

Válasz Kun Ferenc professzor úr bírálatára

Köszönöm professzor úr pozitív értékelését és támogató javaslatát, valamint a bírálat során végzett gondos munkáját. A dolgozat szerkezetével kapcsolatos javaslataival nagyrészt egyetértek. Valóban annyiban némileg speciális a dolgozatom, hogy bár az elért eredmények egy jól körülírható mechanikai témakörhöz tartoznak, de a konkrét kérdésfelvetéseket különböző alkalmazási területek inspirálták és így az elvégzett munkám egyes részei különböző témakörök művelőinek szólnak. Ezért az első és utolsó fejezetben csak egy viszonylag rövid és általánosabb áttekintést adtam az elvégzett munka háttéréről. A munkám közvetlen előzményeit és utóéletét pedig nem a dolgozat legelején és legvégén mutatom be, hanem témakörönként külön, vállalva ennek a szerkesztésmódnak az előnyeit és hátrányait is. A tézisekhez kapcsolódó, illetve a hivatkozott, de azoktól független eredményeket tartalmazó saját publikációk részletesebb bemutatását is jogos felvetésnek tartom. Részben meg is tettem ezt a dolgozathoz tartozó téziszüzetben, ahol a tézisekhez kapcsolódó összes publikáció tételesen fel van sorolva, és emellett egy rövidített – saját munkákat is tartalmazó – irodalomjegyzék is helyet kapott.

Bírálóm négy konkrét kérdésére az alábbiakban szeretnék válaszolni:

1. A teknősök alakjának leírására bevezetett geometriai modelljük alkalmazható-e például rovarok alakjának leírására? Lehetne-e bizonyos rovarfajok talpra állási stratégiáját elemezni a modellel?

Minden olyan állatcsoport vizsgálatára alkalmas lehet ez a modell, mely merevnek tekinthető külső vázzal és viszonylag rövid végtagokkal rendelkezik. Foglalkoztam a teknősökön kívül rovarok, törzfarkú rákok és a közelmúltban kihalt glyptodon-ok (növényevő páncélos emlősök) vizsgálatával is. Ugyanakkor tapasztalataim szerint a modell teknősöknél adja a valós fizikai korlátok és folyamatok legpontosabb leírását. Rovarok esetén több körülmény is behatárolja a modell relevanciáját

- sok bogár kitinpáncélja mozgatható, mivel csak így tudnak repülni
- sok rovar esetén a fej-tor-potroh hármasa közül nincs egy, amely lényegesen nagyobb a többinél. Így az állat teste inkább alacsony szabadságfokú mechanizmusként és nem merev testként lenne modellezhető.
- sok rovar végtagjai hosszúak a testéhez képest, így nem okoz számukra gondot a földet elérni. Emellett a rovarok lába gyakran húzóerők kifejtésére alkalmas módon képes kapcsolódni a talajhoz.
- a rovarok tipikusan magas szaporodási rátája és halandósága miatt azt hiszem, hogy kisebb jelentősége van a biztonságos talpraállás képességének, mint a lassabb életritmusú és lassan szaporodó teknősök esetén.

Mindezek ellenére el tudom képzelni, hogy léteznek olyan rovarok, melyek alakfejlődésében nagy szerepet játszott a talpraállás képessége, és ezeket érdemes lehet a modellünk segítségével vizsgálni.

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?

A Newton-Euler mozgásegyenletek megoldásának numerikus hibája elhanyagolható hatású, észrevehető hatása van viszont esetenként a „Zeno viselkedés” véges számú ütközéssel való közelítéséhez szükséges „tolerancia” paraméterek nagyságának. Munkám során végeztem tesztek,

és a toleranciaparamétereket olyan kicsire vettem, hogy az ebből fakadó hiba minimális legyen. A dolgozatban a tesztek leírása azért nem szerepel, mert a numerikus hibáknál lényegesen nagyobb a fizikai modell önkényes elemeinek hibája. A legfontosabb ezek közül a súrlódásmentes kölcsönhatások és a konstans ütközési szám feltételezése, melyek elkerülhetetlenek voltak, mivel nem létezik ezekre általánosan alkalmazható elméleti modell. Ezek hatásának vizsgálata megtalálható a dolgozatban. Eredményeim egyik központi eleme annak bemutatása, hogy a leérkezési statisztikák nem különösen érzékenyek a modellparaméterek megválasztására.

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?

Igen, lehetett volna így is tenni. A két lehetőség tulajdonképpen teljesen egyenértékű, hiszen a nagy magasságból elejtett test a gravitáció hatására nagy sebességgel ér földet, és az első ütközés előtti állapotot is tekinthetem volna kezdeti állapotnak. Ami lényeges, hogy a kiindulóállapotban a test mozgási és helyzeti energiájának összege legyen kellően nagy, mert ha kis magasságból, kis sebességgel ejtjük le a testet, akkor az indulóállapotok valószínűségi eloszlása erősen befolyásolja a végső egyensúlyi állapotok valószínűségi eloszlását, így a szimulációból kapott eredmények nem tekinthetők univerzálisnak.

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?

Igen, alkalmazhatóak, de korlátozottan. Az alkalmazás egyik korlátja az a megkötés, hogy egyik érintkezési pont sem lehet a megcsúszás határán. Ezt nagyszámú kapcsolat és statikailag határozatlan megtámasztási viszonyok mellett általában nehéz igazolni. Ha pedig megcsúszás következik be valahol a rendszerben, akkor a dolgozatom 3.4 fejezetében tárgyalt dinamikai jelenségek széles palettája miatt nem tudunk egzakt stabilitásvizsgálatot végezni. A másik korlát a geometriai nemlinearitásokból fakad. Azt hiszem, hogy a szemcsés anyagok erőrendszereiben, hasonlóan a karcsú rudakéhoz, már viszonylag kis elmozdulások esetén is számottevő nemlineáris hatások jelentkeznek, melyet a dolgozatban bemutatott elmélet nem vesz figyelembe. Ez azt jelenti, hogy az eredményeim csak abban az esetben alkalmasak a szemcsés anyag modellezésére, ha a szemcsék nagyon jó közelítéssel merevként viselkednek.

Budapest, 2018. jan. 3.

Várkonyi Péter László PhD