



ELTE EÖTVÖS LORÁND  
TUDOMÁNYEGYETEM

# Jel- és képfeldolgozás

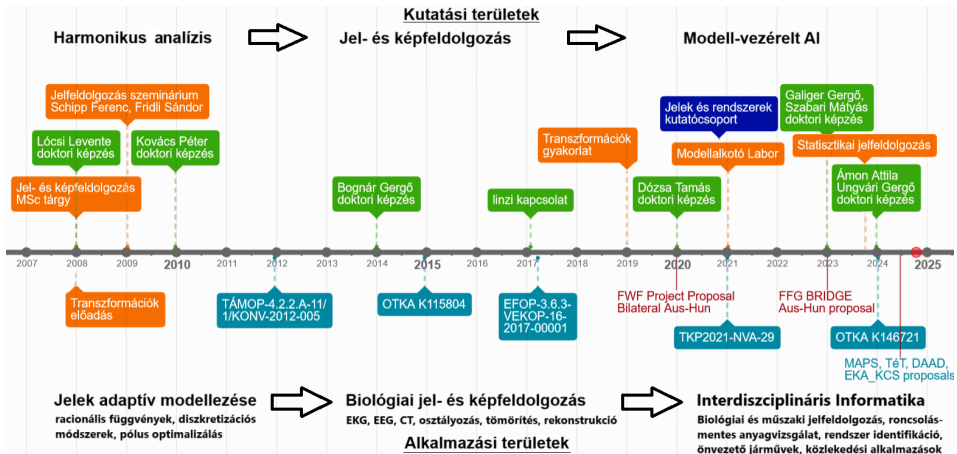
*Dr. Habil. Kovács Péter*  
*egyetemi docens*

## **Analízis Alkalmazásai Workshop**

40 éves a Numerikus Analízis Tanszék

Visegrád, 2024.10.17-18.

# Történeti áttekintő



- Oktatás
- Kutatás
- Pályázatok
- Együttműködés

## Jel- és képfeldolgozás

- Tantárgy felelőse: Dr. Fridli Sándor
- Tantárgy oktatói:
  - Előadó: Dr. Fridli Sándor
  - Gyakorlatvezetők: Dr. Bognár Gergő, Dr. Kovács Péter

## Jel- és képfeldolgozás szeminárium

- Tantárgy felelőse: Dr. Fridli Sándor
- Tantárgy oktatói:
  - Dr. Fridli Sándor, Dr. Bognár Gergő

## Statisztikai jelfeldolgozás

- Tantárgy felelőse: Dr. Kovács Péter
- Tantárgy oktatói:
  - Előadó: Dr. Soós Anna
  - Gyakorlatvezetők: Dr. Soós Anna

## Transzformációk az alkalmazott matematikában

- Tantárgy felelőse: Dr. Weisz Ferenc
- Tantárgy oktatói:
  - Előadó: Dr. Weisz Ferenc
  - Gyakorlatvezetők: Dr. Bognár Gergő, Dr. Fábíán Gábor, Dózsa Tamás

# Modellalkotó K+F labor

- Tantárgy felelőse: Dr. Kovács Péter
- Tantárgy oktatásába bevont kutató csoportok:
  - Jelek és rendszerek: Dr. Kovács Péter, Dr. Bognár Gergő, Dózsa Tamás
  - Számítógépes grafika és geometria: Dr. Bálint Csaba, Dr. Fábián Gábor, Bán Róbert, Vad Viktor
- Átlagosan 20 hallgatóval, PTI MSc és ARI MSc szakokon
- A tantárgy saját honlapja: [www.modelinglab.inf.elte.hu](http://www.modelinglab.inf.elte.hu)

The screenshot shows the homepage of the Modeling Lab at ELTE. The header features the ELTE logo and the text 'Modellalkotó Labor'. Below the header is a navigation bar with 'Oldalak' and 'Hírek' tabs, and a 'Nyelv' button. The main content area is divided into three columns. The left column contains a vertical menu with links to 'Hírek', 'Bemutatók', 'Projektek', 'Kutatócsoportok', 'Oktatók', 'Együttműködések', and 'Alumni'. The middle column features a promotional poster for the 'EMBS YP CAREER CATALYST SERIES' titled 'HOW TO AVOID PREDATORY PUBLISHERS', which includes a photo of Dr. Kovács Péter, a QR code, and logos for IEEE, EMBS, and the Modeling Lab. Below the poster is the text 'EMBC YP Webinar: How to avoid predatory publishers?'. The right column shows a portrait of Dr. Vedran Jurdana with the text 'Visiting Researcher: Dr. Vedran Jurdana' and a 'Biosignale' logo with the text 'Díjazottjaink a Biosignale Workshop-on'.

- Orvosi jelfeldolgozás
  - EKG jelek szegmentálása, szívütések osztályozása
  - EEG jelek feldolgozása, epilepszia detektálás
- Műszaki jelfeldolgozás
  - Autonóm járműirányítás: kerékszenzoros jelek osztályozása, megcsúszás detektálása
  - Hajó irányítás: elmozdulás adatok idő-frekvencia analízise
- Tomográfiai módszerek
  - Termografikus képrekonstrukció: roncsolásmentes anyagvizsgálat
  - CT képrekonstrukció: képjavítás, műtermék detekció
- Modellvezérelt gépi tanulás
  - VPNet: adaptív projekciós hálók
  - ODE Network, WaveletKernelNet, OptNet, Wiener–Hammerstein típusú hálók
- Számítógépes grafika és Geometriai modellezés

# Outline

---

- Oktatás
- **Kutatás**
- Pályázatok
- Együttműködés





## Deriválhatóság [1]

$$\frac{\partial f_s^{(\text{vp})}}{\partial \theta_j} = \frac{\partial [\Phi(\theta)\Phi^+(\theta)]}{\partial \theta_j} y, \quad \frac{\partial f_c^{(\text{vp})}}{\partial \theta_j} = \frac{\partial \Phi^+(\theta)}{\partial \theta_j} y$$

ahol

$$\begin{aligned} \partial [\Phi\Phi^+] &= (I - \Phi\Phi^+) \partial\Phi\Phi^+ + [(I - \Phi\Phi^+) \partial\Phi\Phi^+]^T, \\ \partial\Phi^+ &= -\Phi^+ \partial\Phi\Phi^+ + \Phi^+ [\Phi^+]^T \partial\Phi^T (I - \Phi\Phi^+) \\ &\quad + (I - \Phi^+\Phi) \partial\Phi^T [\Phi^+]^T \Phi^+. \end{aligned}$$

## Optimalizálás

Gradiens alapú numerikus módszerek alkalmazhatók feltéve, hogy a  $\theta$  szerinti  $\partial\Phi$  parciális deriváltak léteznek.

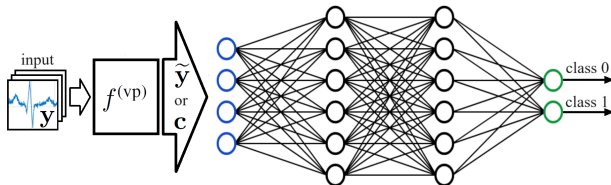
[1] G. H. Golub, V. Pereyra. The differentiation of pseudo-inverses and nonlinear least squares problems whose variables separate. *SIAM J. on Numerical Analysis*, 1973.

## VP réteg

- Bemenet:  $y$  lehet nyers, vagy szűrt jel
- Paraméterek: egy SNLLS problémából származtatott  $\theta$
- Kimenet:

vagy  $y \mapsto f^{(\text{vp})}(y) = \Phi^+(\theta)y = c$  (osztályozás)

$y \mapsto f^{(\text{vp})}(y) = \Phi(\theta)\Phi^+(\theta)y = \tilde{y}$  (regresszió)



**Figure:** A VPNet háló architektúra sematikus ábrázolása bináris osztályozó esetén.



EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
REKTORI KOORDINÁCIÓS KÖZPONT  
INNOVÁCIÓS KÖZPONT

Az Innovációs Testület 7/2024-es határozata:

Az ELTE szolgálati találmányként elismeri és befogadja a „Tapadási súrlódási együttható valós idejű becslése gumiabroncsba illesztett mechanikai szenzor és gépi tanulás segítségével” című szellemi alkotást, igényt tart a találmány tulajdoni és hasznosítási jogára, és megteszi a szükséges lépéseket a találmány hasznosítása érdekében.



### Variable Projection Support Vector Machines for Simple and Interpretable Machine Learning

Traditional methods for feature extraction used in the training of machine learning (ML) algorithms suffer from performance issues.

New methods such as convolutional neural networks and mathematically justified ML methods are black-box models that are difficult to understand for humans.

**New variable projection support vector machine (VP-SVM) for automatic feature extraction**

VP Layers for automatic feature extraction

Adaptive Hermite functions

Malfunction detection in accelerometer data

Abnormal heart rate detection in electrocardiogram data

Accelerometer fault detection VP-SVM - State-of-the-art algorithms

Microcontroller implementation for real-time use

Abnormal heart rate detection VP-SVM - State-of-the-art algorithms

SVM

VP-SVM provides a more interpretable and simple model architecture for ML models with comparable or even greater performance to state-of-the-art models

Variable Projection Support Vector Machines and Some Applications Using Adaptive Hermite Expansions  
Bárony et al. (2023) International Journal of Neural Systems | DOI: 10.1142/S029631723500047



- Oktatás
- Kutatás
- **Pályázatok**
- Együttműködés

## Elnyert/folyamatban lévő

- Tudásvezérelt mélytanuló algoritmusok konstrukciója adaptív projekciók segítségével, OTKA K146721.
- A gépi érzékelés csodája. A szenzorok és ami mögöttük van. MEC N149402.
- Jelek és rendszerek kutatócsoport, TKP2021-NVA, kiberbiztonság.
- Mesterséges intelligencia innovatív használata a budapesti közösségi közlekedésszervezésben, EKÖP-KDP 2024, Ipari partner: BKK Zrt.
- Application of Model-Driven Machine Learning Methods for Developing Autonomous Railway Vehicles, EKÖP-KDP 2024, Ipari partner: Siemens Mobility Hungary.

## Lezárt

- Adaptív transzformációs módszerek a jel- és képfeldolgozásban, NVKDP 2021, Ipari partner: HUN-REN SZTAKI.

## Benyújtott

- INSPIRE - INTEgrated frameworkS for advancing Positive Energy Districts Infrastructure and Research in Europe, MAPS program, Partners: Hochschule Luzern, ELTE, University of Rijeka, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Institute for Population and Human Studies.
- Deep Unfolding in the context of Dictionary Learning for Biomedical Signals, DAAD Programmes for Project-Related Personal Exchange, Partners: University Medical Center Göttingen, Department of Medical Informatics.
- Improved Spectrogram of Nonstationary Signals Using Model-driven Machine Learning, TÉT 2023-1.2.4 Magyar-Horvát reláció, partner: Center for AI and Cybersecurity, University of Rijeka.
- SMARTER - Safety-critical Model-driven AI Research and Technology for Enhanced Reliability, EKA\_KCS, 2024.

## IEEE EMBS YP Competition

- ▶ Award for best papers from the YP community
- ▶ Huge interest: 25% of all submissions to EMBC 2024 took part!
  - Total submissions to EMBC: 1952
  - Papers involved in the YP competition: 480
- ▶ YPC awardees will be recognized in Opening Ceremony of EMBC. They will receive an engraved plaque, travel reimbursement (500\$), and an honorarium:
  - \$1,500 USD for the 1st place winner
  - \$1250 USD for the 2nd place winner
  - \$1000 USD for the 3rd place winner



## Pap Smear Cell Classification Challenge

- Data Science and Visualization Department, University of Debrecen
- Department of Pathology, Kenezy Gyula University Hospital and Clinic
- Department of Numerical Analysis, Eötvös Loránd University





- Oktatás
- Kutatás
- Pályázatok
- **Együttműködés**

- Algoritmusok és Alkalmazásaik Tanszék
  - Dr. Bálint Csaba: Modelalkotó labor
  - Dr. Hajder Levente: Számítógépes látás
- Mesterséges Intelligencia Tanszék
  - Dr. Fennech Kristian: MI kutatás, közös cikk
- Komputer Algebra Tanszék
  - Dr. Kovács Attila, Mediso
- Adattudományi Tanszék
  - Dr. Lóczy Lajos, oktatás
- Savaria Műszaki Intézet
  - Dr. Sidor Jurij, doktori témák
  - Dr. Kollár László, numerikus modellezés

## Kutatás



**DEBRECENI  
EGYETEM**

## Ipar



# Nemzetközi együttműködések

---

