Eye-tracking:
Nástroj pro nahlédnutí do hlavy čtenáře mapy

Doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.

Olomouc, 27. 2. 2026

O mě

- Doc. RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.
  - Eye-trackingu se věnuji od roku 2011
  - Vedoucí eye-tracking laboratoře KGI UP
  - Hodnocení a optimalizace map…

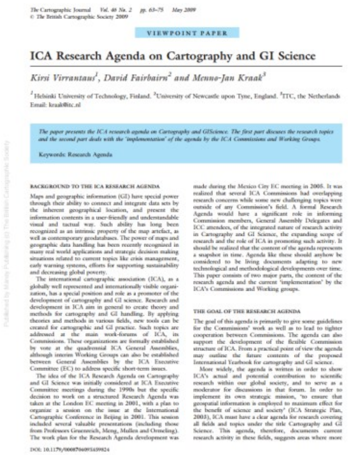
  …ale i spolupráce s dalšími obory
    - Fyzika
    - Psychologie
    - Filmová věda
    - Religionistika
    - Didaktika
    - Lingvistika
    - …

Kognitivní kartografie

- **Úkolem kognitivní kartografie** je poznání, jakým způsobem uživatelé jednotlivé prvky mapy čtou a jak se liší význam přiřazený těmto prvkům mezi jednotlivými uživateli.
- **Kognice zahrnuje**:
  - vnímání, učení, paměť, myšlení, uvažování, řešení problémů, komunikaci

- Dnes jsou tématu jsou v rámci **Mezinárodní kartografické asociace (ICA)** vyčleněny dvě komise:
  - Commission on Cognitive Issues in Geographic Information Visualization
  - Commission on User Experience

Význam kognitivní kartografie


The Cartographic Journal Vol. 46 No. 2 pp. 63–75 May 2009

VIEWPOINT PAPER

ICA Research Agenda on Cartography and GI Science

Kirsi Virrantaus[1], David Fairbairn[2] and Menno-Jan Kraak[3]

[1] Helsinki University of Technology, Finland. [2]University of Newcastle upon Tyne, England. [3]ITC, the Netherlands
Email: kraak@itc.nl

The paper presents the ICA research agenda on Cartography and GIScience. The first part discuses the research topics and the second part deals with the 'implementation' of the agenda by the ICA Commissions and Working Groups.

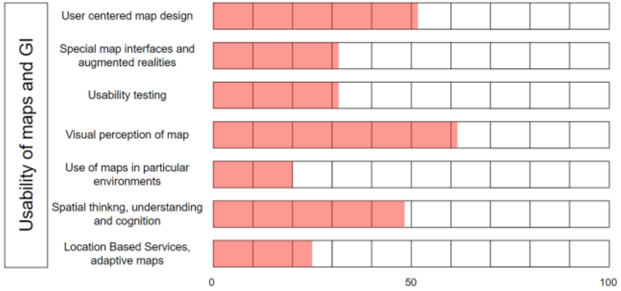
Keywords: Research Agenda

BACKGROUND TO THE ICA RESEARCH AGENDA

Maps and geographic information (GI) have special power through their ability to connect and integrate data sets by the inherent geographical location, and present the ...

made during the Mexico City EC meeting in 2005. It was realized that several ICA Commissions had overlapping research concerns while some new challenging topics were outside of any Commission's field. A formal Research Agenda would have a significant role in informing ...

- Virrantaus, Fairbairn, & Kraak (2009)
- **Research agenda pro celou ICA** – cílem je dát doporučení pro komise a umožnit lepší spolupráce mezi komisemi a pracovními skupinami
- Vybráno 10 prioritních oblastí
  - Geographic information
  - Metadata and SDIs
  - Geospatial analysis and modelling
  - Usability
  - Geovisualization, visual analytics
  - Map production
  - Cartographic theory
  - History of cartography and GI science
  - Education
  - Society
- Předsedové všech komisí a pracovních skupin odpovídali, nakolik se těmito tématy ve své agendě zabývají.



Historie kognitivní kartografie

- Výzkum zaměřený na design map a kognitivní aspekty v kartografii odstartovalo vydání knihy „**The Look of Maps**“ (Robinson, 1952).
  - Ranný výzkum v kognitivní kartografii se opíral o převzaté a dále rozvíjené psychologické teorie (např. gestaltické principy)
  - Tyto psychologické principy byly dále implementovány do **Bertinových vizuálních proměnných**, **Dentova vizuálního kontrastu**, **Flanneryho percepčních objemových symbolů** a **Robinsonovy vizuální hierarchie**

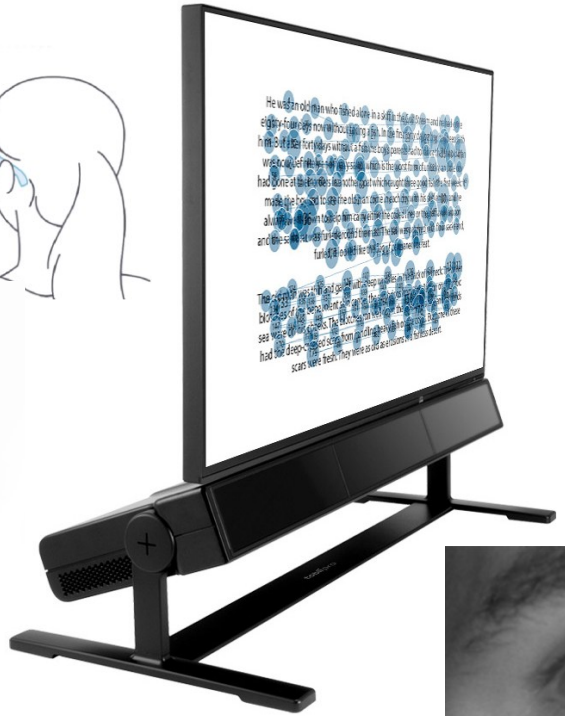
Historie kognitivní kartografie

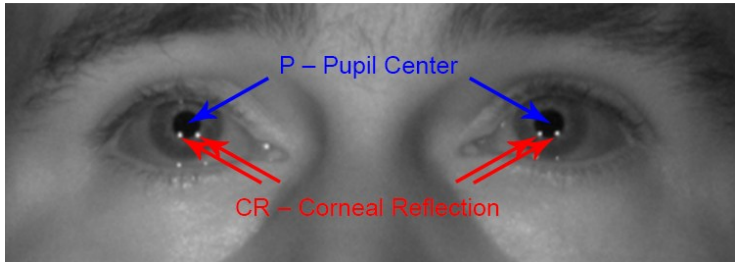
- Výzkum v kognitivní kartografii dále rozvíjely Robinsonovy doktorandky, Barbara Petchenik a Judy M. Olson
  - Důraz na empirické porozumění kognitivním procesům čtení map
  - Jak lidé – zejména děti – vnímají a mentálně reprezentují geografický prostor (Petchenik, 1977, Robinson & Petchenik, 1975)
  - Hodnocení mapových znaků, používání barev, vizuální hierarchii a design (Olson, 1975, 1976a, 1976b, 1979, 1981)
  - Přínos Judy Olson byl obzvláště významný v nastolení široké agendy „empirického experimentování v kognitivní kartografii“

Historie kognitivní kartografie

- Vědecká práce Judy Olson a jejích doktorandů, jako byla Cynthia Brewer a později Amy Lobben, sehrály klíčovou roli při formování moderního výzkumu kognitivní kartografie
  - Hlubší porozumění vnímání barev při návrhu kartogramů (Brewer, 1989, 1992, 1996; Harrower & Brewer, 2003; Olson & Brewer, 1997)
  - Nástroj ColorBrewer byl nakonec přijat nejen v kartografii, ale široce napříč oblastmi vizualizace dat v rámci HCI
  - Amy Lobben začala v geografii využívat **funkční magnetickou rezonanci (fMRI)** k testování kartografických a geograficko-informačních paradigmat

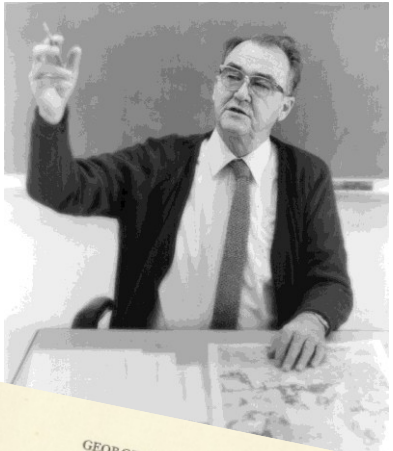
Moderní eye-trackery



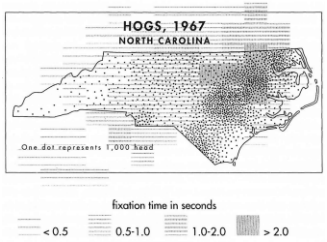


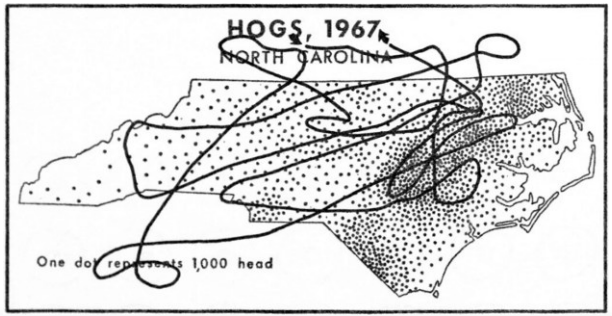
Eye-tracking v kartografii – historie

- Symposium **Influence of the Map User on Map Design** (1970, Ontario, Kanada)
- Jedním z přítomných kartografů byl **George Jenks**, který později prohlásil, že eye-tracking nabízí možnost „**dostat se dovnitř hlavy čtenáře mapy**“
- Využití eye-trackingu v kartografii přirovnal k otevření **Pandořiny skříňky**



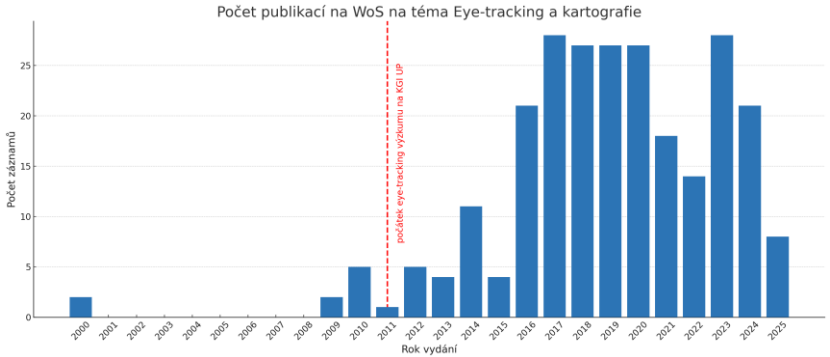
GEORGE F. JENKS
Visual Integration in Thematic Mapping:
Fact or Fiction?

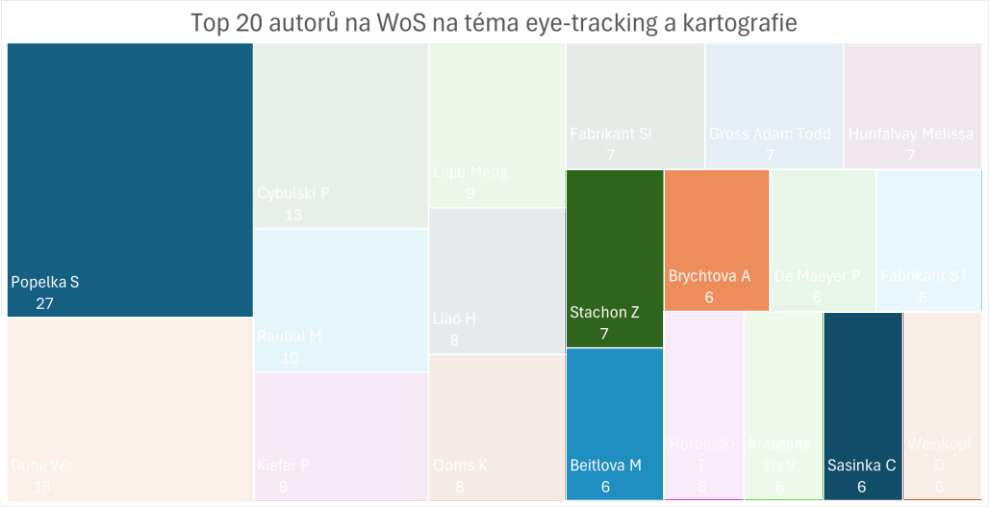




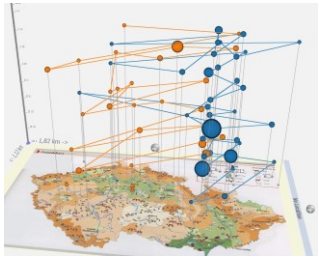
Eye-tracking v kartografii – současnost

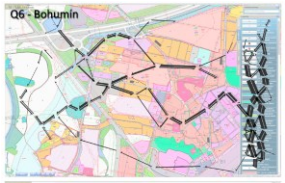
- Eye-tracking výzkum na KGI UP začal ve správný čas (2011)
- Česká stopa je jasně patrná

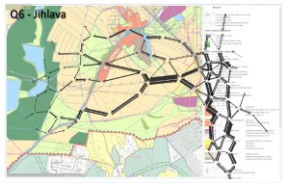


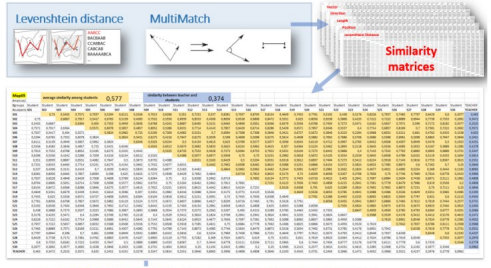


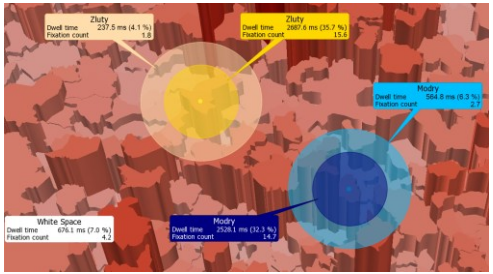
Využití eye-trackingu v kognitivní kartografii

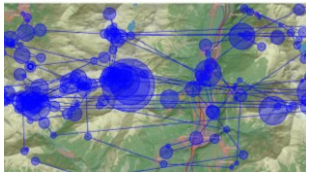


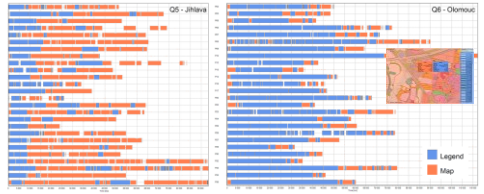


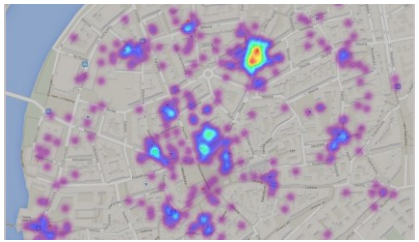


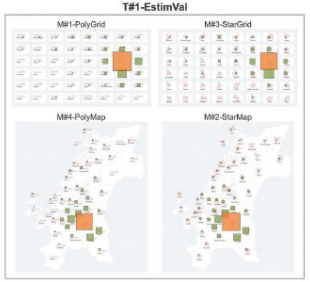


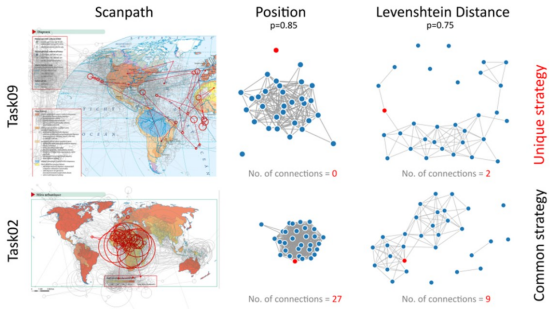


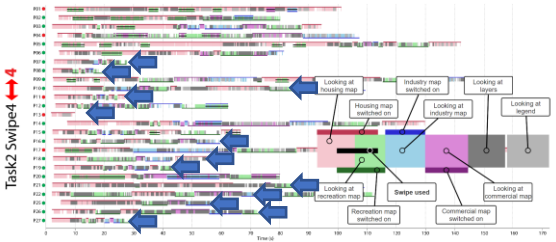






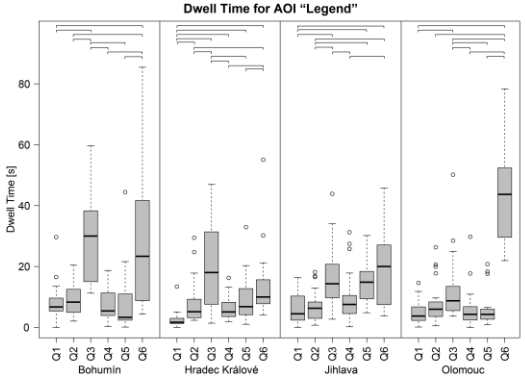


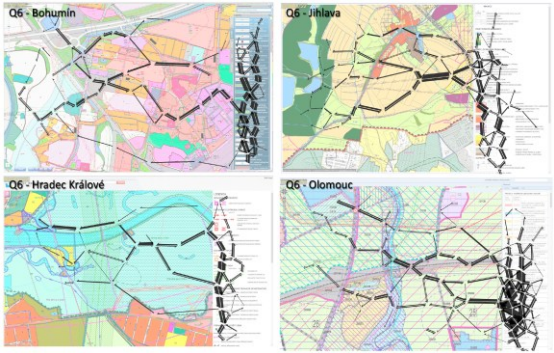


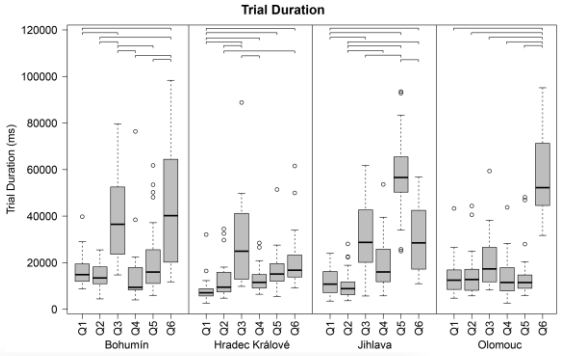


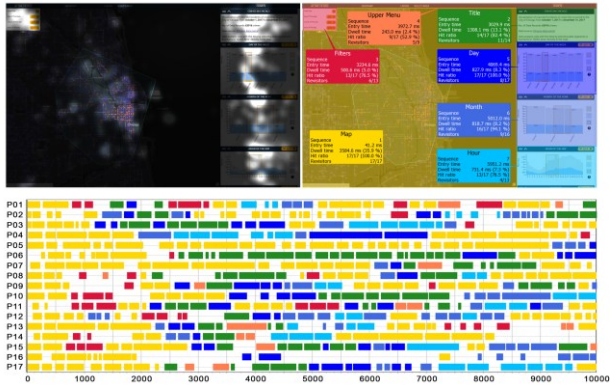
(Beitlova, Popelka a kol., 2022), (Dolezalova & Popelka, 2016), (Opach, Popelka, Doležalová & Rod, 2017), (Popelka & Brychtová, 2013), (Popelka, 2015)

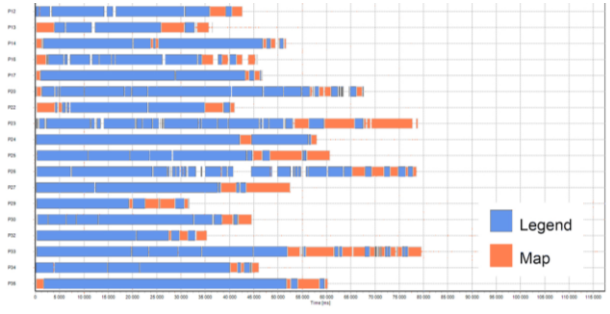
Jak se dostat „Dovnitř hlavy čtenáře mapy“?





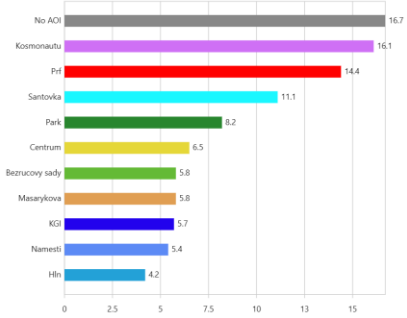




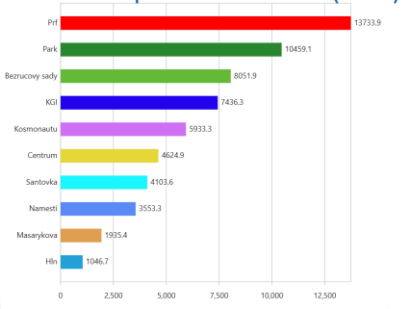


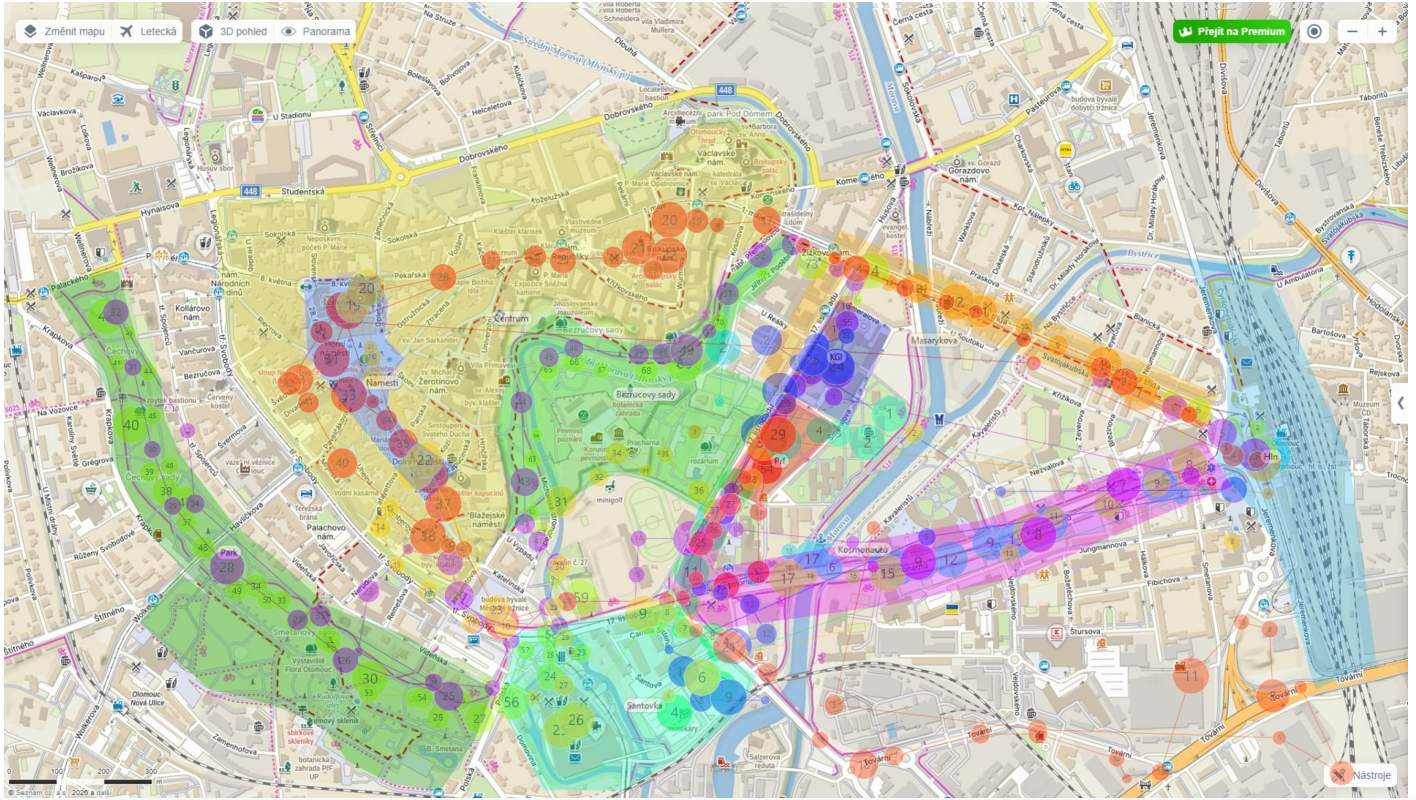
Jak se dostat „Dovnitř hlavy čtenáře mapy“?

Čas v AOI (%)

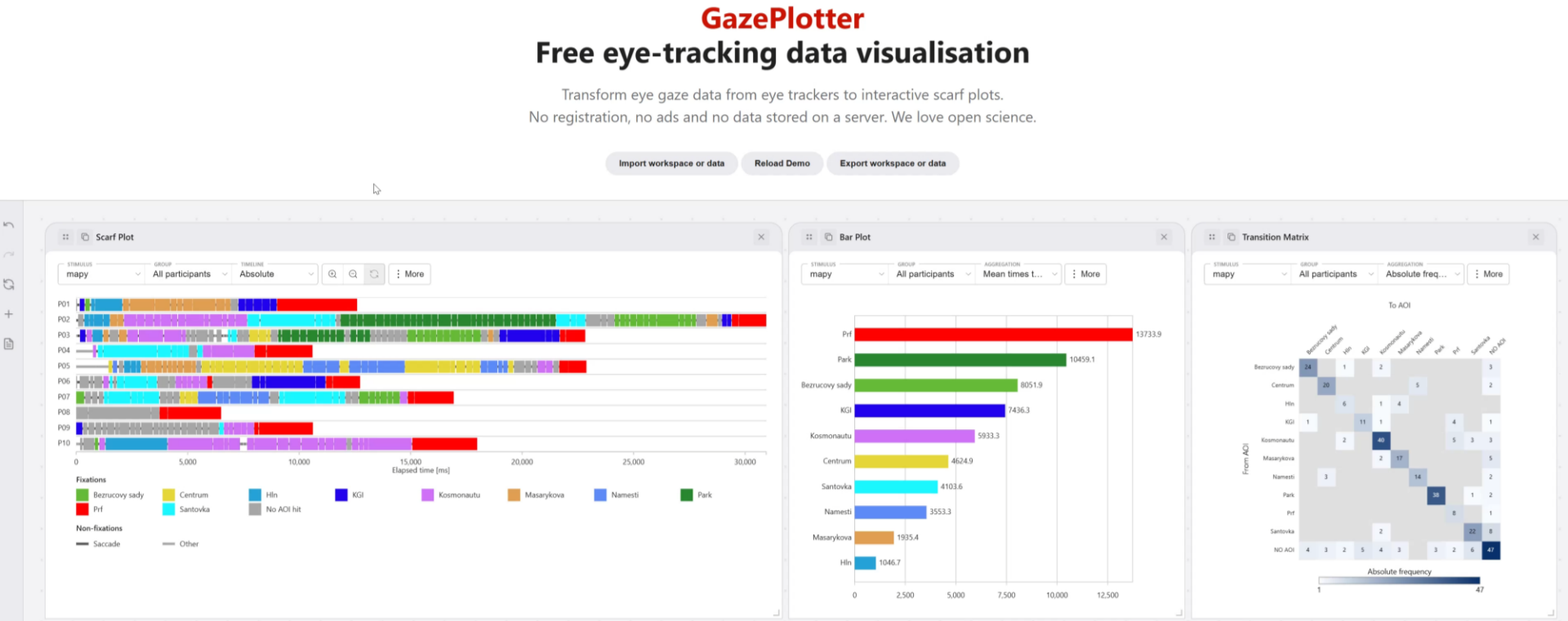


Čas do první fixace(ms)





GazePlotter



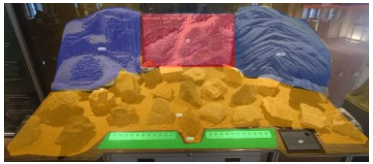
GazePlotter

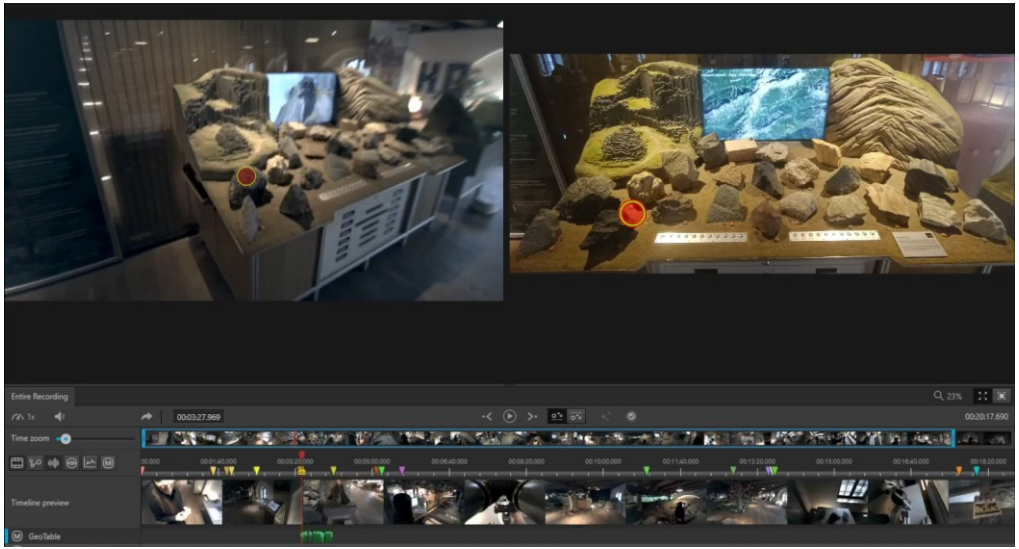
Free eye-tracking data visualisation

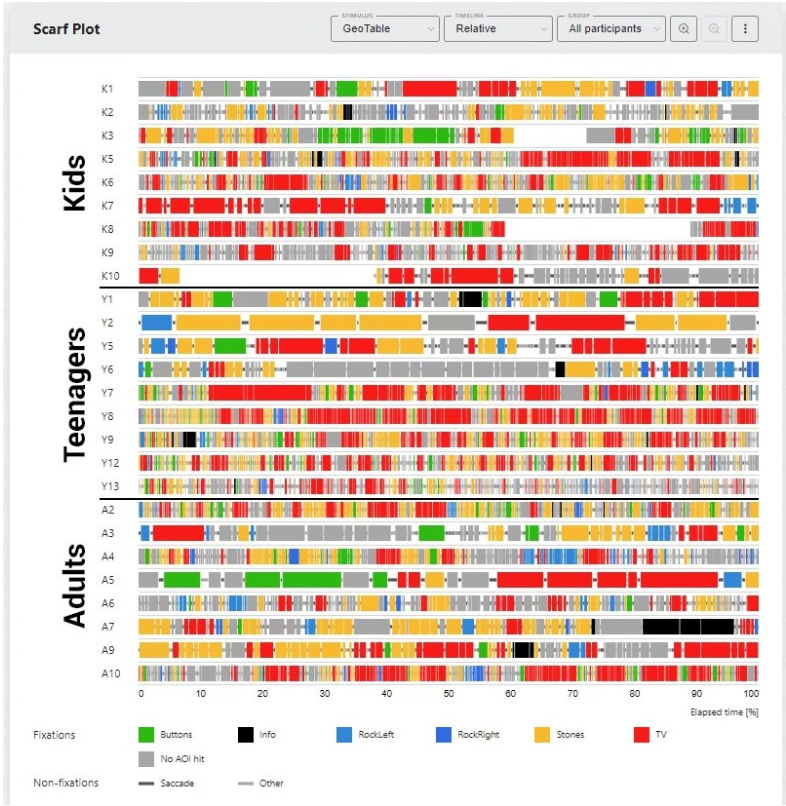
Video: https://youtu.be/vtl1QiKGtYA

(Vojtechovska & Popelka, 2026)

Hodnocení expozice v Pevnosti Poznání

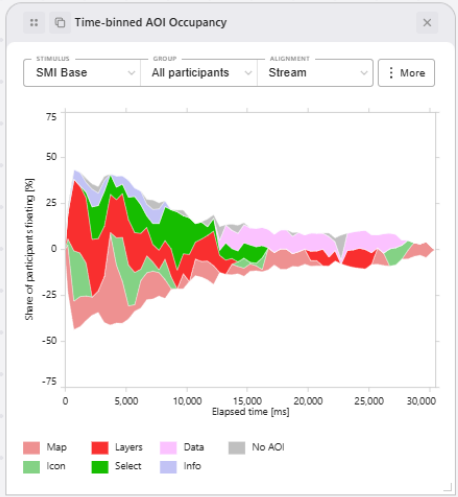


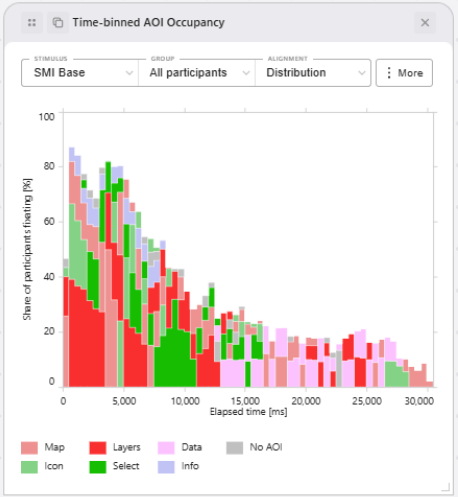


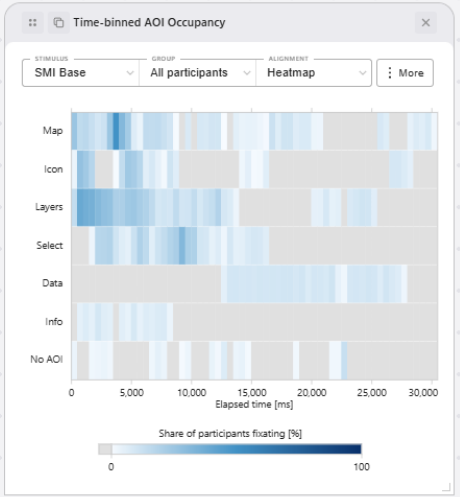


(Popelka & Vysloužil, 2025)

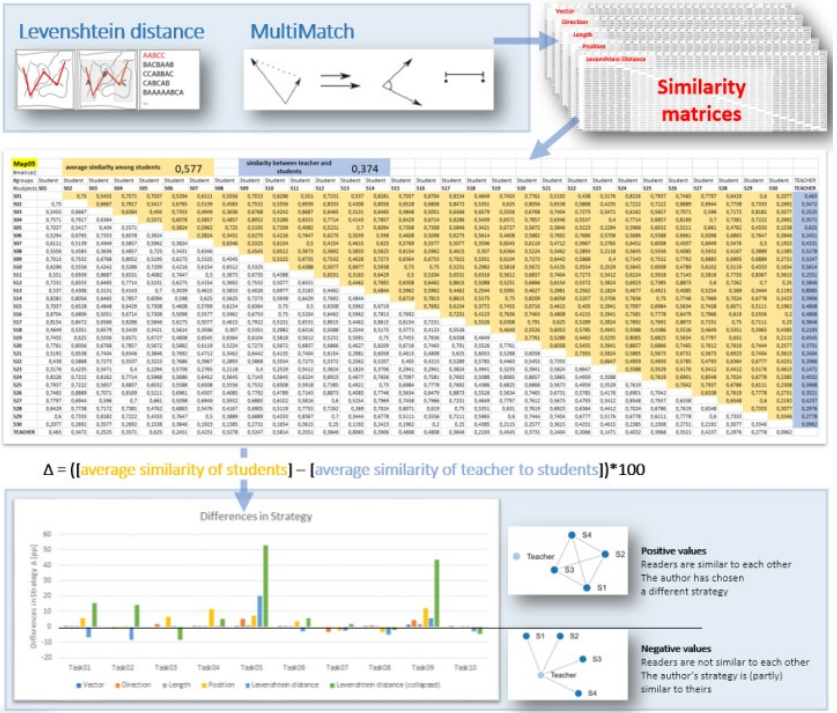
GazePlotter – nové možnosti vizualizace

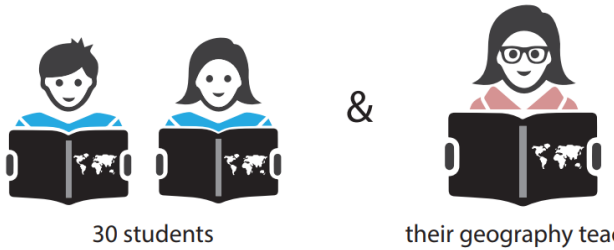


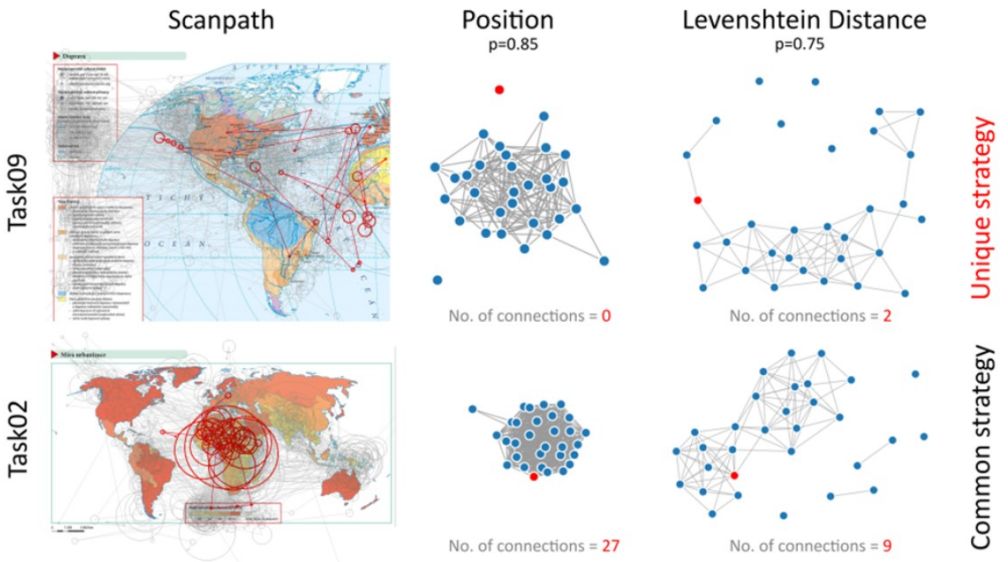




ScanGraph

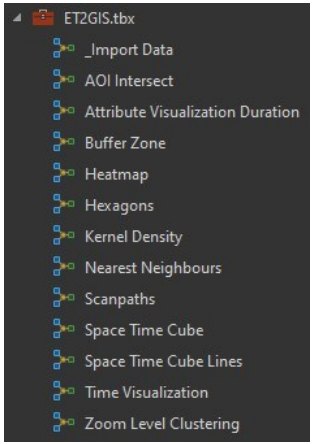


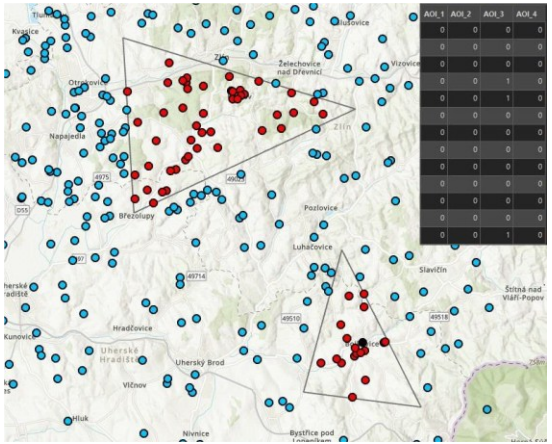


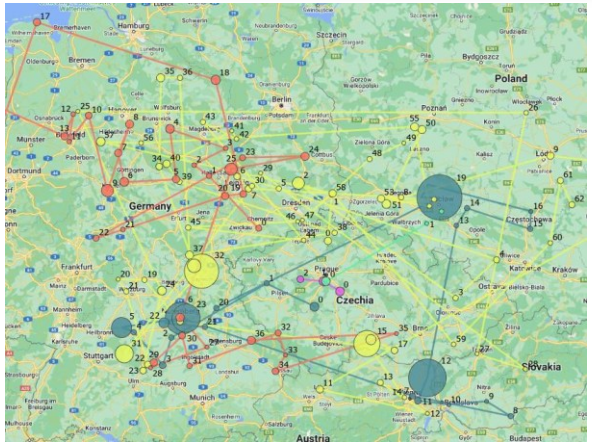


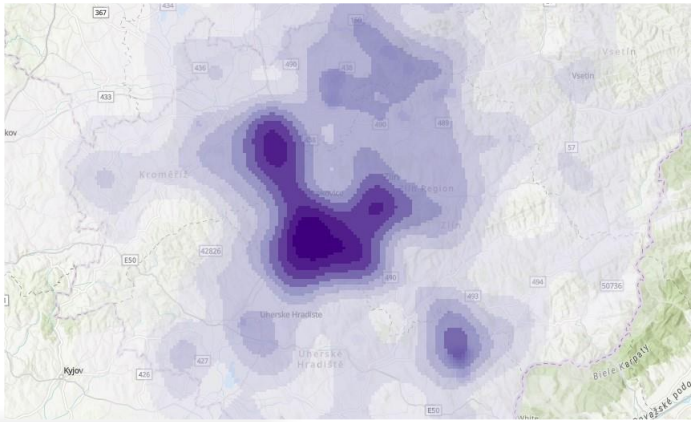
(Beitlová a kol., 2020)

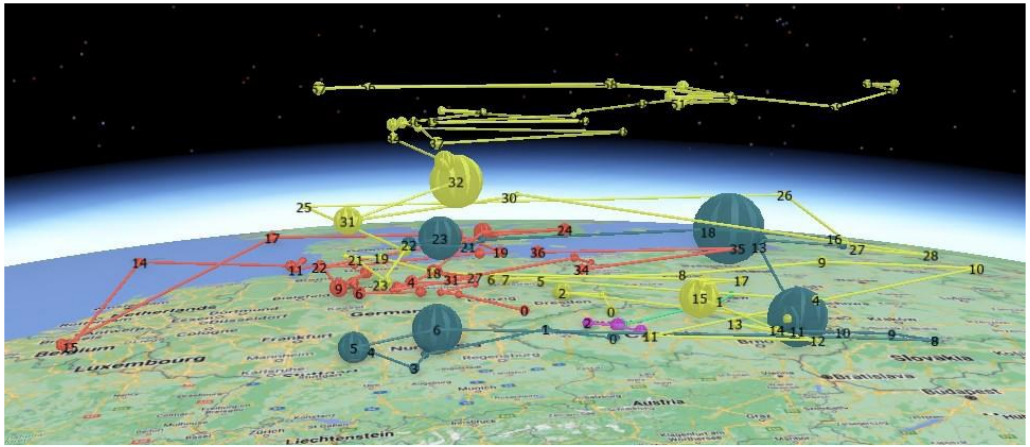
GIS







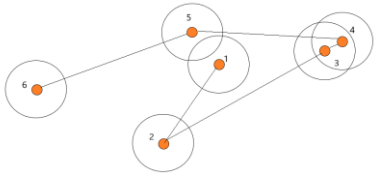


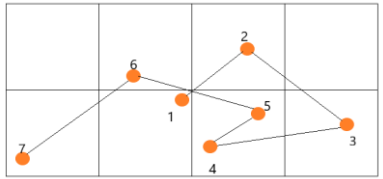


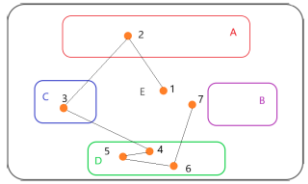
(Vaníček a kol., 2025)

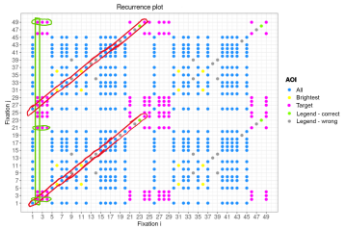
Rekurenční kvantifikační analýza (RQA)

- R – Number of Recurrent points
- REC – Recurrence
- DET – Determinism
- LAM – Laminarity
- CORM – Center of Recurrence Mass
- Ambient / Focal Attention

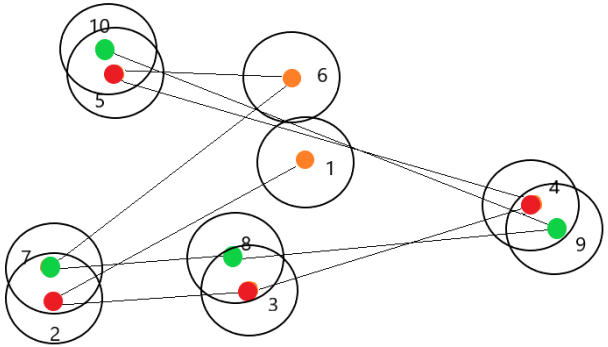




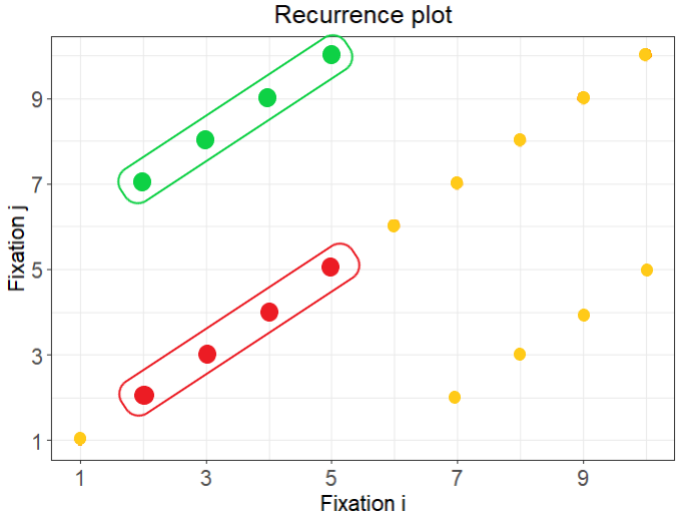




(Kalabusová, 2020)



(Popelka & Vítková, 2024)



Running RQA

(Vojtěchovská a kol., 2025)

RRQA visualizations for eye-tracking

Recurrence—the reappearance of similar states—offers deep insights into complex system dynamics.

Recurrence Quantification Analysis (RQA) extracts quantitative metrics from recurrence plots, revealing hidden patterns in eye-tracking data.

Our innovation, **Running RQA (RRQA)**, displays these metrics as continuous, evolving plots, enabling intuitive, direct comparisons of gaze behavior over time.

Recurrence Matrix Type

AOI-based

Choose the method for calculating recurrence between fixations

Minimum Structure Length

2

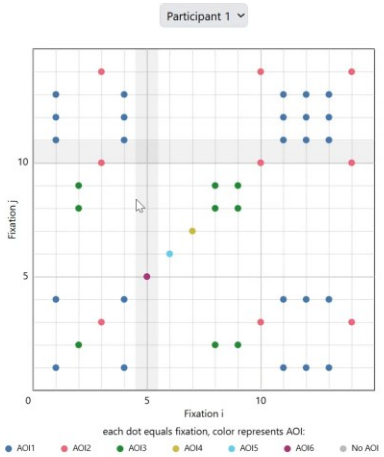
Adjust the minimum length required for diagonal and vertical line structures in recurrence plots

Upload CSV files or drag and drop

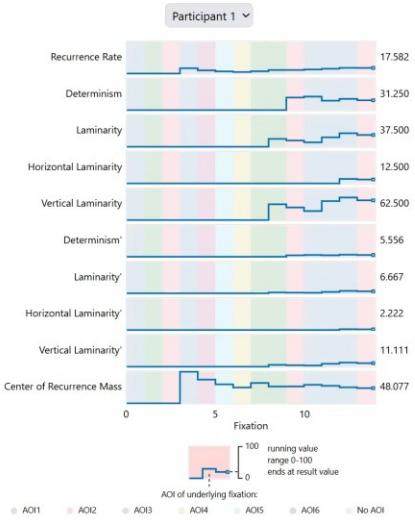
Multiple CSV files supported, one per participant

Required CSV format:
- Columns for `timestamp` and `aoi`
- Multiple AOIs can be separated by semicolons
- Optional columns for `x` and `y` coordinates

Recurrence Plot



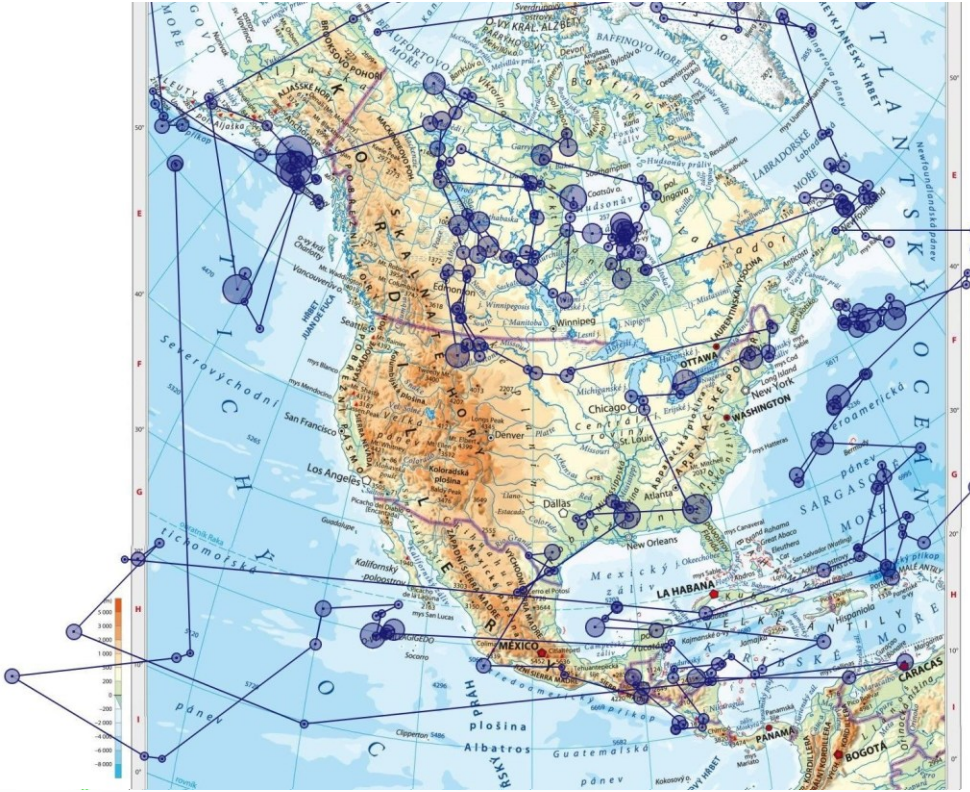
RRQA Worm Plot (Single)



Detailní analýza strategií

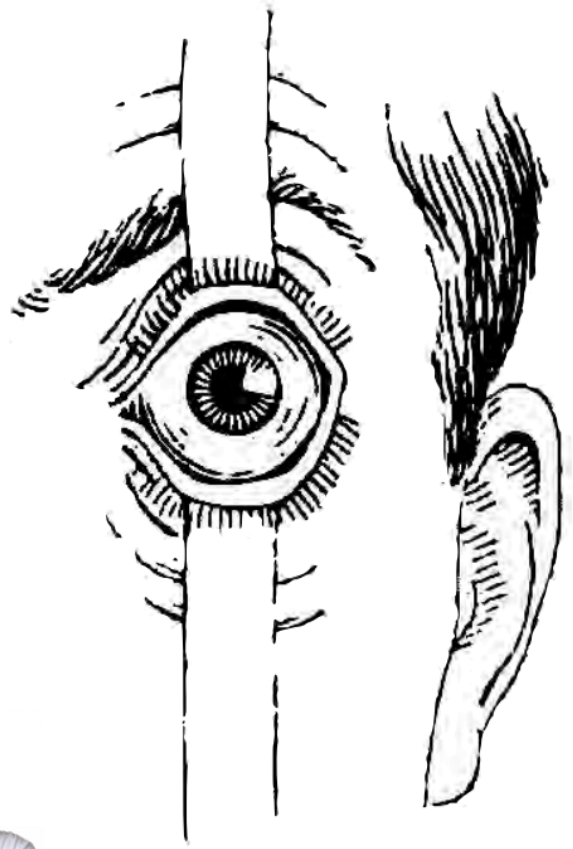
- Prozatím manuálně
- Možnost využití strojového učení a umělé inteligence

- Na toto bychom se chtěli zaměřit v budoucnu



(Beitlová a Popelka, inprint)


Eye-tracking evaluation of USE-IT maps
Video: https://youtu.be/sJEBIhLJQ0o
USE-IT Maps | Free maps, made by locals



Eye-tracking:
Nástroj pro nahlédnutí do hlavy čtenáře mapy

stanislav.popelka@upol.cz
www.eyetracking.upol.cz