

Adatlap¹ témahirdetési javaslatához a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

Témavezető² neve: Domokos Gábor
e-mail címe³: domokos@iit.bme.hu

Téma címe (magyar és angol nyelven):
Térkitöltő mintázatok mint geometriai modellek
Space-filling tilings as geometric models

A **téma** rövid leírása⁴ (magyar és angol nyelven):

A kutatás fókuszában a *geometriai modellezés* áll: természeti (és mesterségesen létrehozott) mintázatokat próbálunk meg geometriai eszközökkel leírni és ezzel közelebb jutni a megértésükhöz. A felhasznált eszköztár a térkitöltések geometria elmélete [A3,A4,A6], ezen belül a legjobban kidolgozott terület a konvex mozaikok elmélete [A4]. Ezen elméletet az utóbbi években az MTA-BME Morfodinamika Kutatócsoport több irányban fejlesztett és eredményesen alkalmazta is geofizikai jelenségek leírására [B1,B2,B3]. Célunk a már meglévő elmélet kiterjesztése abból a célból, hogy megfigyelt térkitöltő mintázatok minél több, az alkalmazások szempontjából lényeges elemét meg tudja ragadni. Ezen belül különösen:

1. Célunk a térkitöltő mintázatok kombinatorikai elméletének kiszélesítése geometria irányba, az új elmélet célja a térkitöltő cellák formáinak a kombinatorikai eszközök által nem érintett, az alkalmazások szempontjából kiemelkedően fontos elemeinek (így például az *éles sarkok és csúcsok* számának) megragadása.
2. Célunk olyan monohedrális mintázatok létezésének vizsgálata, melyekben a testek monostatikus vagy mono-monostatikus, homogén testek (úgynevezett 2M vagy 3M mintázatok). Ezen belül célunk a monostatikus politopok geometriájának leírása.
3. Célunk az építészetben megjelenő térkitöltő mintázatok, például út- és utcahálózatok, homlokzati minták leírása a konvex (és nem-konvex) mozaikok eszköztárával.

¹ Az adatlapot egy példányban *kinyomtatva és aláírva* a Szilárdságtani Tanszék titkárságára, *elektronikus változatban* pedig a Doktori Iskola titkárának (Fehér Krisztina, feher.krisztina@eptort.bme.hu) kell eljuttatni. A témahirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola (<http://cspdi.bme.hu/felveteli/temahirdetesek>), a témahirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács (<http://www.doktori.hu/>) honlapjára.

² A témahirdetés elfogadása automatikusan a témavezető akkreditációját is jelenti az azévi felvételi eljáráshoz.

³ Kérjük, olyan elérhetőséget adjon meg, ahová biztonsággal küldhetünk hivatalos értesítéseket.

⁴ A téma rövid leírása (szóközökkel) 1000-3000 leütés hosszú. A jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatot, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) kérjük a mellékletben megadni.

4. Célunk a geológiai és planetológiai felszíni mintázatok (ide értve a konvekciós cellákat, a repedés-mintázatokat és a gyűrődéssel létrejövő mintázatokat is).
 5. Célunk kémiai, biológiai jelenségekben felbukkanó mintázatok leírása és értelmezése a fent jelzett matematikai eszköztárral.
-

In English:

This reserach focuses on geometric modelling: we attempt to analyze natural and artificial patterns by using geometric models. Our main tool is the theory of tilings [A3,A4,A6], in particular, the theory of convex mosaics [A4]. In recent years, the MTA-BME Morphodynamics Research Group has expanded and applied this theory to problems in geophysics [B1,B2,B3]. Our goal is to extend existing theory, targeting specific features of the observed patterns. In particular:

1. Our goal is toe expand the theory of space-filling tilings beyond the existing combinatorial theory, to capture specific geometric feautres (e.g. the number of sharp corners and vertices).
 2. Our goal is to investigate the existence of special monohedral tilings where the cells are monostatic or mono-monostatic bodies. As a first step we aim to describe the geometry of such cells.
 3. Our goal is the describe patterns emerging in architecture, including street networks, facade patterns and also 3D patterns.
 4. Our goal is to analyze surface patterns emerging in geomorphology and planetology (including convection patterns and patterns generated by crumbling).
 5. Our goal is to analyze patterns emreging in chemistry and biology, with special emphasis on molecular patterns.
-

A **téma** meghatározó irodalma⁵:

- [A1] A.D. Alexandrov: Convex Polyhedra. Springer, New York, 2005.
[A2] H.S.M. Coxeter: Regular polytopes. Dover, 1973.
[A3] B. Grünbaum and G.C. Shephard: Tilings and Patterns. Dover, 2016.
[A4] R. Schneider, W. Weil, Stochastic and Integral Geometry. Springer Science & Business Media, New York, NY, 2008.
[A5] Plato, Timaeus. Translated by B. Jowett. Aeterna Press, London, UK, 2015.
[A6] B. Grünbaum, Uniform tilings of 3-space. Geombinatorics 4, 49–56, 1994.
[A7] J. H. Conway and R. K. Guy, Stability of polyhedra, SIAM Rev. 11 (1969) 78–82.
[A8] R. Dawson, Monostatic simplexes, Amer. Math. Monthly 92 (1985) 541–546

⁵ Minimum 5, maximum 10 cikket vagy monográfiát kérünk felsorolni, amik között feltétlenül szerepelnie kell a legfrissebb, legismertebb eredményeknek.

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai⁶:
Experimental Mathematics
Proceedings of the National Academy of Sciences
Axiomathes
International Journal of Solids and Structures
Ars Mathematica Contemporanea

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

- [B1] Domokos Gábor, Lángi Zsolt: On Some Average Properties of Convex Mosaics. EXPERIMENTAL MATHEMATICS IN PRESS , 11 p. (2021)
- [B2] Domokos Gábor, Lángi Zsolt: Plato's Error and a Mean Field Formula for Convex Mosaics. AXIOMATHES , 17 p. (2021)
- [B3] Domokos Gábor, Jerolmack Douglas J., Kun Ferenc, Török János: Plato's cube and the natural geometry of fragmentation. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 117 pp. 18178-18185. , 8 p. (2020)
- [B4] Domokos Gábor, Kovács Flórián, Lángi Zsolt, Regős Krisztina, Varga Tamás Péter: Balancing polyhedra. ARS MATHEMATICA CONTEMPORANEA 19 : 1 pp. 95-124. , 30 p. (2020)
- [B5] Bozóki S, Domokos G, Kovács F, Regős Krisztina: Mono-unstable polyhedra with point masses have at least 8 vertices. INTERNATIONAL JOURNAL OF SOLIDS AND STRUCTURES 234-235 Paper: 111276 , 10 p. (2022)

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

- [C1] Pál Gergő, Domokos Gábor, Kun Ferenc: Curvature flows, scaling laws and the geometry of attrition under impacts. SCIENTIFIC REPORTS 11 : 1 Paper: 20661 (2021)
- [C2] Domokos Gábor, Jerolmack Douglas J., Kun Ferenc, Török János: Plato's cube and the natural geometry of fragmentation. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 117 pp. 18178-18185. , 8 p. (2020)
- [C3] Bozóki S, Domokos G, Kovács F, Regős Krisztina: Mono-unstable polyhedra with point masses have at least 8 vertices. INTERNATIONAL JOURNAL OF SOLIDS AND STRUCTURES 234-235 Paper: 111276 , 10 p. (2022)
- [C4] Domokos Gábor, Kun Ferenc, Sipos András Árpád, Szabó Tímea: Universality of fragment shapes. SCIENTIFIC REPORTS 5 Paper: 9147 , 6 p. (2015)
- [C5] Domokos G, Jerolmack DJ, Sipos AA, Török A. How River Rocks Round: Resolving the Shape-Size Paradox. PLOS ONE 9 : 2 Paper: e88657 , 7 p. (2014)

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

A **témavezető** eddigi doktoranduszai⁷:

(név/felvétel éve/abszolutórium megszerzésének éve/PhD fokozat éve)

Dóbé Péter 2011/2014/2015 ITDI-BME

Tóth Krisztina 2008/2011/2014 CPDI

Szabó Tímea 2010/2013/2013 CPDI

Sipos A. Árpád 2003/2007/2007 CPDI

Várkonyi Péter 2003/2006/006 CPDI

Szeberényi Imre 2000/2003/2003 ITDI-BME

Károlyi György 1995/1998/1998

Melléklet: a téma bővebb leírása (magyar és angol⁸ nyelven)

Budapest, 2022.01.19.

The image shows a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to be a single name, possibly 'D. S.', written in a cursive or semi-cursive style. It consists of a large initial letter followed by a horizontal line and a vertical stroke.

Témavezető aláírása

⁷ Kérjük, a témavezetési tevékenységre vonatkozó adatokat abban az esetben is adja meg, ha témavezetőként a DI már korábban akkreditálta.

⁸ A téma bővebb leírása angol nyelven csak akkor szükséges, ha a témavezető vállalja külföldi hallgató fogadását.

Térkitöltő mintázatok mint geometriai modellek

Táma kiírója:
Domokos Gábor
Egyetemi tanár

Morfológia és Geometriai Modellezés Tanszék
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék
MTA-BME Morfodinamika Kutatócsoport

A kutatás fókuszában a *geometriai modellezés* áll: természeti (és mesterségesen létrehozott) mintázatok próbálunk meg geometriai eszközökkel leírni és ezzel közelebb jutni a megértésükhöz. A felhasznált eszköztár a térkitöltések geometria elmélete [A3,A4,A6], ezen belül a legjobban kidolgozott terület a konvex mozaikok elmélete [A4]. Ezen elméletet az utóbbi években az MTA-BME Morfodinamika Kutatócsoport több irányban fejlesztett és eredményesen alkalmazta is geofizikai jelenségek leírására [B1,B2,B3]. Célunk a már meglévő elmélet kiterjesztése abból a célból, hogy megfigyelt térkitöltő mintázatok minél több, az alkalmazások szempontjából lényeges elemét meg tudja ragadni. Ezen belül különösen:

1. Célunk a térkitöltő mintázatok kombinatorikai elméletének kiszélesítése geometria irányba, az új elmélet célja a térkitöltő cellák formáinak a kombinatorikai eszközök által nem érintett, az alkalmazások szempontjából azonban kiemelkedően fontos elemeinek (így például az *éles sarkok és csúcsok* számának) megragadása.
2. Célunk az úgynevezett mono-mono (röviden 2M) vagy mono-mono-mono (röviden 3M) mintázatok létezésének vizsgálata. *Monohedrálisnak* nevezünk egy térkitöltést, ha azt egyetlen cella hozza létre. *Monostatikusnak* nevezünk egy testet, ha annak egyetlen stabil vagy egyetlen instabil egyensúlyi helyzete van. *Mono-monostatikusnak* nevezünk egy testet ha annak egyetlen stabil és egyetlen instabil egyensúlyi helyzete van. Egy monohedrális mintázatot mono-mono (2M) mintázatnak nevezünk, ha a cella egy monostatikus test és mono-mono-mono (3M) mintázatnak nevezünk, ha a cella egy mono-monostatikus test. Jelenlegi ismereteink szerint, amennyiben a cella esetén megkívánunk valamilyen homogén tömegeloszlást (folytonos homogenitás, vagy poliéderek esetén a lapokra, élre vagy csúcsokra vonatkozó homogenitást), akkor úgy tűnik, hogy sem 2M, sem 3M mintázatok nem léteznek, sem 2 dimenzióban, sem 3 dimenzióban. Ezen erős intuíciót szeretnénk igazolni, mely igazoláshoz vezető legfontosabb lépés a fenti értelemben homogén, monostatikus politopok geometriájának leírása, különösen az ilyen politopok minimális lap, csúcs- és él-számának megállapítása. Ez a feladat szorosan kapcsolódik a J.H.

Conway egy 1969-es cikke [A7] által megindított új kutatási irányhoz [A8]. Célunk a Conway által megfogalmazott egyes sejtések legalább részleges bizonyítása.

3. Célunk az építészetben megjelenő térkitöltő mintázatok, például út- és utcahálózatok, homlokzati minták és 3 dimenziós térkitöltő minták leírása a konvex (és nem-konvex) mozaikok eszköztárával.
4. Célunk a geológiai és planetológiai felszíni mintázatok elemzése a fent vázolt elmélet segítségével (ide értve a konvekciós cellákat, a repedés-mintázatok és a gyűrődéssel létrejövő mintázatok is).
5. Célunk kémiai, biológiai jelenségekben felbukkanó mintázatok leírása és értelmezése a fent jelzett matematikai eszköztárral, különös tekintettel a molekuláris mintázatok geometriájára.

[A1] A.D. Alexandrov: Convex Polyhedra. Springer, New York, 2005.

[A2] H.S.M. Coxeter: Regular polytopes. Dover, 1973.

[A3] B. Grünbaum and G.C. Shephard: Tilings and Patterns. Dover, 2016.

[A4] R. Schneider, W. Weil, Stochastic and Integral Geometry. Springer Science & Business Media, New York, NY, 2008.

[A5] Plato, Timaeus. Translated by B. Jowett. Aeterna Press, London, UK, 2015.

[A6] B. Grünbaum, Uniform tilings of 3-space. Geombinatorics 4, 49–56, 1994.

[A7] J. H. Conway and R. K. Guy, Stability of polyhedra, SIAM Rev. 11 (1969) 78–82.

[A8] R. Dawson, Monostatic simplexes, Amer. Math. Monthly 92 (1985) 541–546

[B1] Domokos Gábor, Lángi Zsolt: On Some Average Properties of Convex Mosaics. EXPERIMENTAL MATHEMATICS IN PRESS , 11 p. (2021)

[B2] Domokos Gábor, Lángi Zsolt: Plato's Error and a Mean Field Formula for Convex Mosaics. AXIOMATHES , 17 p. (2021)

[B3] Domokos Gábor, Jerolmack Douglas J., Kun Ferenc, Török János: Plato's cube and the natural geometry of fragmentation. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 117 pp. 18178-18185. , 8 p. (2020)

[B4] Domokos Gábor, Kovács Flórián, Lángi Zsolt, Regős Krisztina, Varga Tamás Péter: Balancing polyhedra. ARS MATHEMATICA CONTEMPORANEA 19 : 1 pp. 95-124. , 30 p. (2020)

[B5] Bozóki S, Domokos G, Kovács F, Regős Krisztina: Mono-unstable polyhedra with point masses have at least 8 vertices. INTERNATIONAL JOURNAL OF SOLIDS AND STRUCTURES 234-235 Paper: 111276 , 10 p. (2022)