W06. Analiza zachowania człowieka

Psychoinformatyka | Wykład 06

2026-11-03

Cele i zakres wykładu

- Rozróżnić zdarzenie, próbę, sesję i uczestnika jako poziomy danych.
- Odczytać czas inicjacji, czas ruchu, geometrię trajektorii i sekwencję kliknięć.
- Zbudować odtwarzalny ciąg: rejestracja → kontrola jakości → wskaźnik → interpretacja.

Przykład przewodni: wybór jednej z dwóch odpowiedzi za pomocą kursora.

Zachowanie jako sekwencja zdarzeń

- Zdarzenie: pojedyncza obserwowalna zmiana, np. `pointermove`, `keydown`, `click`.
- Próba: bodziec, seria działań i zarejestrowana odpowiedź.
- Sesja: wiele prób tej samej osoby, w określonym kontekście urządzenia.

`uczestnik → sesja → próba → zdarzenie`

Kolejność i znaczniki czasu są częścią danych, nie dodatkiem.

Od procesu psychicznego do wskaźnika

- Konstrukt: konflikt między alternatywami, kontrola poznawcza lub wahanie.
- Operacjonalizacja: zadanie z porównywalnymi opcjami i ustalonym początkiem ruchu.
- Wskaźnik: odchylenie od trajektorii prostej, czas inicjacji, korekta kierunku.

Ten sam wskaźnik może mieć więcej niż jedną przyczynę.

Kanały rejestracji interakcji

- Kursor: pozycja, ruch, przyciski myszy, punkt wyboru.
- Klawiatura i dotyk: sekwencja naciśnięć, zwolnień oraz gestów.
- Zadanie: bodźce, warunki, poprawność i zdarzenia interfejsu.

Łącz kanały po identyfikatorach próby i spójnej osi czasu. Nie zapisuj treści wpisywanych przez uczestnika, gdy nie jest potrzebna do badania.

Znaczniki czasu i dziennik zdarzeń

Minimalny zapis jednej obserwacji:

Pole	Znaczenie
`participant_id`, `trial_id`	powiązanie próby z osobą
`t_ms`	czas od początku próby [ms]
`event_type`	bodziec, ruch, kliknięcie
`x`, `y`	pozycja w układzie zdefiniowanym dla zadania

Rozróżniaj czas monotoniczny, zegar systemowy i opóźnienia rejestracji.

Czas reakcji a dynamika odpowiedzi



Rysunek 1: Chronologia od bodźca do odpowiedzi

- Czas inicjacji: od bodźca do zdefiniowanego początku ruchu.
- Czas ruchu: od inicjacji do zarejestrowanej odpowiedzi.
- Czas odpowiedzi: ich suma tylko przy spójnym zdefiniowaniu zdarzeń.

Mouse tracking: śledzenie kursora

- Rejestrujemy pary `(x, y)` wraz z czasem `t` przez całą próbę.
- Z przebiegu można odzyskać kształt, tempo i zmiany kierunku.
- Typowe zadanie: punkt startowy, dwie odpowiedzi i ustalona procedura ruchu.

Podstawa metody: Freeman i Ambady (2010), DOI.

Geometria trajektorii i wybór odpowiedzi

- Punkt startu i położenie odpowiedzi definiują kierunek referencyjny.
- Położenie opcji może zmienić kształt ruchu nawet przy tej samej decyzji.
- Symetrię porównania uzyskuj przez kontrbalansowanie stron odpowiedzi.

Jednostka `px` zależy od konfiguracji ekranu; analizę między urządzeniami oprzyj na zdefiniowanej normalizacji geometrycznej.

Kinematyka: droga, prędkość i przyspieszenie

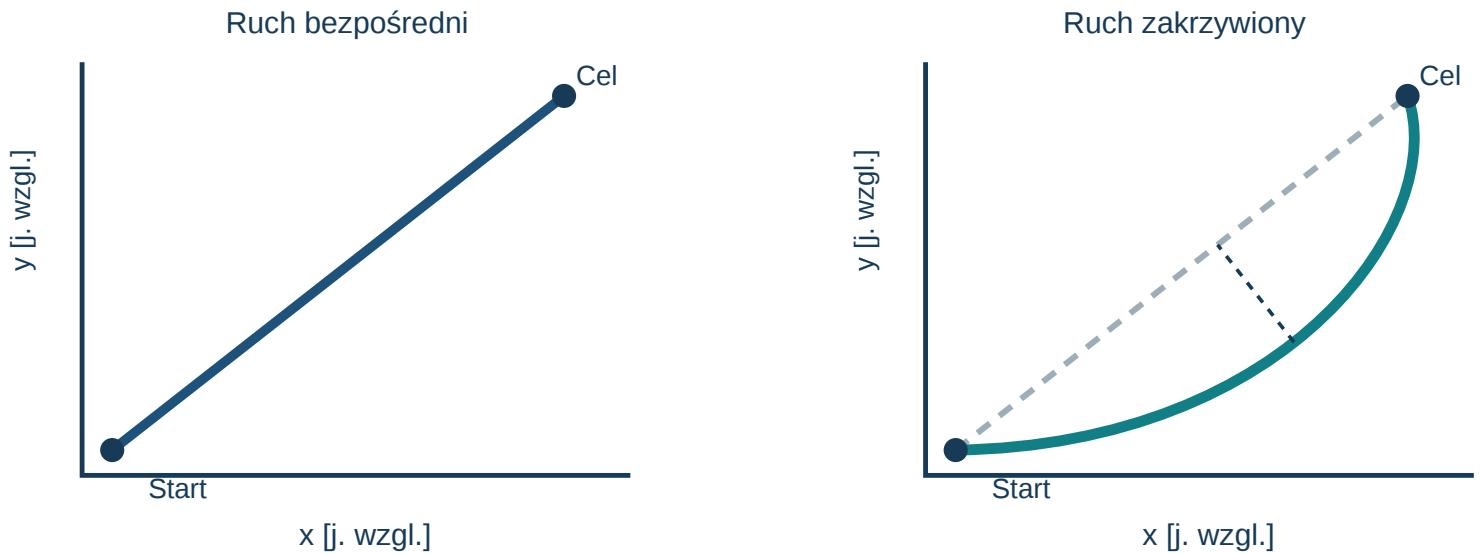
Dla próbek `(x_i, y_i, t_i)`:

[L={i=1}^{n-1}\sqrt{(x_{i+1}-x_i)2+(y{i+1}-y_i)^2}]

[v_i=]

Prędkość wymaga rzeczywistych odstępów czasu; przyspieszenie dodatkowo wzmacnia szum różnicowania.

Maksymalne odchylenie i krzywizna



Rysunek 2: Dwie trajektorie i odchylenie od połączenia start–cel

- MD: największa prostopadła odległość od prostej start–cel.
- AUC: całka z odchylenia ze znakiem względem zdefiniowanej osi postępu.
- W obu przypadkach jawnie podaj znak, orientację i metodę całkowania.

Normalizacja przestrzenna

1. Ustal wspólny początek oraz położenie docelowe.
2. Jeśli odpowiedzi są po przeciwnych stronach, odbij współrzędne zgodnie z regułą.
3. Przeskaluj współrzędne względem geometrii zadania.

Zachowaj zarówno surowe współrzędne, jak i transformację. Nie usuwaj różnic, które są przedmiotem hipotezy.

Normalizacja czasu i resampling

- Czas względny: mapowanie każdego ruchu na zakres 0–100% jego trwania.
- Resampling czasowy: interpolacja w jednakowych odstępach czasu względnego.
- Resampling długościowy: punkty w jednakowych odstępach drogi.
- Interpoluj względem rzeczywistych znaczników czasu, nie samego indeksu próbki.

Normalizacja pozwala porównać kształt, ale nie zastępuje analizy rzeczywistych czasów trwania.

Czynniki zakłócające i artefakty

- Sprzęt: DPI, czułość wskaźnika, akceleracja kursora, częstotliwość zdarzeń.
- Osoba: dominująca ręka, sprawność motoryczna, zmęczenie i doświadczenie.
- Projekt: rozmiar celów, dystans, układ opcji, instrukcja i limit czasu.

Raportuj ustawienia i analizuj ich wpływ przed przypisaniem wskaźnikom znaczenia psychologicznego.

Studium przypadku: dwie odpowiedzi

Hipoteza badawcza: próby z konkurującą informacją mogą różnić się dynamiką wyboru.

- Warunki: bodziec zgodny i niezgodny.
- Stały punkt startu, dwa położenia odpowiedzi, losowana strona poprawnego celu.
- Rejestr: poprawność, inicjacja, ruch, trajektoria i identyfikator uczestnika.

Porównanie: różnica wskaźników między warunkami w obrębie uczestników.

Od surowych punktów do wniosku

Pipeline pomiarowy

`log zdarzeń → segmentacja prób → walidacja czasu → kontrola jakości → transformacja → wskaźniki → analiza`

Na każdym etapie zachowaj: identyfikator, liczbę próbek, powód wykluczenia i wersję procedury.

Dane uczestnika pozostają podstawową jednostką uogólniania w typowym eksperymencie powtarzanych prób.

5 minut przerwy

Pytania do samodzielnego sprawdzenia

1. Dlaczego czas inicjacji różni się od czasu ruchu?
2. Czym MD różni się od długości trajektorii?
3. Co usuwamy przez odbicie trajektorii względem osi symetrii?
4. Dlaczego krzywizna nie stanowi samodzielnego dowodu konfliktu poznawczego?

Sekwencje zachowań: zdarzenie i stan

- Zdarzenie: kliknięcie w opcję, naciśnięcie klawisza, zatwierdzenie odpowiedzi.
- Stan: ekran wyboru, przegląd opcji, ekran potwierdzenia.
- Sekwencja: uporządkowany przebieg stanów lub zdarzeń w jednej sesji.

Nie utożsamiaj wielokrotnego `pointermove` z wieloma niezależnymi decyzjami.

Clickstream: kolejność działań

Przykład hipotetycznej sesji

```
start → opcja_A → powrót → opcja_B → zatwierdź
```

- Liczba zdarzeń nie wystarcza do odróżnienia szybkiej decyzji od rewizji.
- Sekwencję można kodować symbolami i analizować regułami przejść.
- Zdarzenia muszą mieć udokumentowaną semantykę i identyfikator sesji.

Częstość, czas przebywania i przerwy

- Liczność: ile razy wystąpiło zdarzenie danego typu w sesji.
- Dwell time: ile czasu uczestnik pozostawał w zdefiniowanym stanie.
- Inter-event interval: odstęp pomiędzy kolejnymi zdarzeniami.

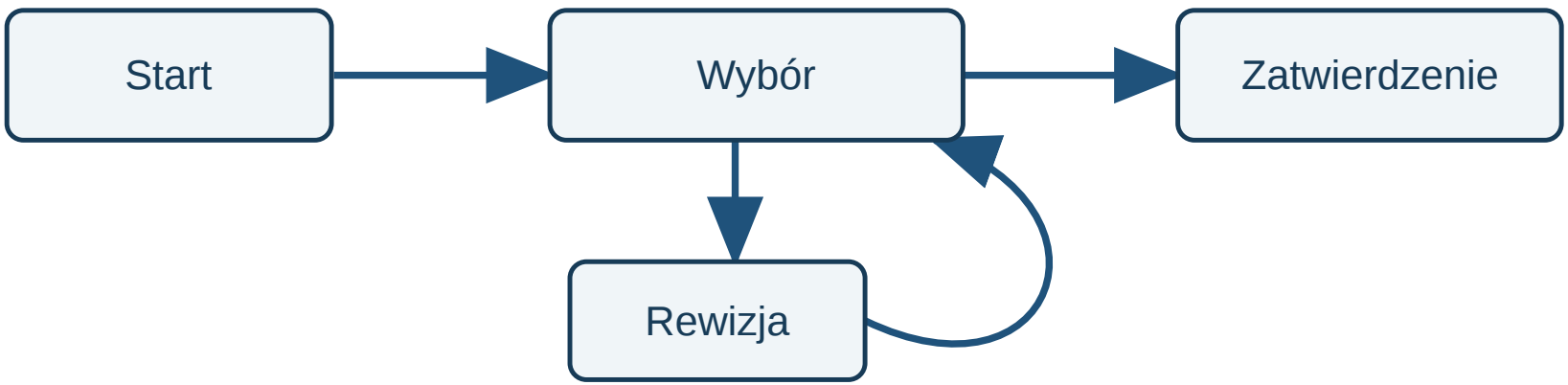
Czas bez aktywności wskaźnika nie jest równoważny brakowi uwagi.

Porównywanie sekwencji

- N-gramy: lokalne wzorce sąsiadujących zdarzeń.
- Odległość edycyjna: liczba operacji potrzebnych do przekształcenia sekwencji.
- Wzorce przejść: częstość zmian między zdefiniowanymi stanami.

Porównuj sesje podobnej długości lub jawnie kontroluj jej wpływ na metryki.

Macierz przejść między stanami



Rysunek 3: Zdarzenia i możliwe przejścia między stanami

[P_{ij}=]

Wiersz macierzy opisuje warunkowy rozkład następnego stanu, o ile stan `i` ma zarejestrowane wyjścia.

Porównywanie strategii decyzyjnych

Dwie jakościowo odmienne ścieżki:

- Strategia A: `start → wybór → zatwierdź`.
- Strategia B: `start → wybór → rewizja → wybór → zatwierdź`.

Analizuj częstotliwość ścieżek na uczestnika oraz ich związek z warunkiem zadania i poprawnością odpowiedzi.

Kontrola jakości trajektorii

- Zidentyfikuj brakujące punkty, duplikaty czasu i skoki kursora.
- Sprawdź rozkład odstępów (t); luki i nierównomierne próbkowanie wpływają na prędkość i krzywiznę.
- Wyklucz próby z nieokreśloną odpowiedzią lub nieodtwarzalnym początkiem ruchu.
- Ustal przed analizą, kiedy interpolacja jest dopuszczalna.
- Raportuj liczebność przed i po filtracji oraz analizę wrażliwości.

Wykres surowej ścieżki jest częścią diagnostyki.

Python: trajektorie syntetyczne

Dwie ścieżki o tym samym początku i końcu; `t` oznacza czas względny.

```
import numpy as np

t = np.linspace(0.0, 1.0, 101)
bezposrednia = np.column_stack((t, t))
zakrzywiona = np.column_stack((t + 0.22 * np.sin(np.pi * t), t))
```

Wartość `0.22` jest parametrem konstrukcji syntetycznej trajektorii, a nie oszacowaniem efektu psychologicznego.

Python: droga i odchylenie

```
def metryki(traj):
    segmenty = np.diff(traj, axis=0)
    droga = np.linalg.norm(segmenty, axis=1).sum()
    b = traj[-1] - traj[0]
    if np.linalg.norm(b) == 0:
        raise ValueError("Początek i cel nie mogą się pokrywać")
    d = traj - traj[0]
    odchylenie = (b[0] * d[:, 1] - b[1] * d[:, 0]) / np.linalg.norm(b)
    return droga, np.max(np.abs(odchylenie))

for nazwa, xy in [("prosta", bezposrednia), ("krzywa", zakrzywiona)]:
    print(nazwa, np.round(metryki(xy), 3))

# Wrażliwość długości i MD na gęstość próbkowania
for punkty in (21, 101):
    u = np.linspace(0.0, 1.0, punkty)
    xy = np.column_stack((u + .22*np.sin(np.pi*u), u))
    print(punkty, "punktów:", np.round(metryki(xy), 3))
```

Wartości to jednostki względne; przy jednakowych końcach droga i maksymalne odchylenie opisują różne własności.

Python: wizualizacja trajektorii

```
import matplotlib.pyplot as plt

fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 4))
ax.plot(bezposrednia[:, 0], bezposrednia[:, 1], label="bezpośrednia")
ax.plot(zakrzywiona[:, 0], zakrzywiona[:, 1], label="zakrzywiona")
ax.set(xlabel="x [j. wzgl.]", ylabel="y [j. wzgl.]",
       title="Trajektorie syntetyczne")
ax.set_aspect("equal", adjustable="box")
ax.grid(alpha=0.2)
ax.legend()
plt.show()
```

Równa skala osi jest warunkiem poprawnej oceny krzywizny.

Python: zliczanie przejść

```python
from collections import Counter

sesja = ["start", "wybor", "rewizja", "wybor", "zatwierdzenie"]
liczniki = Counter(zip(sesja[:-1], sesja[1:]))
wyjscia = Counter(a for a, b in zip(sesja[:-1], sesja[1:]))

for (a, b), n in sorted(liczniki.items()):
    print(f"{a} → {b}: P={n / wyjscia[a]:.2f}")
```

Wyniki opisują jedną skonstruowaną sekwencję, nie populację uczestników.

Interpretacja i jednostka analizy

- Próba: wskaźnik ruchu lub przebieg stanów w pojedynczym zadaniu.
- Uczestnik: średnia, mediana lub model z efektami losowymi dla powtarzanych prób.
- Warunek: kontrast mierzony na odpowiednio zdefiniowanej jednostce analizy.

Tysiąc trajektorii od 20 osób nie odpowiada próbie tysiąca niezależnych osób.

Prywatność i etyka pomiaru zachowania

- Minimalizacja: rejestruj tylko zdarzenia niezbędne do pytania badawczego.
- Przejrzystość: informuj o zbieranych kanałach, celu, retencji i możliwościach rezygnacji.
- Bezpieczeństwo: oddziel identyfikatory uczestników, ogranicz dostęp i czas przechowywania.
- Interpretacja: nie stosuj wskaźników motorycznych do nieuzasadnionej oceny osób.

Literatura i narzędzia

- Freeman, J. B., Ambady, N. (2010). MouseTracker: Software for studying real-time mental processing using a computer mouse-tracking method. Behavior Research Methods, 42(1), 226–241. DOI.
- Kieslich, P. J., Henninger, F. (2017). Mousetrap: An integrated, open-source mouse-tracking package. Behavior Research Methods, 49(5), 1652–1667. DOI.
- Wulff, D. U., i in. (2025). Movement tracking of psychological processes: A tutorial using mousetrap. Behavior Research Methods, 57, artykuł 307. DOI.
- van der Aalst, W. M. P. (2022). Process Mining: A 360 Degree Overview. W: Process Mining Handbook, LNBIP 448, 3–34. Springer. DOI.

Wnioski i samodzielna praca

- Rejestracja interakcji ujawnia przebieg działania, ale nie zapewnia bezpośredniego wglądu w procesy psychiczne.
- Przed interpretacją kontroluj czas, układ odpowiedzi, urządzenie, jakość próbkowania i transformacje.
- Analizę sekwencji i trajektorii prowadź z uwzględnieniem zależności prób tej samej osoby.
- Uruchom przykłady kodu i zmień amplitudę krzywizny z `0.22` na `0.10`; porównaj metryki.