

Válasz

Dr. Jármai Károly professzornak

Lógó János:

**„SZERKEZETOPTIMÁLÁS DETERMINISZTIKUS ÉS SZTOCHASZTIKUS
ESETEKBEN”**

című akadémiai doktori értekezésének a bírálata

Nagyon köszönöm bírálónak, hogy az értekezésemmel alaposan foglalkozott és mérnöki szempontok előtérbe helyezésével elemezte azt.

Disszertációm a kandidátusi fokozatom megszerzése utáni rangos nemzetközi tudományos folyóiratokban megjelent válogatott tudományos munkáim rövidített változata. Ezt disszertációmban is jeleztem. Az új doktori szabályzat miatti terjedelmi korlátokat betartva nem volt lehetőségem a leírás bővítésére, sőt rövidíteni kellett azt. A bemutatott részek mindegyike továbbfejlesztésre került és sikeres PhD disszertációk kerültek kidolgozásra. Ezek nem csak a saját doktoranduszaimmal kapcsolatosak, hanem az OTKA témavezetésemhez kapcsolódó és a külföldi PhD-kban is megjelenteket is tükrözik.

Az irodalomjegyzéknél a hivatkozott nem saját irodalmak túlnyomórészt a 70-es, 80-as és 90-es évekből származnak. A 153 irodalomból 5 származik 2011 utánról, azok szerzői is Magyarországhoz kötődnek. A megadott 53 saját publikációból összesen 3 jelent meg 2011 után.

Dolgozatom 2013-ban íródott. A disszertáció 20 év munkásságának összefoglalása. Hivatkozásai az eredeti gondolatok megjelenéséhez kapcsolatosak. A származtatott publikációkat csak igen korlátozott mértékben elemzi. A 3. fejezetben ismertetett munkák már egy évtizede befejeződtek. Itt a továbbfejlesztéseket, az ezekből származtatott munkákat csak jeleztem. Az elmúlt 20 év alatt a disszertációba bevont és hivatkozott 59 saját dolgozat évekre bontott arányos része 3, így a 2011 utáni megjelenések száma megfelel ennek a tendenciának.

A jelölt témaválasztása nagyon széleskörű. Egy témán belül is több területtel foglalkozik, mint pl. a 2-dik fejezetben, ahol foglalkozik a rugalmas-képlékeny anyagú rúdszerkezetek optimalizálásának képlékeny alakváltozásra és maradó elmozdulásra vonatkozó korlátokkal bővített modelljeivel, illetve nagy intenzitású lökésszerű teherrel terhelt merev-képlékeny szerkezetek optimális méretezésével egyaránt.

A második fejezet az optimális tervezés alapelemeit mutatja be. A harmadik fejezet foglalkozik a rugalmas-képlékeny szerkezetek méretezését statikus, illetve dinamikus teher esetén a maradó alakváltozások és elmozdulások korlátozásával. A feldolgozott témák bontása a vizsgált szerkezet (rácsos tartó, Gerenda, lemez, tárcsa, héj) és tehertípus (statikus, dinamikus) alapján történt. A merev-képlékeny anyag szerinti egyszerűsítő modellezésre a képlékenységtan állandó feszültségek tétele miatt volt lehetőség.

Sajnálatos a jelölésjegyzék hiánya, mivel oly nagy számban ad meg változókat és paramétereket, skalár, vektor és mátrix alakban, hogy azok sokszor áttekinthetetlenek és rendkívül megnehezítették az anyag megértését.

Az egyes részek azonosíthatósága miatt az eredeti jelölésrendszert megtartottam és a dolgozat érdemi (3. és 4.) fejezeteiben adtam meg a változók jelentését. Minden változót az első megjelenéskor megneveztem, magyaráztam. Az új doktori szabályzat miatti terjedelmi korlátokat betartva nem volt lehetőségem a leírás bővítésére.

Sokszor egyes mennyiségeknek csak a neve van megadva, az elemeire vonatkozó információk, értékek hiányoznak, vagy csak nagy utánajárással deríthető fel az értelmük. Ilyen pl. a 25-dik oldal 3.12 képletében szereplő λ karcsúsági tényező, az a_i , b_i konstansok.

Az egyetemi építőmérnöki tananyag ismeretét feltételeztem és ennek megfelelően adtam meg a változók jelentését. Pl. a 3.12. esetén a dolgozat szerint:

$$\sigma_{ci} = \varphi_i \sigma_y, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (3.11)$$

Itt φ_i az A_i tervezési változó függvénye és az EUROCODE 1993 vonatkozó előírásai alapján határozható meg:

$$\varphi_i = \beta_i - \sqrt{\beta_i^2 - \frac{b_i^2}{\lambda_i^2}}, \quad \beta_i = \frac{1 + a_i \left(\frac{\lambda_i}{b_i} - 0.2 \right) + \left(\frac{\lambda_i}{b_i} \right)^2}{2 \left(\frac{\lambda_i}{b_i} \right)^2} \quad (3.12)$$

Itt λ_i az i -edik rúd karcsúsági tényezője, a_i , illetve b_i a keresztmetszet alakjától és alkalmazott anyag minőségétől függő konstansok.” A mintapéldánál a 28. oldal alján található az értékek: „A stabilitás-vizsgálathoz a (3.12) képletekben az EUROCODE alapján az $a=0.21$ és $b=93.01$ értékeket vettük figyelembe.

Általános kérdésként adódik, hogy a kidolgozott modellek milyen anyagra alkalmazhatók (acél, beton, vasbeton, szálerősítéses műanyag, stb.)? Ez minden témára vonatkozik! Ahol nincs megadva anyag, miért nincs?

Nem törekedtem arra, hogy az építőmérnöki gyakorlatban szokásos anyagot tételezzek fel a mintafeladatoknál, hanem a célom az volt, hogy a bemutatandó jelenségre minél jobban felhívjam a figyelmet. Ezt az elképzelésemet azzal indokolom, hogy a mai szerkezetek kialakításában egyre nagyobb szerepet játszanak új anyagfajtáknak nem megszokott körülmények közötti hasznosítása. Dolgozatomban mindvégig feltételeztem, hogy az anyagi jellemzőket az energiafüggvény tartalmazza. Ha az anyagmodell lineáris, akkor az energiafüggvény kvadrátikus formában adott, ha nemlineáris, akkor is konvex függvény. Csak olyan anyagú szerkezetekkel foglalkoztam, ahol anyagi stabilitásvesztés nem lép fel. Ez azt jelenti, hogy csak azokra a feladatosztályokra írtam fel a modelleket, ahol az energiafüggvény konvex.

- a 2.1 ábrával nem értek egyet. Szerintem az optimális méretezési feladatot a célfüggvény, a változók és a feltételek összessége adja meg. Ezek szétválasztása más és más feladatokat definiálhat.

Az ábra Kaliszky Sándorral és Nédli Péterrel írt egyetemi jegyzetem egyik ábrája. A tartószerkezetek optimális tervezése c. tárgyhoz tartozik. Idézve a dolgozatból: „A 2.1 ábra az optimális tervezés állapotegyenleteit és összefüggéseit szemlélteti.” Tartalmilag a nemzetközileg elfogadott formának megfelelően adtuk meg a magyarázatot. Nincs benne szó semmi szétválasztásról. Ha szétválasztanánk, valóban más feladatokat kapnánk.

- a 3.14 és a 3.20 képletekben mit ért a jelölt többcélfüggvényes optimáláson? Milyen eljárással gondolja meghatározni ahogy írja a nem konvex feladat Pareto optimumait? Vannak többcélfüggvényes eredményei?

- hogyan győződött meg róla, hogy az egycélfüggvényes optimáló módszer képes megoldani a nem konvex feladatot és nem lokális optimumot ad-e?

1988-ban megvédett egyetemi doktori disszertációm és számos dolgozatom erről szó. Jelen disszertációban is jelzek hármat. Egyiknek bírálóm volt a szerkesztője. Idézet a dolgozatból: „Numerikusan a (3.14) feladatot számos eljárással (Lógó (1988)) megoldhatjuk (pl. súlyozott célfüggvények, optimálás parametrikus szintekkel, sztochasztikus kereséssel). A (3.14) feladat nem konvex, de a célfüggvények terébe történő leképezés miatt a vektor-optimalizációs feladat gyenge –efficiens pontjai meghatározhatók (Lógó (1988)).”

- [1] Lógó, J. (1988): Rúdszerkezetek tervezése többcélűfüggvényes programozással, Egyetemi doktori értekezés, Budapest.
- [2] Kaliszky, S.; Lógó, J. (2003a): Application of Multicriteria Optimization in Layout Optimization of Structures. In: Metal Structures, Design, Fabrication, Economy, (eds.) Jármay, K.; Farkas, J.; Millpress Science Publishers, Rotterdam, The Netherlands, 271-276.

- a 3.2.3.3 mintafeladatnál nincs nyoma annak, hogy alkalmazta volna a 3.12 képletnél emlegetett kritikus nyomófeszültség számítását. Ha alkalmazta, részleteket kérek róla, ha nem, akkor miért hivatkozott rá?

A dolgozat 28. oldalán alul található a részletek. Innen idézve: ”A tartóra ható kétparaméteres terhelés terhelési tartományát a 3.2 ábra tünteti fel. A stabilitás-vizsgálathoz a (3.12) képletekben az EUROCODE alapján az $a=0.21$ és $b=93.01$ értékeket vettük figyelembe. A nemlineáris matematikai programozási feladatot szekvenciális kvadratikusan programozási algoritmus felhasználásával oldottuk meg (Schittkovski (1985/86)). A 3.3 ábra mutatja a térfogat változását a kiegészítő maradó alakváltozási energia és a maradó elmozdulás függvényében. A $W_{p0}=10\text{kNm}$, illetve a $u_{r2}=1, 3, 5$ és 7cm értékekhez tartozó optimális keresztmetszeti méretek a 3.1 táblázatban találhatóak. Az optimális megoldás konvergenciája egy adott eltolódási korláthoz kapcsolódóan néhány iterációs lépés után látható volt. Ennek részleteit itt nem közöljük. A mechanikai modell helyességét, konvergenciáját irodalmi (Tin-Loi, F. (2000)) adatokkal való összehasonlítással (5 rudas szerkezet - Kaliszky és Lógó (2002c) -) ellenőriztük.”

- a 32-33-dik oldalon 2 mondat egymás után ismétlődik.

Nincs ismétlődő mondat.

- 33. old. „... színek a porozitás(!) jelenítik meg.”

Igen a porozitást. Ezzel is megjeleníthető a topológia. Lásd 29. oldal alja.

- sem a 3.2.3.3, sem a 3.2.4.3 mintafeladat, melyeknek az lenne a feladata, hogy bemutassák az elmélet alkalmazhatóságát, nincs mérnöki szempontból megadva. Sem a feladat alapadatai, sem az eredmények.

Véleményem illetve a munkákat megjelenített két lap bírálói szerint is kellően részletezettek. Hiányos adatmegadás, reprodukálhatóság hiánya miatt nem jelenhetett volna meg egyik sem.

- [3] Kaliszky, S.; Lógó, J. (2002b): Layout and Shape Optimization of Elastoplastic Disks with Bounds on Deformation and Displacement. Journal of Mechanics of Structures and Machines. 30, (2), 177-191.
- [4] Kaliszky, S.; Lógó, J. (2002c): Plastic Behaviour and Stability Constraints in the Shakedown Analysis and Optimal Design of Trusses, Journal of Structural and Multidisciplinary Optimization, 24, (2), 118-124.

A mintapéldát még egy litván kutató 2004-ben saját dolgozatában is bemutatta egy olyan konferencián, ahol ennek a szekciónak az elnöke voltam. Azóta kutatócsoportjuk számos dolgozatában hivatkozta le a módszert (Atkociunas, Merkeviute). Merkeviute még a PhD disszertációjához is használta, ő meg is keresett.

- 3.3.3 fejezet Keverednek az alakváltozás, az elmozdulás és az eltolódás szavak. Kérem definiálja őket.

Véleményem szerint nem keverednek. A Szilárdságtan c. tárgy oktatása során alkalmazott elveket, definíciókat alkalmaztam. Az elmozdulásoknak két nagy komponense van: az eltolódások és elfordulások. Ezek a szerkezetre ható terhek következtében létrejött igénybevételek hatására keletkező alakváltozásokból (anyagegyenletek) a geometriai egyenletek felhasználásával számíthatók. Ezt adtam meg a kifogásolt 2.1. ábrán is az állapotegyenletek részletezésekor is. A modellekben globális korlátként az alakváltozási energia, lokális feltételként a maradó elmozdulások (eltolódások) korlátozása az eszköz.

- a 3.13 ábrán nem szerepel az $M=15\text{kN}$ tömegelő, de a szövegben hivatkozik rá.

Valóban nem szerepel ezen az ábrán. A szöveg a teljes fejezetre vonatkozik és ez félreérthető.

A lineárisan rugalmas szerkezetek topológiaoptimálása fejezetben a SIMP módszer és az OC módszer alkalmazása nem jelent újdonságot. A valószínűségi változókkal adott terhek esete mint elképzelés újszerűnek mondható. A hozzá tartozó mintafeladat nincs, vagy nincs megfelelően definiálva. Ezáltal a használhatóság bemutatása hiányzik, vagy nem megfelelő.

Valóban nem újdonság a SIMP vagy OC módszer alkalmazása. Ezt nem is állítottam egyik tézisemben sem. Az viszont újdonság, amit ezen módszerek továbbfejlesztése, kiterjesztése takar. Ez jelenik meg a dolgozatomban és jelent meg a PhD fokozatokban, amelyeket a módszereim továbbfejlesztésért a doktoranduszok kaptak.

Hasonlóan érdekes lehetne a determinisztikus és a sztochasztikus terhelés esetén az optimumok összehasonlítása, de erre az értekezés csak bizonyos vizuális összehasonlítási lehetőséget ad. A mérnöki alkalmazhatóság is kérdéses.

Kívánczosa összehasonlítás meglévő más számításokkal, pl. elemszám, iterációszám, konvergencia sebesség, stb. vonatkozásában. Például a TOPOPT csoporttal, mellyel hagyományosan jó a kapcsolat.

Kutatásaimat széles nemzetközi együttműködés keretében végeztem. Egy mintapélda (optimális topológia) több ellenőrzésen (független programok használatával – független kutatók bevonásával) esett át a publikálás előtt. Abban a szerencsés helyzetben voltam, hogy kutatótársam a témában az egyik legismertebb és leghivatkozottabb kutató Rozványi György, aki a SIMP elnevezés megalkotója. A kérdezett dán kutatók (Bendsoe, Olhoff, Sigmund) mellett, amerikai vezető kutatók (Haftka, Ming Zhou, K.K. Choi), angol (Toropov, Querin) és lengyel (Lewinski) kollégáim is a közös kutatás résztvevői. Közülük többen társszerzőim is és hivatkozzák munkáim. Eredményeinket publikálás előtt kicseréltük, ellenőrzésre egymásnak átadtuk.

A bemutatott eredmények jól mutatják építőmérnöki szempontból a topológia optimálás fontosságát. Látható a peremfeltételek (támaszok) hatása az optimális topológiára. A példánál minden szükséges adat megadásra került. Az eredményeket a megjelenés óta több kutató hivatkozza.

Ahogy az előzőekben jeleztem, publikált eredményeim széles nemzetközi kutatási együttműködés során ellenőrzésre kerültek. A topológia optimálás jelenlegi „állása” szerint nem is igazán az eredmény kiszámításának paraméterei az érdekesek. Most sokszor az

elméleti sejtések (optimális topológiák) numerikus igazolása az elsődleges feladat. Többek között Lengyel kollégáink (Lewinski, Sokol) pedig analitikusan igazolja (vagy cáfolja) eredményeinket.

Ebben az értelemben számomra a Korányi Ösztöndíj adta meg azt a lehetőséget, melynek kapcsán együtt dolgozhattam és publikálhattam John Taylor-ral, Les Berke-vel és Noboru Kikuchi-val. Eredményeim kapcsán az MTA támogatásával már több éve együtt dolgozom a Lengyel Tudományos Akadémia Mechanikai Kutatóintézetének (IPPT) fiatal kutatóival. Eredményeinket számos dolgozatban publikáltuk.

Az értekezés nagyon sok témát dolgozott fel. Talán ebből származik a hátrányok jelentős része is, mert az alapösszefüggéseket nem vezeti le általában, csak hivatkozik cikkekre, az alkalmazhatósági kört, a feladatokat nem definiálja, vagy nem definiálja pontosan.

A kidolgozott viszonylag egyszerű, vagy az irodalomból ismert feladatoknál általában az eredményekre koncentrál, a folyamatot nem érzékelteti, hogy adatokat szolgáltatson a megalapozott értékeléshez. Általában nem ad összehasonlítást más számítással, hogy minősíteni lehetne az eredményeket. A mintafeladatok kiinduló adatai mérnöki szempontból nem kellően definiáltak, hasonlóan az eredmények sem.

Egyetértek tisztelt bírálómmal, hogy értekezésem nagyon „kompakt” módon ismerteti kutatási eredményeimet. Ennek oka, hogy disszertációm a kandidátusi értekezésem óta nemzetközi szakfolyóiratokban megjelent válogatott munkák rövidített változata. Mivel minden részletet az eredeti dolgozatokban megadtam és jeleztem a disszertációban, hogy hol találhatóak ezek, úgy véltem csak a lényeg közlése a fontos. A mintapéldák esetében pedig még szűkebb volt a válogatási lehetőség a terjedelmi korlát miatt. Ezért egyetértek azzal, hogy az értékelés szempontjából a disszertáció túl töménynek tűnik. Másrészt dolgozatom nyelvezete tükrözi a szakterületen nemzetközileg elfogadott és ismert elveket. Mivel disszertációm egyetlen érdemi témaköre (3. és 4. fejezet) sem tartalmaz egyetlen publikálatlan eredményt sem, ezért az eredeti, megjelent, széles körben hivatkozott dolgozatok rövidített változatára épült a munka. Ezt jeleztem is a bevezetésben. A disszertáció szempontjából legfontosabbnak ítélt, kiválasztott öt dolgozatot az MTA doktori szabályzatának megfelelően csatoltam. Minden publikált részfeladat komoly mérnöki szemléletű ellenőrzésen esett át. Ha rendelkezésre állt az analitikus megoldás, akkor azzal is összehasonlítottam az eredményeimet. Mivel új tudományos eredményeket publikáltam, ezért csak a hasonló, igen kevés numerikus eredménnyel tehettem összehasonlítást (pl. Tin-Loi munkája), **hiszen eredeti gondolatokról, új eredményekről van szó.** Magam és a szakfolyóiratok bírálóinak

véleménye alapján kellően dokumentáltak a mintapéldák. A stabilitás kérdése alkalmazásra került. Lásd. 28. oldal alja.

Az értekezés értékes tudományos eredményeket tartalmaz, amit a nagyszámú saját publikáció is érzékeltet. Az értekezésnek viszont önállóan is "meg kell állnia", hitelesen bemutatva a tudományos eredmények háttérét. Nem elég a cikkekre hivatkozni. Sajnos az értekezés lényegében a 2011 előtti időre koncentrál, pedig az elmúlt három évben jelentős előrelépések voltak az értekezés által érintett sok területen.

Az értekezés 1995-2013 közötti tudományos munkáim eredménye. Véleményem szerint önállóan is érthető. Azt elismerem, hogy az új, szigorúbb terjedelmi korlátok miatt kompakt.

Az első három tézis első részét elfogadom, azt hogy modelleket dolgozott ki az adott problémákra. A második részei, melyek ezeknek a numerikus interpretációi, a feladatok elnagyoltsága miatt nem igazán meggyőzőek és mérnöki alkalmazhatóságuk kérdéseket vet fel (stabilitás).

Köszönöm az elfogadást. Az első három tézis közül, csak az első tézis b része kapcsolódik a feladatok numerikus interpretációjához. A stabilitás kérdése is kellően dokumentált.

A 4. és 5. tézis kiterjesztése pedig sikeres PhD disszertációkban megjelenített. Nemzetközi fogadtatását téziseket megalapozó megjelent publikációkra kapott hivatkozások és a hivatkozók személye, a hivatkozott lapok (*Computers and Structures, Solids and Structures, Structural and Multidisciplinary Optimization, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*) rangja is igazolja.

Disszertációm alap kutatás, a mintapéldákhoz konkrét szerkezet anyag fajtát nem adtam meg. Nem törekedtem arra, hogy az építőmérnöki gyakorlatban szokásos anyagot tételezzek fel a mintafeladatoknál, hanem a célom az volt, hogy a bemutatandó jelenség lényegére minél jobban felhívjam a figyelmet. Ezt az elképzelésemet azzal indokolom, hogy a mai szerkezetek kialakításában egyre nagyobb szerepet játszik az új anyagfajtáknak a nem megszokott körülmények közötti hasznosítása.

A célfüggvények, a feladat ismeretlenjei, feltételi egyenletei és egyenlőtlenségei minden esetben megadásra kerültek. Azok részei voltak az elméleti ismertetésnek. A numerikus példákhoz a nemzetközi gyakorlatot követve adtam meg az adatokat, azaz a geometriai és mechanikai adatokból adódó konstansokat nem helyettesítettem be a matematikai

programozási feladatokba és írtam le duplikáltan. A kapott hivatkozások igazolták, hogy az adatokból mindenkor rekonstruálhatóak voltak a feladatok.

Értekezésem a kandidátusi disszertációmát követő időszak eredményeinek összefoglaló „jelentése”, melynek eredményeiből tanítványaim további kutatási fejlesztéseket és eredményeket értek el. PhD disszertációk készültek illetve készül. Magam pedig több hazai és nemzetközi tudományos projekt vezetője lehettem és átvehettem azt az irányvonalat, amit a szakterületen Kaliszky Sándor neve fémjelez. A fentiek alapján kérem bírálómat, akit magam is a szerkezet optimalás nemzetközileg elismert képviselőjének tartok, hogy a még nem jelzett téziseimet fogadja el.

Még egyszer köszönöm tisztelt bírálóm munkáját, amelyet munkám elemző kritikájával végzett.

Budapest, 2015.02.05.



Lógó János