

Bírálóí vélemény

Lógó János: Szerkezetoptimalítás determinisztikus és sztochasztikus esetekben
című MTA doktori értekezéséről

Az értekezés 3 oldalas tartalomjegyzéket követően 102 számozott oldalt tartalmaz, amely 5 fejezetre bomlik. Az első szakasz 6 oldalas bevezetés, a második szakasz 13 oldalon az optimális tervezés alapfogalmait, alapelveit és megoldási módszereit ismerteti. Az értekezés két érdemi fejezete a harmadik és a negyedik fejezetek. A 35 oldalas harmadik fejezet a rugalmas-képlékeny tartószerkezetek maradó alakváltozások és elmozdulások korlátozása melletti méretezési problémáival, míg a 39 oldalas negyedik fejezet lineárisan rugalmas szerkezetek topológia optimalizálásával foglalkozik. Az értekezést végül egy 9 oldalas irodalomjegyzék zárja, melyben 59 tételes jegyzékben a szerző saját és társszerzős publikációi vannak felsorolva, a témakör további fontos publikációi pedig 153 tételes jegyzéket alkotnak.

A bevezető fejezet számomra leglényegesebb, dőlt betűkkel írt megállapítása az, hogy *„Az értekezés négy fejezetből és irodalomjegyzékből áll. Tartalmilag mechanikai jellegű problémák modellezésével foglalkozik, matematikai újdonságot nem tartalmaz. A matematika csak eszközként jelenik meg.”* A véleményem elkészítésekor ehhez tartottam magam, új matematikai eredményt nem kerestem az értekezésben.

Az értekezés második fejezetében a szerző összefoglalta azt a főleg az operációkutatás szakterületéhez tartozó matematikai módszertant, amely alkalmazásával az értekezés további két fejezetében ismertetésre került jelentős új mérnöki eredményeit elérte. Ebben a fejezetben sajnos több apró pontatlanság, hiányosság is található. Az optimalizálás folyamatát leírni hivatott 2.1 ábra például több magyarázatot igényelne, a nélkül nem segíti az optimalizálás folyamatának a megértését. A 12-edik oldalon helyesen az olvasható, hogy ∇f az f függvény gradiens vektora, a 14-edik oldalon pedig már az, hogy ∇ a differenciál operátort jelöli, holott helyesen azt kellene mondani, hogy a nabla operátort jelöli. Egyedül a 12-edik oldalon van az f függvényről megkövetelve, hogy az egyszer folytonosan differenciálható legyen, holott ugyanezt, sőt a kétszer folytonosan differenciálhatóságot is meg kellett volna követelni nemcsak az f , de a korlátozásokat leíró h_j és g_j függvényekről is, illetve a megfelelő konvexitási, konkávitási tulajdonságokról is szólni kellett volna. Ha már szó esett a nemlineáris programozás alapjairól, akkor az elsőrendű Kuhn-Tucker feltételek kimondásakor a megengedett megoldások tartományára ki kellett volna kötni valamiféle regularitási feltételt is, illetve ezen túl meg kellett volna adni az optimalitás másodrendű feltételeit is, hiszen a szekvenciális kvadratus programozási módszer, amelyet a szerző több feladat megoldására alkalmazott mérnöki sikerrel, azokon alapul. A 15-ödik oldal utolsó sorában hivatkozás történt az NLPQL szubrutinra, melyről legalább jelezni kellett volna, hogy mögötte a Non-Linear Programming by Quadratic Programming angol kifejezés áll és ez feltehetően maga a Schittkowski (1985/86) által kifejlesztett FORTRAN nyelvű szubrutin. A 2.7.5 szakaszban ismertetésre kerülő két módszer egy iterációs eljárással igyekszik az optimalitás elsőrendű

feltételeinek a teljesülését elérni. Az optimalitás elsőrendű feltételeinek a teljesülése esetén azonban sajnos az sem garantált, hogy lokális szélsőérték helyet találtunk meg, ahogyan azt a 2.7.5.1 szakaszban állítja a szerző, hiszen a leálláskor csak a megtalált pont stacionaritása garantált, mely azonban akár inflexiós pont is lehet. A 2.7.5.2 szakaszban a szerző olyan nemlineáris programozási feladatokra dolgoz ki „optimum feltételre alapuló általános módszert”, amelyben a nemlineáris cél- és feltételi függvények szeparábilisak. Erre a speciális esetre azonban a nemlineáris programozás rendelkezik más, hatékony megoldó módszerekkel is, melyeket célszerű lett volna itt tárgyalni, sőt akár alkalmazni is az ilyen típusú topológia optimalizációs feladatok megoldására.

Az értekezés első érdemi fejezete a harmadik, amely eredményeit az első három tézis foglalja össze. A fejezet a rugalmas-képlékeny rácsos tartószerkezetek maradó alakváltozások és elmozdulások korlátozása melletti méretezésével foglalkozik. Rövid irodalmi áttekintést követően a 3.1 szakaszban a képlékeny viselkedés általános korlátjai, majd a képlékeny elmozdulások korlátjai kerülnek ismertetésre. Ezt követően a 3.2 szakasz a kvázi-statisztikus terhelésű rácsos tartóknak a beállítás vizsgálat statikai tétele alapján történő optimális tervezésével foglalkozik. Az *első tézis* (a) pontját a 3.2.3 szakaszban leírt matematikai programozási feladat megalkotása, (b) pontját pedig a 3.2.3.1 szakaszban leírt megoldó algoritmus jelenti, kiegészülve a 3.2.3.2 szakaszban történt több célfüggvényes változattal, illetve a 3.2.3.3 szakaszban bemutatott mintafeladatra elért eredményekkel. A *második tézist* a tárcsák optimális méretezésével foglalkozó 3.2.4 szakasz eredményei jelentik. A problémára megfogalmazott matematikai programozási modell a 3.2.4.1 szakaszban, illetve több célfüggvényes változatban a 3.2.4.2 szakaszban került ismertetésre. A 3.2.4.3 szakasz pedig egy mintafeladatot és annak eredményeit adja meg. Megjegyzendő, hogy 3.2.4 szakaszban nincs külön megoldó algoritmus tárgyalva, mivel az megegyezik 3.2.3.1 szakaszban leírt algoritmussal. Az értekezés 3.3 szakasza dinamikusan terhelt tartószerkezetek optimális tervezésére szolgáló modellekkel foglalkozik, melyen belül a 3.3.1 szakasz a nagy intenzitású, rövid ideig ható, lökésszerű terhek esetére; a 3.3.2 szakasz a leeső terhek esetére adja meg a kinematikai és dinamikai egyenleteit. A 3.3.3 szakasz a maradó elmozdulások felső korlátjainak a meghatározásával; a 3.3.4 szakasz pedig a dinamikus határfeszültség meghatározásával foglalkozik. Végül a *harmadik tézis* (a) pontja a 3.3.5, (b) pontja a 3.3.6 szakasz eredményeit foglalja össze, melyek közül előbbi a nagy intenzitású, rövid ideig tartó, lökésszerű teherrel és leeső teherrel terhelt rugalmas-képlékeny anyagú szerkezetek optimális tervezésére, utóbbi a földrengések során fellépő szeizmikus hatásokkal terhelt képlékeny keretek optimális tervezésére vonatkozó matematikai programozási modellek és megoldó algoritmusaik kidolgozását jelenti. A 3.3.7 szakasz pedig mintapéldákat és számítási eredményeket mutat be a dinamikus teher mellett vizsgált összes tervezési feladat esetére.

Az értekezés negyedik fejezet a lineárisan rugalmas szerkezetek topológia optimalizálásával foglalkozik. Részletes irodalmi áttekintést követően a 4.2 és 4.3 szakasz a topológia optimalizálás determinisztikus modelljeit írja fel optimalizálási feladat formájában és adja meg annak optimalitási feltétel módszerének (OC) nevezett megoldó algoritmusát. Ezek az eredmények képezik a negyedik tézis (a) és (b) pontjait. A 4.4 szakasz megadja a topológia optimalizálás egy lehetséges sztochasztikus optimalizációs modelljét, melyben a terhek több-

dimenziós normális eloszlású valószínűségi változókkal vannak megadva. Mivel a (4.20) valószínűségi korlát ezek lineáris kombinációjának nem-pozitivitására ír elő megbízhatósági szintet, alkalmazni lehet az úgynevezett Kataoka modell eredményeit, mely eredmények megtalálhatók Prékopa András sztochasztikus programozás könyvében is. Az így keletkező sztochasztikus optimálási feladat viszonylag egyszerűen kezelhető, gyakorlatilag visszavezethető a determinisztikus alapesetre. Jó lett volna azonban a feladat matematikai alapjait ismertető 4.4.1 szakaszban azt is megmutatni, hogy a valószínűségi korlátból származtatott egyetlen új, nemlineáris korlátozó feltételt definiáló nemlineáris függvény miért konvex (hiszen általánosan nem igaz az, hogy a konkáv négyzetgyök függvénybe konvex függvényt helyettesítve eredményül konvex függvényt nyerünk). Emellett arról is szót kellett volna ejteni, hogy a probit függvény $\frac{1}{2}$ -nél nagyobb argumentumokra pozitív értékeket vesz fel és ez által nem rontja el a vele beszorzott függvény konvexitását. A 4.4.3 szakaszban nem helyes a nem normális eloszlású véletlen terhekkel kapcsolatban a Kataoka (1963) cikkre történő hivatkozás, mivel az a cikk csak normális eloszlású valószínűségi változókra tartalmaz eredményeket. A 4.4 szakasz eredményei az ötödik tézisben vannak összefoglalva. Végül a 4.5 szakasz egy sor mintapéldára vonatkozóan ad meggyőző számítási eredményeket, melyek mindegyike az úgynevezett „Michell-típusú” topológiák körébe tartozik.

Összefoglalva, az értekezés a szerző több évtizedes igen aktív alkotó munkájának az eredményeit foglalja össze, melyből ki kell emelni a modellalkotási, számítógépes feladat megoldási és megoldás ellenőrzési mérnöki tevékenységeket. Az alkalmazott matematikai módszertan sajnos nem mindig tartozik a legkorszerűbbek közé és a leírása is több helyen pontatlan. A tézisekben foglalt eredményeket elfogadom újaknak és a mérnöki tudományok körébe sorolhatóknak, annak ellenére, hogy matematikusként nem tudok mit kezdeni az olyan kijelentéssel, hogy „mérnöki szemléletre alapuló iterációs számítási eljárásokat és megoldási módszereket dolgoztam ki” (lásd első tézis (b) pontja). Javasolom az értekezés nyilvános vitára bocsátását és az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2014. december 9.

Dr. Szántai Tamás
egyetemi tanár
az MTA doktora