz több optimális bázis is tartozik. Azon információ tehát, hogy egy paraméter milyen tartományon belül változhat úgy, hogy a döntési változó optimális értéke nem változik, de a hozzá tartozó bázis változik, a döntéshozó számára nem jelent hasznos információt. A döntéshozót érdeklő kérdés ilyen esetekben az, hogy a döntési változók optimális értéke a vizsgált paraméter milyen mértékű változása esetén marad optimális. Éppen ezen információkat adja mag az értekezésben definiált II. és III típusú érzékenységvizsgálat.

A II. és III. típusú érzékenységi információ között az a lényeges különbség, hogy a II. típus információnál minden olyan változó, amelynek az értéke zéró volt az optimális megoldásban, a paraméter változása után is 0 marad. Ez másként fogalmazva a támasztóhalmaz állandóságát jelenti. A III. típusú érzékenységvizsgálatnál a támasztóhalmaz állandósága nem követelmény, csak a kérdéses döntési változó állandósága. A különbség illusztrálására tekintsünk egy kapacitásbővítési problémát. Az egységnyi kapacitásbővítés gazdasági hatását kifejezheti az árnyékár egy olyan LP modellben, ahol kapacitás-feltételek vannak. A II. típusú érvényességi információ ilyenkor azt mondja meg, hogy milyen tartományon belül változtatható a kapacitás ugyanolyan gazdasági következmény (árnyékár) esetén, de úgy, hogy ugyanazok a kapacitások alkotják a szűk keresztmetszetet. A III. típusú érvényességi tartomány viszont azt mondja meg, hogy mely tartományon belül változhat a kapacitás ugyanolyan gazdasági következmény mellett úgy, hogy közben esetleg más kapacitások kerülnek a szűk keresztmetszetbe.

A definiált érvényességi információk tehát pontos válaszokat adnak azokban az esetekben, amikor az optimális megoldás érvényessége, nem pedig a bázis érvényessége, a kérdés. A bíráló által feltett kérdés, miszerint „miért csak ezek iránt érdeklődik a vezetés” arra az esetre vonatkozhat, amikor a vezetés az optimális megoldás *további* olyan tulajdonságait fogalmazza meg, amelyek állandóságát szeretné vizsgálni valamely paraméter változása esetén. Ennek megválaszolása a feltételektől függően egyedi vizsgálatot igényel és érdekes további kutatási kérdésekhez vezethet. A válasz talán az értekezésben vizsgált érzékenységvizsgálati alapesetek segítségével megadható, de elképzelhető, hogy a feltételek összetettsége miatt analitikus megoldás nem található és numerikus vizsgálatra van szükség. Az ilyen vizsgálatok ígéretes új kutatási problémák megfogalmazását teszik lehetővé, amelyekkel a jövőben szeretnék is foglalkozni.

A tisztel bíráló felvetésére összefoglalóan tehát az válaszolható, hogy az I. II. és III. típusú érzékenységi információk a három legfontosabb alapeseteket rögzítik. Minden további feltétel beépítése bizonyosan szűkíti a III. típusú információ által meghatározott legnagyobb tartományt. Hogy e szűkebb tartomány meghatározása analitikusan lehetséges-e az a feltételek összetettségétől függ és a konkrét eset ismeretében állapítható csak meg.

2. A tisztelt bíráló hiányolta a 6. fejezetben a naptárkészítő vállalat problémájának részletesebb bemutatását.

Egyetértek a bírálóval abban, hogy a naptárgyártó vállalat problémájának csak egy igen rövid, az ott tapasztal ütemezési probléma fő jellemzőit tartalmazó leírása került az értekezésbe. Ennek két fő oka van.

– A 6. fejezetben bemutatott, egyetlen erőforrást tartalmazó ütemezési problémával kapcsolatos kutatás elindítója a naptárgyártó vállalat ütemezési problémája volt. E probléma megismerése és megoldása után azonban úgy gondoltam, hogy hasonló feladatokra általánosítható az eredmény. Így, bár a kutatás elindítója a konkrét gyakorlati probléma volt, a kapott eredményeket már a konkrét problémán túlmutatva általánosan próbáltam értékelni és a naptárgyártó vállalat példáját csak az eredmények illusztrálására használtam. Annak vizsgálata pedig, hogy az optimális ütemezési sorrend mennyire érzékeny a készlettartási költségek nagyságára már a naptárgyártási folyamaton túlmutató kutatás és az eredmény minden hasonló problémára igaz.

– Az értekezés egészének megírásakor az volt a törekvésem, hogy a bemutatott kutatásoknak és azok eredményeinek általános jellegét helyezzem előtérbe. Ugyan sok kutatás elindítója egy konkrét gyakorlati probléma volt, de igyekeztem nem csak a konkrét problémát megoldani, hanem az eredményeket a hasonló típusú problémákra általánosítani. A gyakorlati esetek, így a naptárgyártó vállalat a 6. fejezetben, a kerékpár-összeszerelő üzem a 3. fejezetben, és az acélöntöde gyártási folyamata a 4. fejezetben az általános eredmények gyakorlati illusztrálást szolgálták, még akkor is, ha egyébként azok a konkrét kutatás elindítói voltak. Az értekezés ilyen szellemű szerkesztési elve, és az egyébként a Műszaki Tudományok Osztálya osztály által javasolt 100 oldalas terjedelmi korlát miatt a konkrét problémák rövid, összefoglaló jellegű bemutatása vált csak lehetségessé.

A tisztel bírálónak a gyakorlati alkalmazások nem kellő mélységű bemutatásával kapcsolatos jogos észrevételére általánosan tehát az válaszolható, hogy ez részben az értekezés szerkesztési elvének, részben terjedelmi korlátoknak köszönhető. Ennek ellenére minden esetben igyekeztem az általános eredmények illusztrálásához szükséges legfontosabb információkat bemutatni, illetve a további információk forrását megadni.

Evans, J.R. és Baker, N.R., 1982. Degeneracy and the (mis)interpretation of sensitivity analysis in linear programming. *Decision Science*, 13, pp.348-354.

Gal, T., 1986. Shadow prices and sensitivity analysis in linear programming under degeneracy. *OR Spektrum*, 8, pp.59-71.

Jansen, B., de Jong, J.J., Roos, C. és Terlaky, T., 1997. Sensitivity analysis in linear programming: Just be careful! *European Journal of Operational Research*, 101, pp.15-28.

Rubin, D.S. és Wagner, H.M., 1990. Shadow prices: Tips and traps for managers and instructors. *Interfaces*, 20(4), pp.150-157.

Ismételten köszönöm Professzor Úr szakértő, alapos és a további kutatási lehetőségekre is rámutató bírálatát.

Budapest, 2015. október 18.

Dr. Koltai Tamás