

## **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>: Varkonyi.peter@epk.bme.hu

---

**Téma** címe (magyar és angol nyelven):  
Szabadon formált hajlításmentes szerkezetek  
Free-form funicular structures

---

A **téma** rövid leírása<sup>4</sup> (magyar és angol nyelven):

A hajlításmentes kötél- és ívszerkezetek rendkívül anyagtakarékosak és ugyanakkor attraktív megjelenésűek lehetnek. Az esetek többségében a hajlításmentesség követelménye jelentősen csökkenti a tervező szabadságát a formaválasztás során, noha bizonyos szerkezetek (pl. rácsostartók) esetén a hajlításmentesség a formaválasztástól függetlenül teljesül. A javasolt kutatás célja a szerkezettervezésben gyakran használt topológiájú és terhelésű szerkezetek formáinak szisztematikus vizsgálata, illetve olyan topológiák leírása, ahol a szerkezet szabadon formálhatóvá válik a hajlításmentesség megtartása mellett. Külön vizsgáljuk a szabad formálás határait, amelyet a megoldásokban megjelenő szingularitások jelölnek ki. A kutatás diszkrét modellekre alkalmazható algebrai és geometriai eljárások használatát, és folytonos modellek differenciálegyenleteinek vizsgálatát is magában foglalja. A várt eredmények egyebek között nagy fesztávú lefedések és hídszerkezetek koncepcionális tervezése során is hasznosíthatók.

Funicular cable and arch structures can be extremely material-efficient and at the same time visually attractive. In most cases, the requirement of funicularity significantly reduces the designer's freedom of choice in form selection, although for some structures (e.g. trusses), funicularity is always achieved regardless of structural form. The proposed research aims to systematically investigate the forms of funicular structures with topologies and loads commonly used in structural design. We also aim to describe topologies where the structure can be formed freely, while maintaining funicularity. The limits of free forming, as defined by the singularities that appear in the solutions, are also investigated

---

<sup>1</sup> Az adatlapot aláírva és szkennelve a Doktori Iskola titkárának (Fehér Eszter, feher.eszter@epk.bme.hu) kell eljuttatni elektronikusan. A témahirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola (<http://cspdi.bme.hu/felveteli/temahirdeteselek>), a témahirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács (<http://www.doktori.hu/>) honlapjára.

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

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

<sup>4</sup> 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.

The research involves the use of algebraic and geometric methods applicable to discrete models and the investigation of differential equations for continuous models. The expected results are applicable for the conceptual design of large-span roofs and bridge structures among others.

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

- Macdonald, A. J. (2007). *Structure and architecture*. Routledge.
- Jorquera-Lucerga, J. J. „Form-finding of funicular geometries in spatial arch bridges through simplified force density method.” *Applied Sciences*, 8 (2018), 2553.
- Marmo, Francesco, and Luciano Rosati. "Reformulation and extension of the thrust network analysis." *Computers & Structures* 182 (2017): 104-118.
- Shi, Zhou, Hao Hu, and Jiaqi Li. "Axis optimisation of arch-shaped pylons for high-speed railway cable-stayed bridges." *Engineering Structures* 227 (2021): 111424.
- Lewis, W. J., J. M. Russell, and T. Q. Li. "Moment-less arches for reduced stress state. Comparisons with conventional arch forms." *Computers & Structures* 251 (2021): 106524.
- Jorquera-Lucerga, J. J., and J. M. García-Guerrero. "Doubling the set of hangers of tied-arch bridges to support eccentric load distributions." *Bridge Safety, Maintenance, Management, Life-Cycle, Resilience and Sustainability*. CRC Press, 2022. 1915-1923.
- Todisco, Leonardo, Hugo Corres Peiretti, and Caitlin Mueller. "Funicularity through external posttensioning: Design philosophy and computational tool." *Journal of Structural Engineering* 142.2 (2016): 04015141.
- Todisco, Leonardo, et al. "Design and exploration of externally post-tensioned structures using graphic statics." *Journal of the International Association for shell and Spatial Structures* 56.4 (2015): 249-258.

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

- International Journal of Solids and Structures
- International Journal of Space Structures
- Journal of the Mechanics and Physics of Solids
- International Journal of Non-Linear Mechanics
- Építés- és Építészettudomány

Valamennyi folyóirat Scopus-ban szerepel

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

---

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

<sup>6</sup> Minimum 5, maximum 10 folyóirat megadását kérjük, melyek között feltétlenül szerepelnie kell a PhD fokozatszerzés szempontjából elengedhetetlen (Web of Science, Scopus) minősítésű idegen nyelvű folyóiratoknak is. Kérjük, ezeket a periodikákat a felsorolásban jelölnék meg.

- Sipos, András A., and Péter L. Várkonyi. "A unified morphoelastic rod model with application to growth-induced coiling, waving, and skewing of plant roots." *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 160 (2022): 104789.
- Sipos, András A., and Péter L. Várkonyi. "The longest soft robotic arm." *International Journal of Non-Linear Mechanics* 119 (2020): 103354.
- Horváth, Marcell G., András Á. Sipos, and Péter L. Várkonyi. "Shape of an elastica under growth restricted by friction." *International Journal of Solids and Structures* 156 (2019): 137-147.
- Varkonyi, P. L., and G. Domokos. "Imperfect symmetry: A new approach to structural optima via group representation theory." *International journal of solids and structures* 44.14-15 (2007): 4723-4741.
- Várkonyi, Péter, András Árpád Sipos, and Gábor Domokos. "Szerkezettervezés az interneten: egy gépi algoritmus gyorsítási lehetőségei." *Építés-Építészettudomány* 34.3-4 (2006): 271-291.

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

- Sipos, András A., and Péter L. Várkonyi. "A unified morphoelastic rod model with application to growth-induced coiling, waving, and skewing of plant roots." *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 160 (2022): 104789.
- Antali, Mate, and Peter L. Varkonyi. "The Nonsmooth Dynamics of Combined Slip and Spin Motion Under Dry Friction." *Journal of Nonlinear Science* 32.4 (2022): 1-43.
- Sipos, András A., and Péter L. Várkonyi. "The longest soft robotic arm." *International Journal of Non-Linear Mechanics* 119 (2020): 103354.
- Champneys, Alan R., and Péter L. Várkonyi. "The Painlevé paradox in contact mechanics." *IMA Journal of Applied Mathematics* 81.3 (2016): 538-588.
- Várkonyi, Péter L. "Estimating part pose statistics with application to industrial parts feeding and shape design: New metrics, algorithms, simulation experiments and datasets." *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 11.3 (2014): 658-667.


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

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

- Baranyai Tamás / 2015 / 2018 / 2019
- Mehmet Köhserli 2019 / - / -
- Andres F. Guerra Riano 2021 / - / -
- 
- 

Melléklet: a téma bővebb leírása (magyar és angol<sup>8</sup> nyelven)

Budapest, 2023.01.17



Várkonyi Péter

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

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

## Szabadon formált hajlításmentes szerkezetek

Részletes ismertető

A hajlításmentes kötél- és ívszerkezetek rendkívül anyagtakarékosak és ugyanakkor attraktív megjelenésűek lehetnek. Az esetek többségében a hajlításmentesség követelménye jelentősen csökkenti a tervező szabadságát. A szerkezeti formakeresés fő célja olyan módszerek és algoritmusok fejlesztése, melyek a tervező számára lehetővé teszik, hogy a hajlításmentesség követelményének megfelelő formák halmazát előállítsa (Macdonald, 2007). A lehetséges formák közül optimalizálási eljárásokkal vagy más a priori módszerekkel választható ki a tervező által preferált forma (Shi et al., 2021, Lewis et al., 2021).

Vannak azonban speciális topológiájú rúdszerkezetek, például a rácsostartók, melyek esetén a hajlításmentesség a formaválasztástól függetlenül teljesül.

A kutatás egyik célja adott topológiájú és terhelésű szerkezetek hajlításmentes formáinak szisztematikus vizsgálata, és osztályozása geometriai jellemzők alapján az építészeti tervezői szakma számára (Jorquera-Lucerga, 2018).

A formaválasztás szabadsága jelentősen befolyásolható a szerkezet topológiájának tudatos változtatásával (Jorquera-Lucerga & García-Guerrero, 2022). A kutatás második cél olyan topológiák leírása, ahol a szerkezet szabadon formálhatóvá válik a hajlításmentesség megtartása mellett (Todisco et al., 2015,2016) Külön vizsgáljuk a szabad formálás határait, amelyet a megoldásokban megjelenő szingularitások jelölnek ki.

A kutatás diszkrét modellekre alkalmazható algebrai és geometriai formakeresési eljárások használatát (Marmo & Rosati, 2018), és folytonos modellek differenciálegyenleteinek vizsgálatát is magában foglalja. A várt eredmények egyebek között nagy fesztávú lefedések és hídszerkezetek koncepcionális tervezése során is hasznosíthatók.

## Free-form funicular structures

### Detailed description

Funicular truss and arch structures can be extremely material efficient and at the same time visually attractive. In most cases, the requirement of funicularity significantly reduces the designer's freedom. The main goal of structural form finding is to develop methods and algorithms that allow the designer to generate the set of shapes that satisfy the requirement of funicularity (Macdonald, 2007). From the possible shapes, the designer's preferred shape can be selected by optimization procedures or by other a priori methods (Shi et al., 2021, Lewis et al., 2021).

At the same time, there are one-dimensional structures with special topologies, such as trusses, for which funicularity is fulfilled independently of structural form.

One of the objectives of this research is to systematically investigate and classify funicular shapes of structures with given topologies and loads based on geometric features providing a tool for architectural designers (Jorquera-Lucerga, 2018).

The freedom in shape selection can be significantly influenced by appropriate changes in the topology of the structure (Jorquera-Lucerga & García-Guerrero, 2022). The second objective of this research is to describe topologies where the structure can be formed freely while maintaining funicularity (Todisco et al., 2015, 2016). We also investigate the limits of free forming, as defined by the singularities that appear in the solutions.

The research involves the use of algebraic and geometric form-finding methods applicable to discrete models (Marmo & Rosati, 2018) and the investigation of differential equations for continuous models. The expected results are useful for the conceptual design of large span roofs and bridge structures among others.