

# Adatlap<sup>1</sup> témahirdetési javaslatához a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

Témavezető<sup>2</sup> neve: Várkonyi Péter  
e-mail címe<sup>3</sup>: [vpeter@mit.bme.hu](mailto:vpeter@mit.bme.hu)

Téma címe: Ütközéseknek kitett merev testek stabilitási kérdései  
A téma rövid leírása<sup>4</sup>:

Egymással érintkezési, vagy ütközési kölcsönhatásban lévő testek számos izgalmas instabilitási formát és komplex dinamikai jelenséget mutatnak, melynek modellezése a dinamika klasszikus eszköztárával csak korlátozottan lehetséges, de gyakorlati megértésük fontos mérnöki feladat. Ilyen kérdés például egy véletlenszerűen elejtett test végállapotainak statisztikai elemzése, illetve egy nyugalomban lévő test stabilitásvizsgálata. Több, egymással érintkezésben lévő test esetén pedig számos olyan rendezett állapot lehetséges, melynek stabilitása a részecskehalmaz viselkedésének drámai megváltozásával jár. Ezek közé tartozik a szemcsés halmazok boltozódása, folyadékkristályok rendeződése vagy primitív élőlények összehangolt csoportos mozgása. A témán belül elsősorban az alábbi kérdések vizsgálatát javaslom:

1. Modell kidolgozása arra, hogy egy elejtett test milyen valószínűséggel stabilizálódik egy adott egyensúlyi helyzetében. Ez automatizált összeszerelési folyamatok tervezésének egy fontos gyakorlati kérdése.
2. Pontos, illetve közelítő feltételek kidolgozása arra, hogy egy súrlódásos terepen támaszkodó test, kicsiny rezgésekkel szemben mikor stabil. Ez a feladat robotok mozgásának tervezésekor, illetve dinamikus hatások esetén ideiglenes épületszerkezetek biztonságos tervezésének fontos, de máig megoldatlan része.
3. Közelítő modellek és lehetőség szerint kísérletek kidolgozása egymással ütköző, mozgó testek halmazának kollektív viselkedésére. Ezek megértése jelenleg intenzíven kutatott statisztikus mechanikai kérdés, mely segít megérteni egyszerű élőlények közös mozgásának mechanizmusait is.

A téma meghatározó irodalma<sup>5</sup>:

---

<sup>1</sup> Az adatlapot egy példányban kinyomtatva és aláírva a Szilárdságtani Tanszék titkárságára, egy elektronikus változatban pedig a Doktori Iskola titkárának ([Marótyz Katalin \[mkata@et.bme.hu\]\(mailto:mkata@et.bme.hu\)](mailto:Marotzy.Katalin@bme.hu)) kell eljuttatni. A témahirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola ([www.szt.bme.hu/doktori](http://www.szt.bme.hu/doktori)), a témahirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács honlapjára (<http://www.doktori.hu/>)

<sup>2</sup> A témahirdetés elfogadása automatikusan a témavezető akkreditációját is jelenti a 2010. évi felvételi eljáráshoz.

<sup>3</sup> Kérjük, olyan elérhetőséget adjon meg, ahová biztonsággal küldhetünk hivatalos értesítéseket.

<sup>4</sup> A téma (szóközökkel) 2000-4000 leütés hosszú – a jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatát, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) – kérjük mellékelten megadni.

<sup>5</sup> Minimum 5, maximum 10 cikket vagy monográfiát kérünk felsorolni, melyben feltétlenül szerepelnie kell a legfrissebb, legismertebb eredményeknek.

- Goldberg K., Mirtich B. V., Zhuang Y., Craig J., Carlisle B. R., Canny J., Part  
Pose Statistics: Estimators and Experiments, *IEEE Transactions on  
Robotics and Automaton* 15, 849-857 (1999)
- Moll M., Erdmann, M. A., Manipulation of Pose Distributions, *The Int. J. of  
Robotics Research*, 21 277-292 (2002)
- Or Y., Rimón E On the hybrid dynamics of planar mechanisms supported by  
frictional contacts. I,II.. *IEEE Intl. Conf. Robotics and Automation, May  
19-23, 2008 Pasadena, CA*, 1213-1218, 1219-1224 (2008)
- Narayan V., Ramaswamy S. and Menon, N., Swarming Granular Nematic Long-  
Lived Giant Number Fluctuations in a Swarming Granular Nematic,  
*Science* 317 105-108 (2007).
- Peruani F., Deutsch A. and Bär M., Nonequilibrium clustering of self-propelled  
rods, *Phys. Rev. E* 74 030904(R) (2006).

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai<sup>6</sup>:

- Journal of Nonlinear Science
- International Journal of Solids and Structures
- Studies in Applied Mathematics
- SIAM J. Applied Dynamical Systems
- IEEE Transactions on Robotics
- The Int. J. of Robotics Research

A **témavezető** fenti folyóiratokban megjelent 5 közleménye:

- Várkonyi P. L., Communication and collective consensus making in animal  
groups via mechanical interactions , *J. Nonlinear Science*, DOI:  
10.1007/s00332-010-9085-7, in press
- Várkonyi P.L., Domokos G. Static equilibria of rigid bodies: dice, pebbles and  
the Poincare-Hopf Theorem. *J. Nonlinear Science*, Vol. 16, No. 3, pp.  
255-281, (2006).
- Várkonyi P.L., Domokos G., Imperfect symmetry: a new approach to structural  
optima via group representation theory, *International Journal of Solids  
and Structures*, 44 4723-4741 (2007).
- Várkonyi P.L., Floating body problems in two dimensions, *Studies in Applied  
Mathematics* 122, 195-218 (2009)
- Várkonyi P.L., Holmes P., On synchronization and traveling waves in chains of  
relaxation oscillators with an application to lamprey CPG, *SIAM J. Applied  
Dynamical Systems* 7, 766-794

A **témavezető** utóbbi tíz évben megjelent 5 legfontosabb publikációja:

Várkonyi P. L., Communication and collective consensus making in animal

---

<sup>6</sup> Minimum 5, maximum 10 folyóirat megadását kérjük, melyek között feltétlenül szerepelnie  
kell a PhD fokozatszerzés szempontjából elengedhetetlen (Scopus és/vagy Sci illetve Iconda  
minősítésű idegen nyelvű folyóiratoknak is. Kérjük, ezeket a periodikákat a felsorolásban  
jelöljék meg.

groups via mechanical interactions , *J. Nonlinear Science*, DOI:  
10.1007/s00332-010-9085-7, in press.

Domokos G., Sipos A. Á., Szabó Gy. M., Várkonyi P. L., Formation of sharp edges and planar areas of asteroids by polyhedral abrasion, *Astrophysical Journal* 699 L13-L16 (2009)

Domokos G., Várkonyi P.L., Geometry and self-righting of turtles, *Proc. R. Soc. London B* 275, 11-17 (2008)

Várkonyi P.L., Domokos G., Imperfect symmetry: a new approach to structural optima via group representation theory, *Int. J. Solids and Structures*, 44 4723-4741 (2007).

Várkonyi P.L., Domokos G. Static equilibria of rigid bodies: dice, pebbles and the Poincare-Hopf Theorem. *J. Nonlinear Science*, Vol. 16, No. 3, pp. 255-281, (2006).

A **témavezető** eddigi doktoranduszai<sup>7</sup>:

Még nem volt doktoranduszom.

Melléklet: a téma bővebb leírása

Budapest,

Témavezető aláírása

---

<sup>7</sup> Kérjük, a témavezetési tevékenységre vonatkozó adatokat abban az esetben is adja meg, ha témavezetőként a DI már korábban akkreditálta, vagy törzstagként témavezetői akreditációja nem szükséges.

## A téma bővebb leírása

Az ütközési és surlódási kölcsönhatásban lévő merev testek körében számos máig nem megértett és nehezen modellezhető jelenség figyelhető meg. Az ütközések legegyszerűbb modelljei gyakran ellentmondanak a fizika alaptörvényeinek, és még a legjobb ütközési modellek sem adnak általában megbízható eredményt (Chatterjee & Ruina, 1998). Ráadásul egy csúszó, gördülő és ütközéseket elszenvedő merev test dinamikája nem folytonos, és még végtelenül kicsiny mozgások esetén sem vizsgálható lineáris közelítéssel. A merev testek mozgásához kapcsolódik többek között a mechanikának egy évszázada ismert, de pontosan csak néhány éve feloldott ellentmondása, a Painlevé-paradoxon amely szerint egy Coulomb surlódásnak kitett merev test mozgásegyenleteinek bizonyos esetekben nincs megoldása (Stewart, 2000), vagy éppen több megoldása van. A fenti nehézségek miatt számos nyitott stabilitási kérdés van ezen a területen.

Nagyon egyszerűnek tűnő kérdés az, hogy egy vízszintes lapra ejtett test milyen valószínűséggel kerül nyugalomba egy adott végállapotban. Számos szerző javasolt erre speciális testek esetén használható közelítéseket, de az egyetlen viszonylag pontos módszer az esés sokszor megismételt dinamikus szimulációjára vagy kísérletekre alapuló statisztikák készítése, amely rendkívül munkaigényes (Goldberg et al., 2000). Ugyanakkor ez a feladat rendszeresen előkerül a mérnöki gyakorlatban, automatizált összeszerelő gépsorok alkatrész-adagolásának tervezésekor és méretezésekor. Ezért szükség lenne egyszerű geometriai mennyiségeken alapuló pontos valószínűségi becslés kidolgozására, amely gyorsan szolgáltat eredményt és így egy iteratív CAD-es tervezési folyamatot hatékonyan segíthet. Ugyanez a kutatási probléma olyan módon is megközelíthető, hogy egy test nyugalmi helyzetének egyszerű beavatkozásokkal való befolyásolására keresünk módszert (Moll & Erdmann, 2002).

Ha egy merev test nyugalmi állapotba kerül, az statikai értelemben tipikusan stabil, de nem feltétlenül stabil (akár kicsiny) dinamikus zavarásokkal szemben. Vízszintestől eltérő terepen egy látszólag stabil egyensúlyban lévő test a legkisebb rezgés hatására is végezhet exponenciálisan növekvő, és instabilitáshoz vezető mozgást. Azonban annak a pontos feltétele, hogy egy ilyen dinamikus instabilitás mikor következhet be, még síkbeli feladatok és egyszerű geometria esetén sem ismert (Or & Rimon, 2008ab). Ennek a feladatkörnek a kutatása azért különösen érdekes, mert egy lépegető robot biztonságos mozgásához minden egyes lépésnél szükség lenne a (nem ismert) stabilitási feltétel ellenőrzésére, és merev testként modellezhető építőipari szerkezetek biztonságos tervezése is ugyanezt a kérdést veti fel. Hasonló stabilitási kérdések merülnek fel robotkarok és más fogószerkezetek tervezésekor (Rimon et al., 2008).

Végül egynél több merev test stabilitási kérdések széles palettáját veti fel. Talán a legérdekesebb ezek közül, hogy mozgó testek sűrű halmaza milyen módon rendeződik, mivel ezek mind aktív szemcsés anyagok mechanikai tulajdonságaiban (Narayan et al., 2007) mind állatok csoportos mozgásának

modellezésében (Peruani et al., 2006, Várkonyi, in press) fontos szerepet játszanak. Ezen a területen a dinamika numerikus szimulációja is csak korlátozottan lehetséges a feladatok számításigénye miatt, ezért nagy szükség van kísérletekre, illetve erősen leegyszerűsített modellek kidolgozására és elemzésére.

## **Irodalomjegyzék**

- Chatterjee A., Ruina A. (1998) A new algebraic rigid-body collision law based on impulse space considerations *Journal of applied Mechanics-Transactions of the ASME* 65: 939-951.
- Goldberg K., Mirtich B. V., Zhuang Y., Craig J., Carlisle B. R., Canny J. (1999) Part Pose Statistics: Estimators and Experiments, *IEEE Transactions on Robotics and Automaton* 15: 849-857.
- Moll M., Erdmann, M. A. (2002) Manipulation of Pose Distributions, *The Int. J. of Robotics Research*, 21: 277-292.
- Narayan V., Ramaswamy S. and Menon, N. (2007) Swarming Granular Nematic Long-Lived Giant Number Fluctuations in a Swarming Granular Nematic, *Science* 317: 105-108.
- Or Y., Rimon E (2008) On the hybrid dynamics of planar mechanisms supported by frictional contacts. I: Necessary conditions for stability. *IEEE Intl. Conf. Robotics and Automation, May 19-23, 2008 Pasadena, CA*, 1213-1218.
- Or Y, Rimon E (2008), On the hybrid dynamics of planar mechanisms supported by frictional contacts. II: Stability of two-contact rigid body postures. *IEEE Intl. Conf. Robotics and Automation, May 19-23, 2008 Pasadena, CA*, 1219-1224.
- Peruani F., Deutsch A. and Bär M. (2006) Nonequilibrium clustering of self-propelled rods, *Phys. Rev. E* 74 030904(R).
- Rimon E, Mason R, Burdick JW, Or Y (2008) A general stance stability test based on stratified Morse theory with application to quasi-static locomotion planning *IEEE Transactions on Robotics* 24: 626-641.
- Stewart, D. E. (2000) Rigid-Body Dynamics with Friction and Impact. *SIAM Review* 42:3-39. doi:10.1137/S0036144599360110
- Várkonyi P. L. (in press) Communication and collective consensus making in animal groups via mechanical interactions, *J. Nonlinear Science*, DOI: 10.1007/s00332-010-9085-7.
- Wang Y., Mason M. T. (1992) Two dimensional rigid body collisions with friction *ASME Journal of Applied Mechanics* 59: 635-642.
- Wang Y. (1993) Dynamic Modeling and Stability Analysis of Mechanical Systems with Time-Varying Topologies. *Journal of mechanical design* 115: 808-816.