

Bírálat

Várkonyi Péter László

*Merev testek egyensúlya és tranziens dinamikája
érintkezési kölcsönhatások esetén*

című MTA Doktori értekezéséről

Dolgozatában Várkonyi Péter László a merev testek és a több testből álló mechanikai rendszerek egyensúlyi helyzeteinek vizsgálata során nyert eredményeit foglalja össze. Munkája sokrétű, a problémakör több olyan területére is kiterjed, amelyek az elmúlt 15-20 évben a műszaki kutatások frontvonalába tartoztak: az egyensúlyok számát és stabilitását olyan problémákban vizsgálta, amikor azok összekapcsolódnak a rendszer más matematikai, vagy fizikai problémáival. Több esetben régen kitűzött feladatokra konstruált elegáns megoldást és vázolta az eredmények gyakorlati hasznosítási lehetőségeit is mérnöki, illetve biológiai területen.

A kutatómunka tisztán elméleti jellegű, de számos esetben elméleti vizsgálatait érdekes természeti (biológiai) jelenségek és műszaki problémák motiválták, valamint kutatómunkájával magyarázatát adta több jelenségnek is. A jelölt munkája elsősorban a matematika és az elméleti mechanika megközelítési módszereire épül, kiterjedten használ mind analitikus elméleti számolásokat, mind számítógépes szimulációt.

A dolgozat felépítése

Az angol nyelven írott, 118 oldalas dolgozat 4 fő részből épül fel, amelyeket egy kiterjedt *Függelék* egészít ki: *Bevezetés, Merev testek statikus egyensúlyai, Az egyensúlyok stabilitása és az ütközés, valamint a surlódás által indukált dinamika hatása, és végül az Összefoglalás.* A *Bevezetés* nagyon röviden, mindössze bő három oldalban, mutatja be azt a szakterületet, ahol a jelölt saját kutatómunkáját végezte. Az első három bekezdés egy történeti áttekintést ad a mechanikai egyensúly problémájának fejlődéséről, vázolja a legfontosabb mérföldköveket. A szerző itt megmutatja azt is, hogy ezen a régóta vizsgált területen milyen jellegű megválaszolatlan kérdések irányában haladnak jelenleg a kutatások. A negyedik bekezdéstől kezdődően a dolgozat felépítése kerül ismertetésre úgy, hogy a szerző röviden összefoglalja az egyes fejezetekben bemutatott vizsgálatainak motivációit, megfogalmazza céljait, bemutatja a vizsgálatok közben felmerült nehézségeket, és felvillantja az eredmények néhány aspektusát.

A dolgozat szerkesztése annyiban sajátos, hogy a következő fejezetek már a tézispontokban is megfogalmazott eredmények bővebb kifejtését tartalmazzák, tehát nincs a dolgozat elején egy szakirodalmi áttekintés. Ezt a szerkesztési módot azzal lehet indokolni, hogy a jelölt munkája sokszínű, több, egymástól elkülöníthető területre is kiterjed, amelyek között a fő kapocs az egyensúly problémája. Ennek következtében a kutatómunka háttérének bemutatása átkerült a konkrét eredményeket ismertető fejezetek elejére, a fő fejezetek első egy-két alfejezete vette át ezt a szerepet. Ezek a bevezető jellegű alfejezetek ismertetik a szükséges alapfogalmakat, és vázolják a motivációul szolgáló szakirodalmi eredményeket és a megválaszolandó kérdéseket. A fejezetek bőséges referenciákra épülnek, ami a jelölt széleskörű ismereteire utal.

Ezt követően a jelölt az elért eredményeit jól elkülönülő alfejezetekben tárgyalja. A saját eredmények ismertetése nagyon szépen, didaktikusan van felépítve. A jelölt viszonylag kisszámú egyenlettel, a nem szakember számára is kifejezetten érthetően, élvezetesen fogalmazza meg a legfontosabb eredményeit. A fejezetek elején, ahol ez szükséges, röviden kitér arra is, hogy az ismertetésre kerülő eredmények milyen publikációkban jelentek meg, valamint részletezi ezek létrejöttében játszott szerepét.

A dolgozat végén található *Összefoglalás* című fejezet rövid, tömör formában összefoglalja az elért eredményeket, valamint bepillantást ad a jelölt egyéb, a dolgozatban nem tárgyalt munkáiba. A megértéshez nem feltétlenül szükséges technikai, illetve módszertani részletek, mint például a szimuláció algoritmus, a Függelékben kaptak helyet. A dolgozat 195 referenciára támaszkodik, amelyek között számos könyv, monográfia szerepel.

A dolgozat általános felépítése jól áttekinthető, egyértelműen elkülönül benne a jelölt munkásságának bemutatása, könnyen azonosíthatók a jelölt saját eredményei. A dolgozat angol nyelvű megfogalmazása lényegre törő, világos, dicséretesen kevés benne az elírás. A szóveges kifejtést nagyon szép grafikus illusztrációk egészítik ki, az ábrák jól kidolgozottak, informatívak és alátámasztják a szerző következtetéseit.

Megjegyzések, a dolgozat szerkesztésével kapcsolatban

1. Az egyes fejezetek elején a vizsgálatok irodalmi háttérének bemutatása nagyon célirányosan történt. Az elért eredmények jelentőségének megvilágításához hasznos lett volna kicsit jobban kitekinteni a tágabb szakterületre is, ami növelte volna a kutatómunka, illetve a dolgozat háttérének mélységét.
2. A megértést jól kidolgozott ábrák segítik a dolgozatban. Egy-két esetben az olvasót további ábrák segíthették volna. Ilyen például a 3.3.3 fejezet elején a kontakt modell bemutatása.
3. A teljes referencia lista mellett hasznos lett volna külön is elhelyezni a jelöltnek a dolgozat alapjául szolgáló, valamint az alapul nem szolgáló, de idézett, további közleményeit.
4. Hasznosnak tartottam volna, ha az *Összefoglalás* fejezetben nagyobb teret fordít arra, hogy elhelyezze eredményeit a szakirodalomban, röviden bemutassa, hogy az eredmények milyen visszhangot váltottak ki, illetve mások a szakterületen hogyan folytatták a kutatásokat, gondolták tovább az eredményeket.

A jelölt kutatómunkája

A nagyon rövid bevezetőt követően, már a kilencedik oldaltól a szerző ismerteti a legfontosabb eredményeit, a fő témaköröknek megfelelően két nagyobb fejezetre bontva. A merev testek egyensúlyainak és az egyensúly stabilitási tulajdonságainak, a dinamika és a surlódás hatásának vizsgálata külön fejezetekbe kaptak helyet, amelyek további alfejezetekre tagolódnak. Az egyes fejezetek/alfejezetek elején a szerző tömör, elsősorban jelenségszintű leírását adja a konkrét kérdéskörnek, bevezeti a későbbiek megértéséhez szükséges fogalmakat, és röviden vázolja a kitűzött kutatási célokat, azok jelentőségét. Fontos jellemzője a jelölt kutatásainak, hogy tisztán elméleti jellegű, ugyanakkor vizsgálatait több esetben gyakorlati, műszaki problémák és interdiszciplináris alkalmazási lehetőségek motiválták.

Első lépésként azzal a kérdéskörrel foglalkozott, hogyan konstruálható adott számú stabil, illetve instabil egyensúlyi helyzettel rendelkező test. A problémát három dimenzióban vizsgálva megmutatta, hogy léteznek mono-monostatikus testek, amelyek pontosan egy stabil és egy instabil egyensúlyi helyzettel rendelkeznek. Az eredmények alkalmazásaként teknőspáncélok alakjának leírására egy morfológiai modellt dolgozott ki, amely a paramétereinek változtatásával több különböző teknősfaj alakját képes jó minőségben reprezentálni. A modellszámolások eredményeit elemezve megmutatta, hogy a teknőspáncélok alakja monostatikus, vagy ahhoz közeli, ami segíti az állatok talpra állását. Összefüggést mutatott ki a talpra állási stratégia és a páncél egyensúlyi osztályai között.

A vízszintes felületen nyugvó test egyensúlyi problémáját két irányban is általánosította: egységnyi sűrűségű folyadékban úszó test egyensúlyi helyzeteit vizsgálva megmutatta, hogy $\frac{1}{2}$ sűrűség esetén létezik a gömbtől eltérő test, amely tetszőleges irányba fordítva egyensúlyban lehet a folyadékban úszva. Másik általánosításként egy adott sugarú kör, vagy gömb belsejébe helyezett test egyensúlyi helyzeteit vizsgálta. Síkbeli testek esetén megmutatta, hogy a test akkor monostatikus, ha a kör sugara egy kritikus érték alá esik, vagy a test a kör sugarától függetlenül mindig monostatikus. Algoritmust dolgozott ki, amely síkban és térben alkalmazva megadja, hogy a gömb sugarának milyen értékei esetén lesz a test monostatikus. Alkalmazási lehetőségként a gömb alakú ketrecek alkatrész adagolóknak történő felhasználására hívta fel a figyelmet.

Szintén az alkalmazási lehetőségeket szem előtt tartva, egy fenomenologikus modell felhasználásával módszereket dolgozott ki annak becslésére, hogy egy vízszintes felületre ejtett test, milyen valószínűséggel veszi fel az egyes egyensúlyi helyzeteit. Számítógépes szimulációval megmutatta, hogy egyik becslési módszere a szakirodalomban fellelhetőnél lényegesen pontosabb eredményeket szolgáltat.

Merev testek, illetve merev testekből álló rendszerek egyensúlyi helyzeteinek stabilitását vizsgálva megadta a statikus stabilitás létrejöttének feltételeit. Egy lejtőre helyezett, két ponton alátámasztott síkbeli merev test esetén megfogalmazta az egyensúly Lyapunov stabilitásának egy elégséges feltételét. Azt találta, hogy végtelen ütközési sorozatok létrejötte esetén ez az egyensúly elveszti stabilitását.

Összességében a dolgozat didaktikusan felépítve, jól megvilágítja a Tézispontokban tömören összefoglalt kutatási eredmények háttérét. A tézispontokban megfogalmazott eredmények 9

publikációra épülnek, amelyek egy évtized munkássága alatt születtek. A publikációk többsége elismert nemzetközi folyóiratban jelent meg, de jelentősebb számú hivatkozást, érthető módon, csak a régebbi publikációi értek el (forrás: MTMT). Publikációs tevékenysége mindenképpen azt jelzi, hogy a szerző eredményei jelentősek, amelyek nemzetközi visszhangot váltottak ki. Az eredmények értékét mutatja az is, hogy a publikációk közül öt egyszerűs, három kétszerős, egy pedig háromszerős. Ahol szükséges, a szerző a dolgozat egyes fejezeteinek és a tézispontoknak az elején kitér a saját szerepére az eredmények létrejöttében, továbbá egyes tézispontok megfogalmazásában az egyes szám első személy használatával is kiemeli domináns szerepét. Ugyanakkor nem tartom szerencsésnek, hogy a tézispontokban nem kerültek hivatkozásra a vonatkozó publikációk.

A jelöltnek a következő kérdéseket szeretném feltenni:

1. A teknősök alakjának leírására bevezetett geometriai modelljük alkalmazható-e például rovarok alakjának leírására? Lehetne-e bizonyos rovarfajok talpra állási stratégiáját elemezni a modellel?
2. A 3.2 fejezetben tárgyalt egyensúlyi helyzetek számítógépes szimulációval kapott statisztikáját befolyásolhatja-e a poliéderek mozgásegyenletének megoldásához használt numerikus módszer pontossága? Végzett-e erre vonatkozó tesztek?
3. A Függelék 5.5.1 fejezetében bemutatott szimulációs módszer esetén, mi a jelentősége annak, hogy a kezdeti állapotban a poliéderek a saját méretükhöz képest magasan kerültek elhelyezésre az ütközés síkja fölött? Nem lehetett volna a lehető legközelebb elhelyezni őket a síkhoz, oda, ahol még nem érintkeznek a síkkal az adott orientáció mellett, és a kezdeti sebességüket alkalmasan megválasztani?
4. Merev testek rendszerében a statikus egyensúly stabilitására vonatkozó eredményei alkalmazhatóak-e egy olyan, közel merev testekből álló, rendszer stabilitásának analizésére, mint például egy szemcsés anyagban létrejövő erőlánc, vagy láncok hálózata?

Összefoglalva, a dolgozat egy magas színvonalú, gazdag kutatói munkásságot mutat be. A jelölt eredményei a merev testek egyensúlyi problémáinak olyan területeihez kapcsolódnak, amelyek az elmúlt két évtizedben jelentős érdeklődést váltottak ki. A vizsgált problémák szerteágazóak, de a szerzőnek sikerült kohérens keretbe foglalnia az eredményeket. Több publikációja a szakma elismert folyóirataiban jelent meg. A dolgozat alapjául szolgáló közlemények között van egészen friss, 2016-ban megjelent is, így jelentősebb idézettséget még csak a régebbi publikációi érthettek el. A jelölt didaktikusan felépítve, világosan megmutatta, hogy milyen motivációkból kiindulva, milyen konkrét kísérleti, vagy elméleti problémák vizsgálata alapján érte el eredményeit. A tézispontok tömören fogalmazzák meg a szerző eredményeit, amelyet a dolgozat részletesebb kifejtése, valamint a megadott 9 közlemény megfelelően alátámaszt.

A fentiek alapján a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez és a nyilvános védelem kitűzését javaslom.

Debrecen, 2017. október 13.

Dr. Kun Ferenc

egyetemi tanár