

# Analitika učenja i veštačka inteligencija kao osnova za personalizovane sisteme u obrazovanju

Prof. dr Miroslava Raspopović  
Računarski fakultet

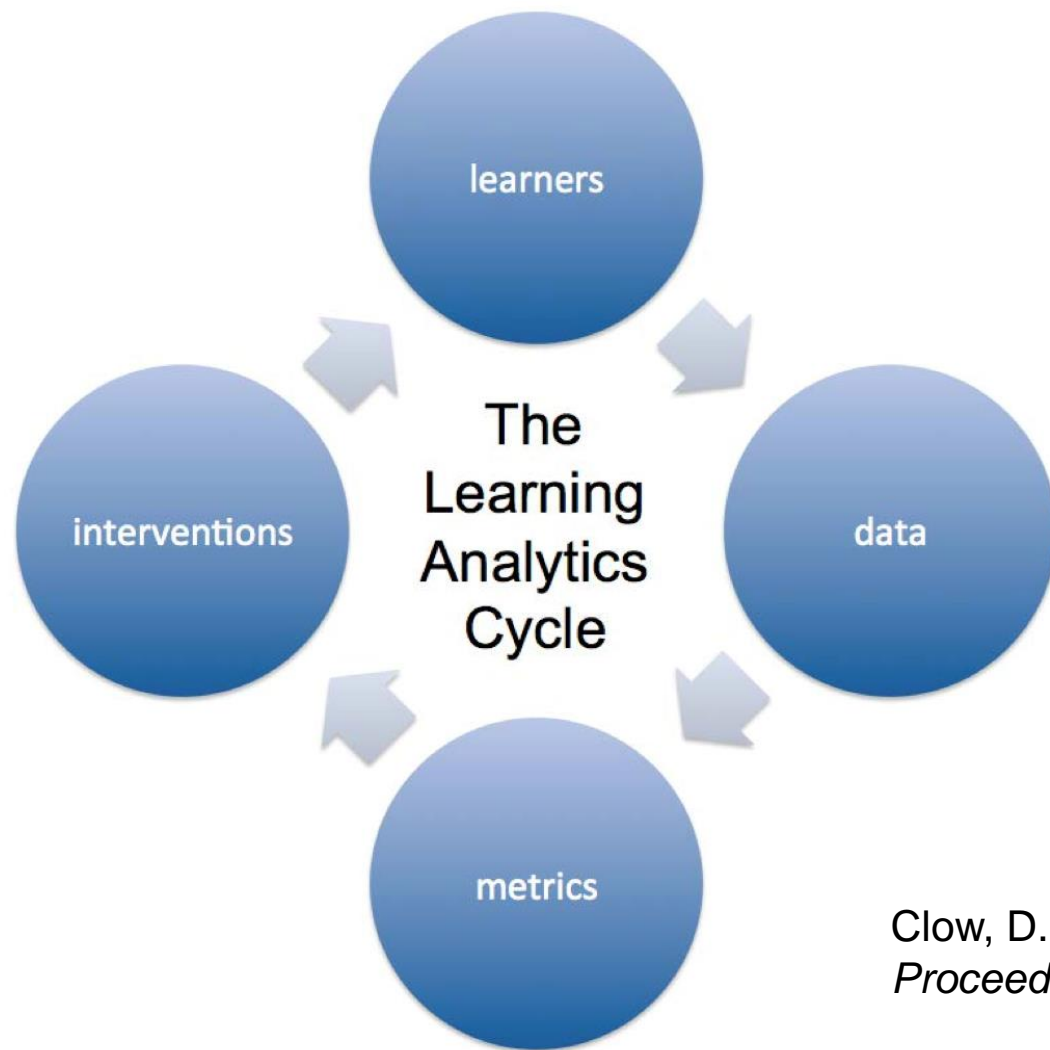
# Sadržaj

- Analitika učenja i izazovi
- Individualne razlike
- Primena xAI

# Analitika učenja

- Analitika učenja (engl. learning analytics) predstavlja prikupljanje, merenje, analizu i izveštavanje podataka o učenju u cilju razumevanja i unapređenje procesa učenja
- Osnovna ideja korišćenje podataka je da se:
  - bolje razume kako studenti uče
  - optimizuju nastavni procesi i okruženje
- Omogućava donošenje odluka zasnovanih na podacima i personalizaciju učenja
- Izazovi:
  - Koje podatke prikupljati?
  - Koje metode koristiti?
  - Kako pravilno interpretirati rezultate?
  - Šta sa interpretiranim podacima? U realnom vremenu? Koje intervencije primeniti?

# Analitika učenja



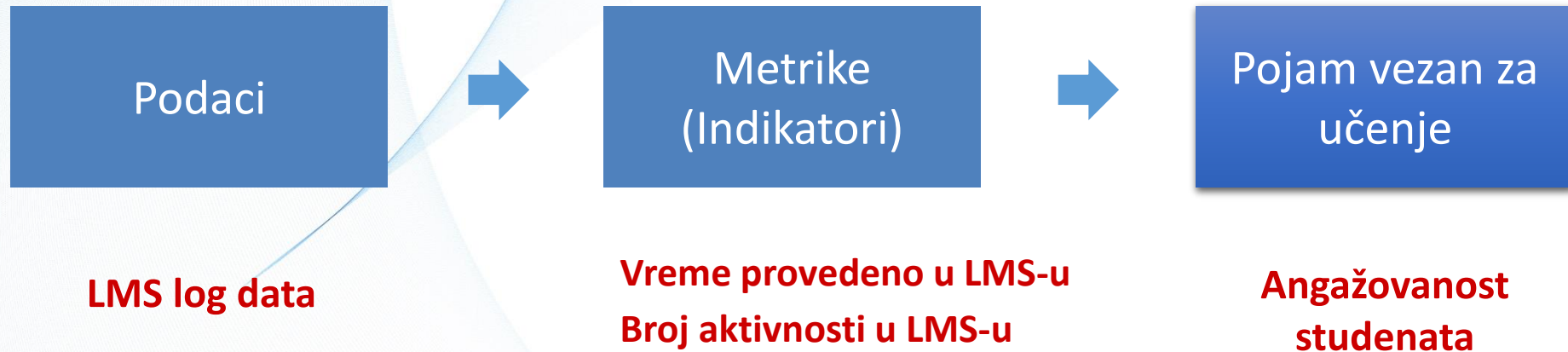
- Faze generičkog ciklus analitike učenja:
  - identifikovanje studenata i konteksta u kojem se učenje odvija;
  - prikupljanje relevantnih podataka;
  - odabir i primena analitičkih metrika i metoda prikladnih za studenta, kontekst učenja i podatke
  - delovanje na osnovu rezultata analitike, često kroz različite oblike pedagoških intervencija.

Clow, D. (2012). The learning analytics cycle: closing the loop effectively. In *Proceedings of the 2nd LAK Conference* (pp. 134-138).

# Analitika učenja

- **Deskriptivna analitika**
  - Odgovara na pitanje: Šta se desilo?
  - Opisuje obrasce ponašanja i angažovanja studenata.
  - Primer: pregled aktivnosti u LMS-u, statistike prijave, vremenski tokovi.
- **Dijagnostička analitika**
  - Odgovara na pitanje: Zašto se to desilo?
  - Identifikuje uzroke problema ili niskog angažmana.
  - Primer: analiza faktora koji utiču na pad performansi.
- **Prediktivna analitika**
  - Odgovara na pitanje: Šta će se desiti?
  - Predviđa ishode poput rizika od odustajanja ili neuspeha.
  - Primer: modeli za identifikaciju „at-risk“ studenata.
- **Preskriptivna analitika (analitika intervencija)**
  - Odgovara na pitanje: Šta treba uraditi?
  - Predlaže konkretne intervencije i akcije.
  - Primer: preporuke nastavnicima za personalizovanu podršku.

# Izvlačenje uvida iz podataka



# Multimodalni podaci

- LMS podaci, ali i podaci koji ne potiču iz LMS-a ili obavezno iz institucionalnih alata. Na primer:
  - Eksterni upitnici
  - Podaci o praćenju YouTube videa
  - Podaci o AI alatima koje studenti koriste
  - Interakcije studenata putem instant messaging alata
- Glavne karakteristike multimodalnih podataka
  - Različite strukture podataka
  - Različit obim
  - Dostupnost
  - Različita pravila pristupa
  - Nemogućnost efikasne obrade

# Stvari koje treba uzeti u obzir kod metrika

- Da li je metrika relevantna za dati cilj učenja?
  - Ne postoji dobra ili loša metrika sama po sebi - metrika je dobra samo ako je povezana sa ciljem učenja.
  - Zato je prvo pitanje koje postavljamo: šta želimo da unapredimo ili razumemo?
- Da li je metrika zasnovana na teoriji?
  - Ako metrika nije povezana sa teorijom učenja, postoji rizik da pogrešno tumačimo podatke.
  - Na primer, ako želimo da merimo angažovanost, moramo znati šta angažovanost znači u teorijskom smislu - kognitivno ili emocionalno.
- Da li mera oslikava metriku na pravi način?
  - Na primer, broj klikova može biti mera aktivnosti, ali ne mora nužno biti mera angažovanosti u učenju.

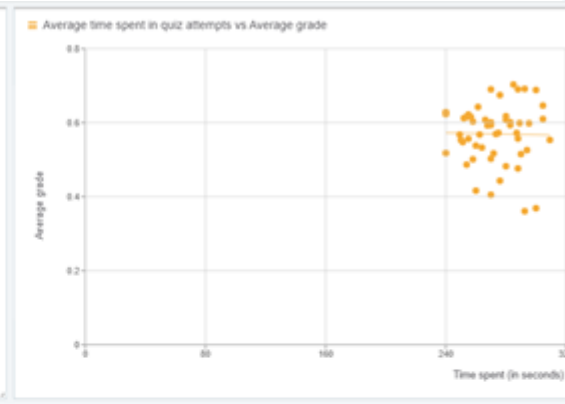
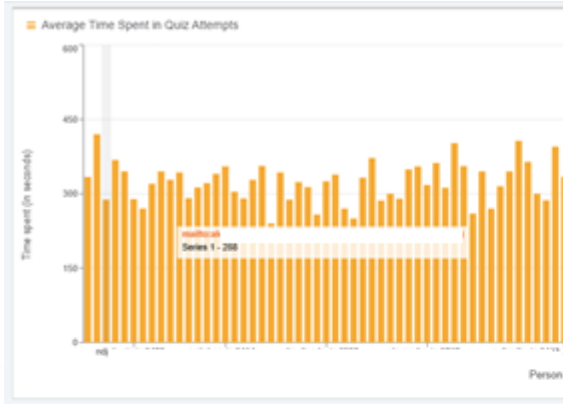
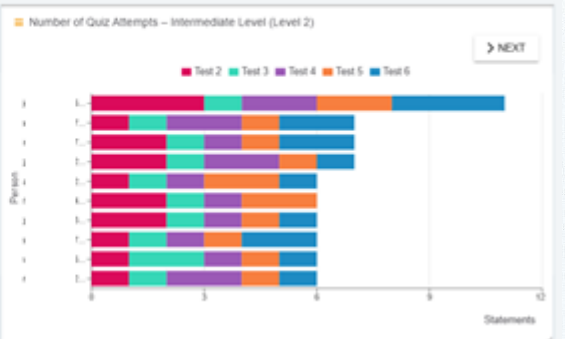
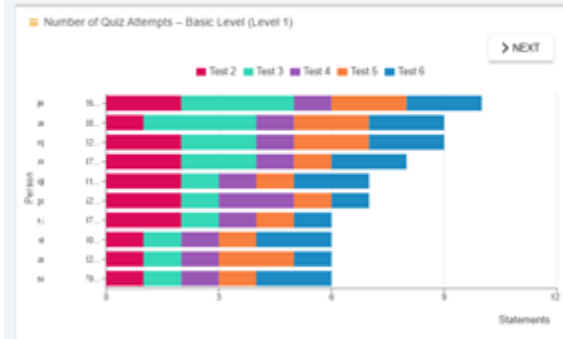
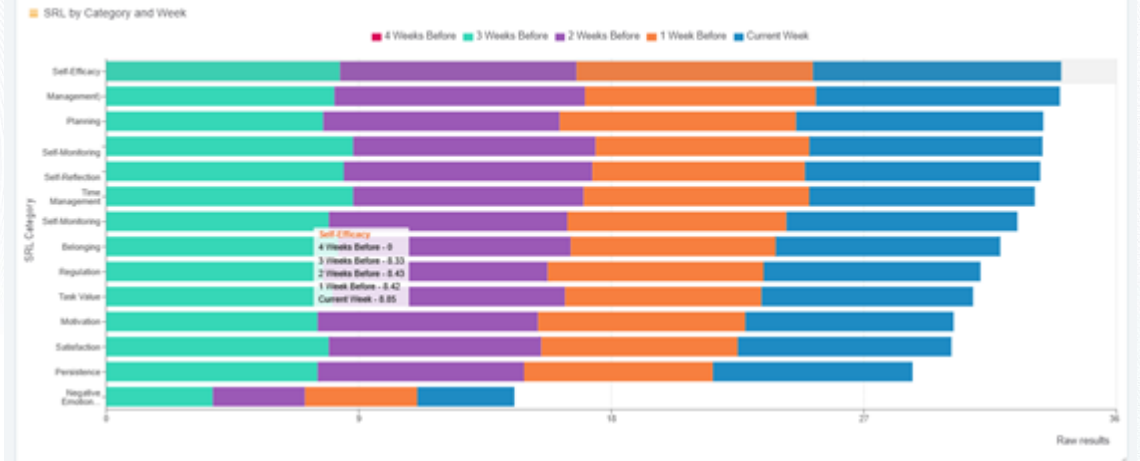
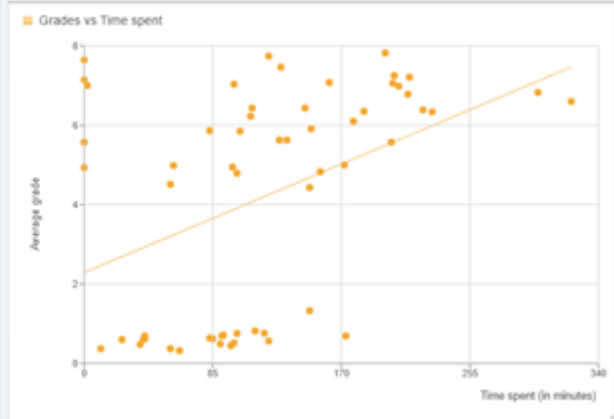
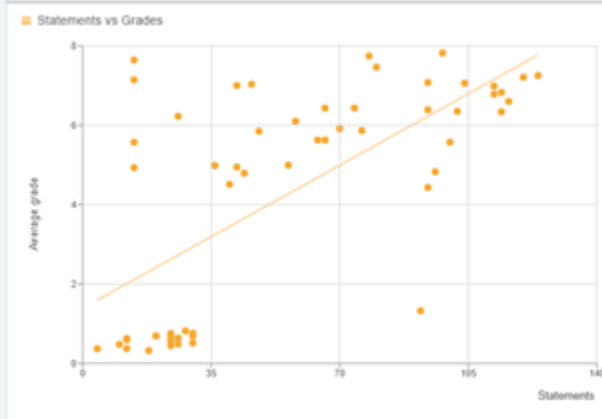
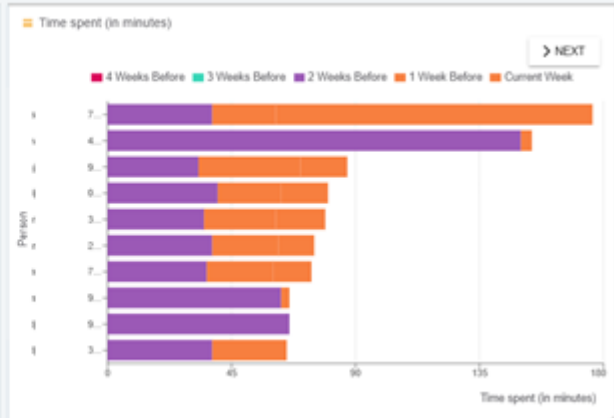
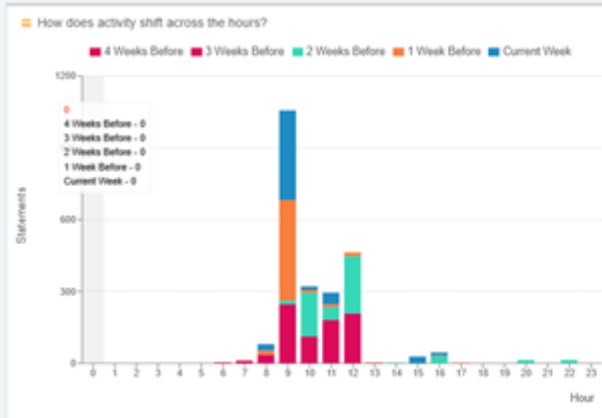
# Stvari koje treba uzeti u obzir kod metrika

- Koliko detaljno metrika treba da bude definisana?
  - Grube metrike, poput podele na 'aktivan' i 'neaktivan', daju samo signal da postoji problem, ali ne i objašnjenje, pa nisu dovoljne za kvalitetnu intervenciju.
  - Previše detaljne metrike, kao praćenje svakog klika, stvaraju veliku količinu podataka bez jasnog značenja i mogu nas odvući od stvarnih uvida.
- Koja je odgovarajuća vremenska dimenzija metrike?
  - Jednokratno merenje često nije dovoljno, mnogo su korisniji trendovi kroz vreme

# Primer dobre metrike

*Procenat obaveznih aktivnosti iz predmeta koje je student završio u predviđenom roku tokom prvih 4 nedelje*

- Zašto je dobra:
  - direktno je vezana za **ishode i strukturu predmeta**, ne za tehničku aktivnost
  - meri **učešće u nastavnim aktivnostima**, a ne samo prisustvo u LMS-u
  - ima jasnu **vremensku dimenziju**
  - omogućava **ranu identifikaciju studenata u riziku**
  - lako se prevodi u konkretnu intervenciju



Rezultati Erasmus+ ILEDA i ISILA projekata

# Izazovi

- Ključni izazovi za analitiku učenja:
  - tehnička kompleksnost i dalje predstavlja značajnu prepreku i za nastavnike i za studente;
  - postojeći sistemi LA su pretežno zasnovani na predikciji i frekvenciji, često se oslanjaju na kontrolne table (dashboard-e) koje su teške za interpretaciju i razumevanje, i kojima nedostaje analitika usmerena na proces.
- Uloga veštačke inteligencije
  - Preporuke i objašnjenja
  - Komunikacija razumljiva ljudima
- Brza primena AI bila je praćena nizom zapaženih slučajeva u kojima su pogrešne odluke dovele do ozbiljnih posledica u stvarnom svetu
  - Potreba za transparentnošću i boljem razumevanju

# Tačnost prediktivnih modela

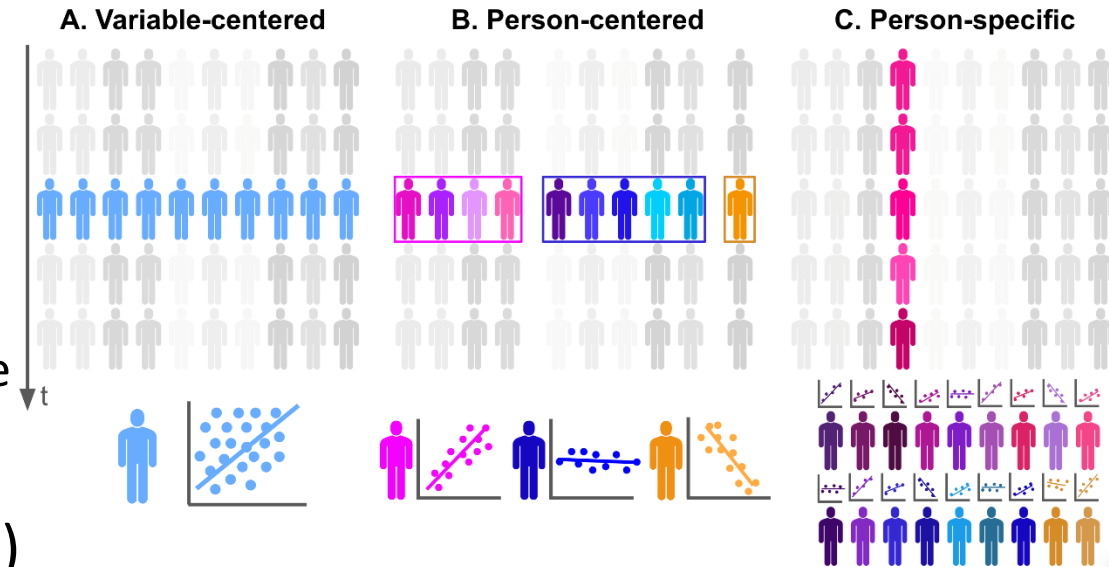
- Algoritamsko ocenjivanje A-level ispita (UK) - tokom pandemije, ispiti su zamenjeni prediktivnim modelom
- Model je koristio: istorijske rezultate škola, rang učenika u okviru škole, prethodne rezultate učenika
- ~40% učenika dobilo niže ocene od očekivanih
- Učenici iz „slabijih“ škola automatski ograničeni:
  - ako škola ranije nije imala najbolje ocene → učenik ih teško može dobiti
- Model je pojačao postojeće nejednakosti

# Problem sa „prosekom“

- Dizajn pilotske kabine (US Air Force) zasnovan je na „prosečnom pilotu“
  - rezultat: nijedna osoba ne odgovara proseku u svim dimenzijama
  - čak i sa 3 dimenzije (originalno 10 dimenzija) → < 3.5% uklapanja
- Pretpostavlja da su ljudi homogeni
- Ljudi su heterogeni: različite karakteristike, različiti obrasci ponašanja, isti faktor (npr. motivacija) ne utiče jednako na sve
- „Prosečna vrednost“ se tretira kao norma
- Individualne razlike se posmatraju kao odstupanja, a ne kao pravilo
- Proseci mogu sakriti važne razlike u podacima
- Ignorisanje heterogenosti i varijabilnosti među studentima nosi rizik od uopštavanja rešenja koja mogu biti delotvorna za neke, ali neefikasna ili čak štetna za druge.

# Kako analizirati podatke za efikasne i personalizovane preporuke

- Grupni pristup (group-based)
  - Polazi od pretpostavke da su ljudi slični
  - Koristi proseke i opšte obrasce
  - omogućava generalizaciju, ali može sakriti individualne razlike (vodi ka „one size fits all“ rešenjima)
  - Analiza odnosa između varijabli na nivou populacije
  - Metode: Korelacija, t-test, ANOVA, regresiona analiza
- Individualni pristup (heterogenost / idiografski)
  - Polazi od toga da je svaki pojedinac jedinstven
  - Fokus na razlike između i unutar pojedinaca
  - omogućava personalizaciju, zahteva veliku količinu podataka po osobi
  - Pristupi: person-centered, person-specific



*Saqr, Mohammed, and Sonsoles López-Pernas. Advanced Learning Analytics Methods: AI, Precision and Complexity. Springer, 2025.*

# Poređenje individualnih pristupa

## **Person-centered pristup**

- Grupisanje pojedinaca u homogene podgrupe (klastere)
- Umesto jedne populacije teži ka otkrivanju skrivenih struktura u podacima
- Identifikuje podgrupe sa sličnim karakteristikama
- Svaka grupa ima sopstvene parametre
- Primer pitanja:
  - „Koje podgrupe studenata postoje na osnovu motivacije ili sposobnosti?“
- Pogodan za personalizaciju (?)

## **Person-specific pristup**

- Fokus na jednom pojedincu kao jedinici analize
- Analiza promena i obrazaca unutar iste osobe kroz vreme
- Direktno proučavanje individualnih procesa (učenje, emocije, ponašanje)
- Fokus je na dinamici promena i individualnom ponašanju
- Dubinsko razumevanje, najveći nivo personalizacije

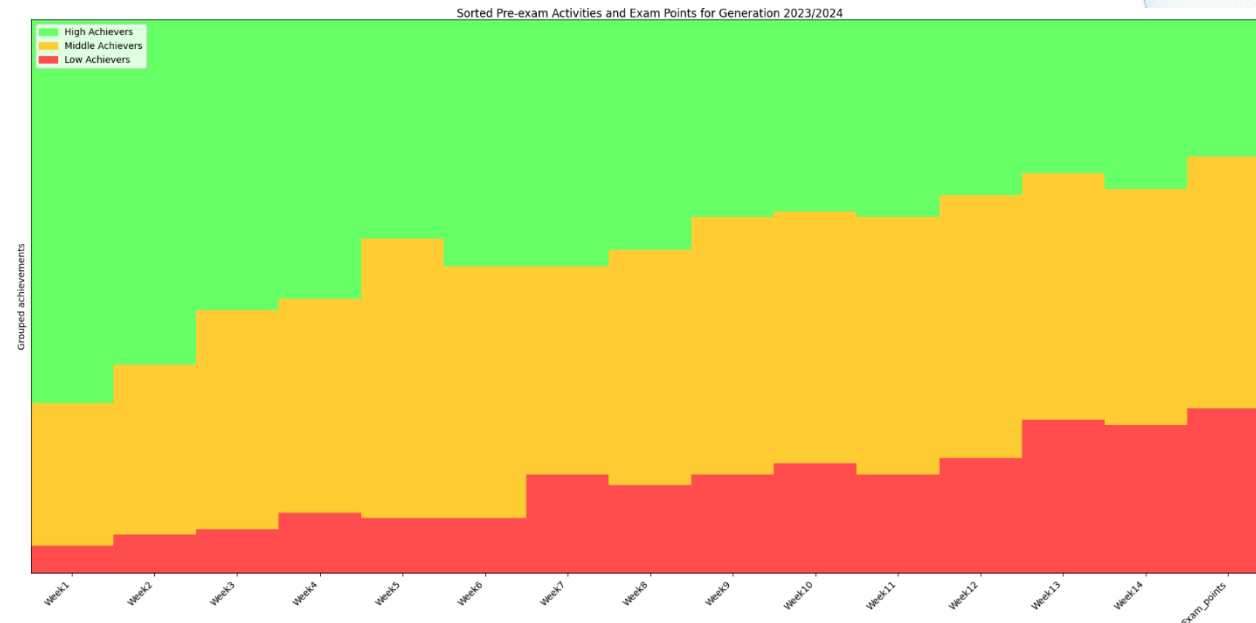
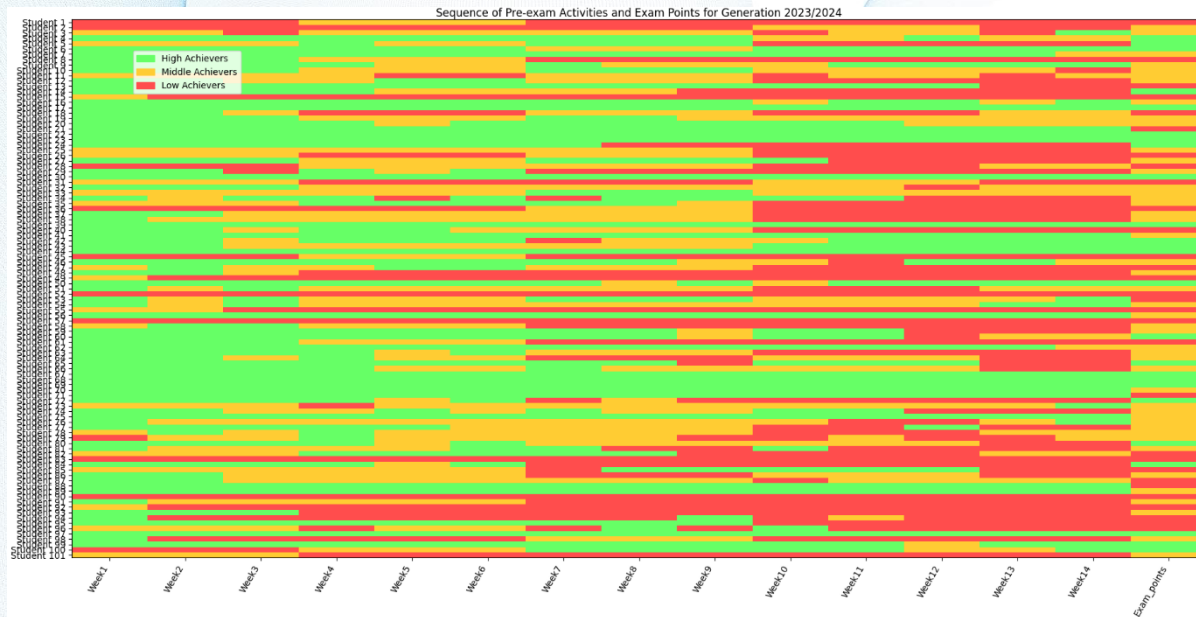
# Praćenje napretka i generisanje personalizovanih preporuka

- Analitika učenja pruža uvid u napredak studenata i omogućava pravovremenu podršku
- Postavlja se pitanje: Šta znači ova prognoza i kako je doneta?
- Explainable AI (xAI) pruža transparentna i razumljiva objašnjenja za predikcije, omogućavajući informisane odluke i korisne akcije
- Cilj istraživanja:
  - Razviti model učenja studenata koji integriše: klasterovanje, klasifikaciju i xAI
  - Podrška za: identifikaciju trenutnog stanja u učenju i generisanje jasnih i primenljivih preporuka
- Faze istraživanja:
  - Modelovanje napretka studenata i otkrivanje obrazaca u učenju
  - Integracija xAI za objašnjenja koja su razumljiva studentima i nastavnicima

# Praćenje napretka i generisanje personalizovanih preporuka

- Struktura predmeta
  - Trajanje: 15 nedelja
  - Evaluacije: testovi (5), zadaci (14), projekat (1)
- 82 studenta
- Podaci/atributi: 20 karakteristika, svaka vezana za specifičan zadatak ili evaluaciju
- Analiza podataka za identifikaciju obrazaca u učenju
- Grupisanje studenata (clustering) po sličnosti napretka
- Odabrana metoda: agglomerative hierarchical clustering (Ward's linkage) – omogućava interpretaciju kroz dendogram
- Broj klastera unapred definisan na osnovu Elbow metode, silhouette score, stručnog znanja iz oblasti
- Rezultat: 3 klastera (nizak, srednji, visok nivo angažovanosti)

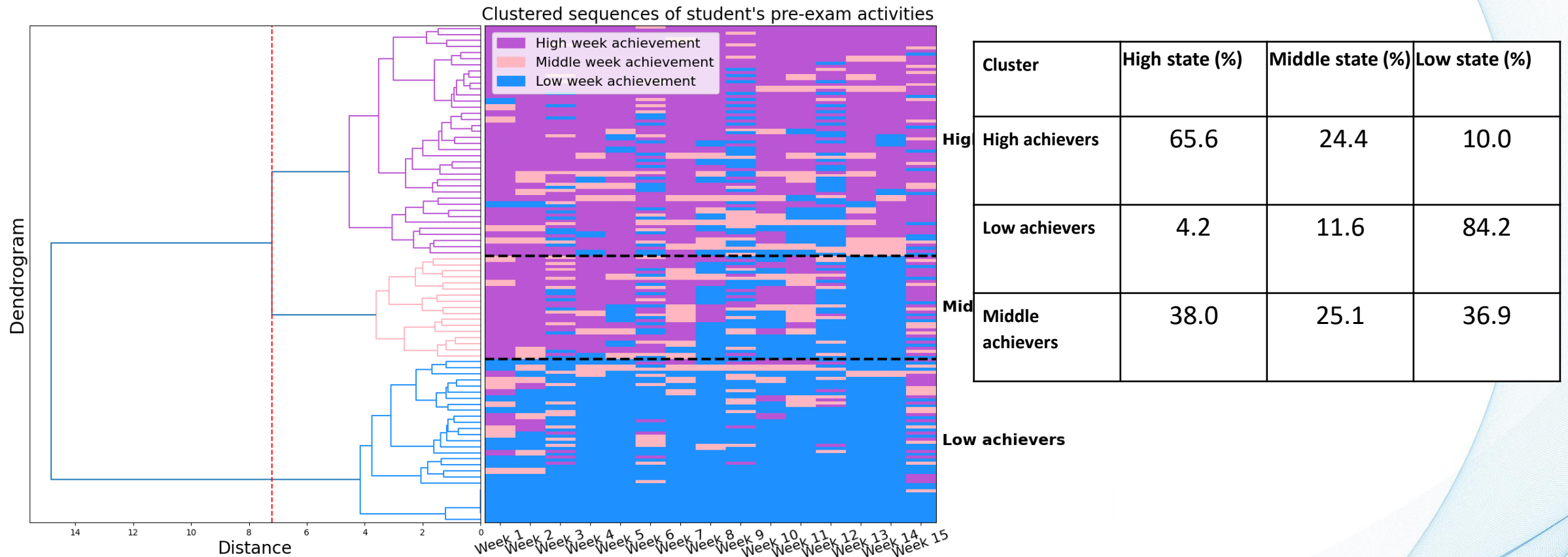
# Sekvence studentskih aktivnosti



*Kisic, Emilija, Miroslava Raspopovic Milic, Jovana Jovic, Nemanja Zdravkovic, and Faruk Selimovic. "Comparative Analysis of Student Performance Across Different Cohorts in Higher Education." In eLearning, pp. 24-31. 2024.*



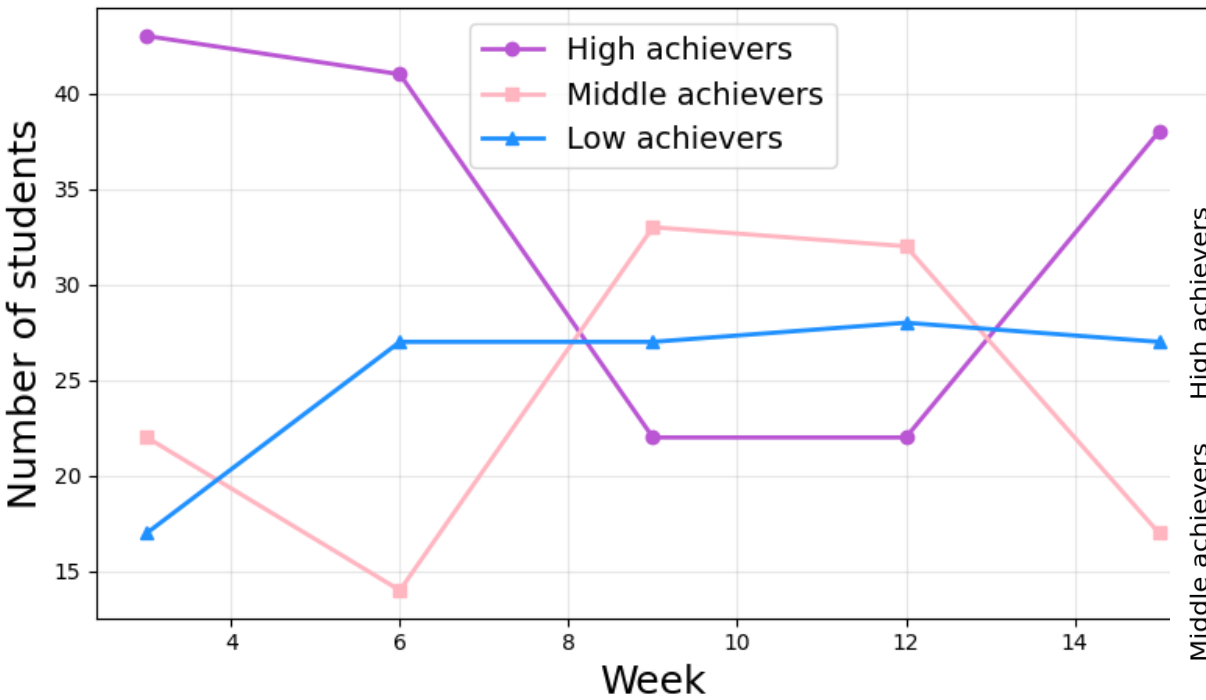
# Dendrogram i dijagram sortirane sekvence indeksa za svaki klaster



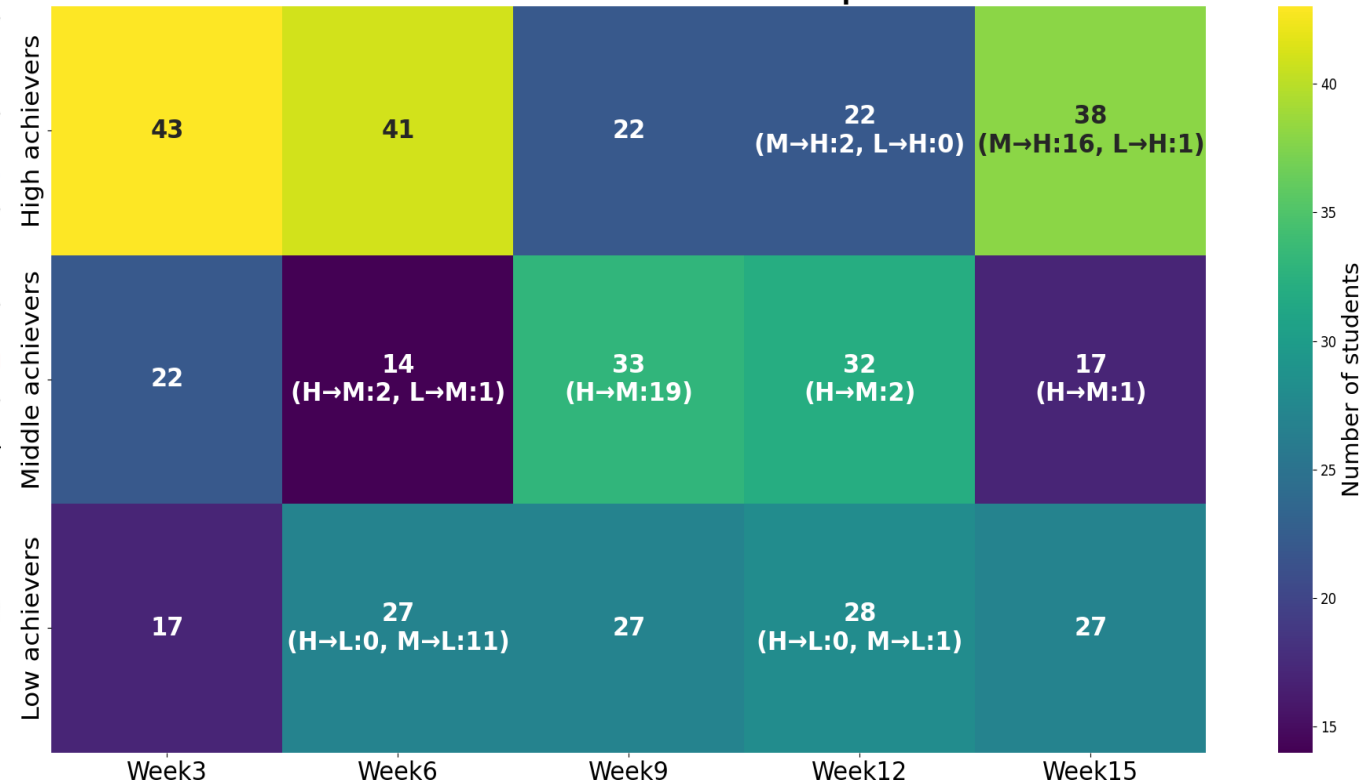
Kisić, Emilija, Miroslava Raspopović Milić, Jovana Jović, and Nemanja Zdravković. "Tracking student progress and generating personalized recommendations using clustering and explainable artificial intelligence." *Universal Access in the Information Society* 25, no. 1 (2026).

# Tranzicije između klastera

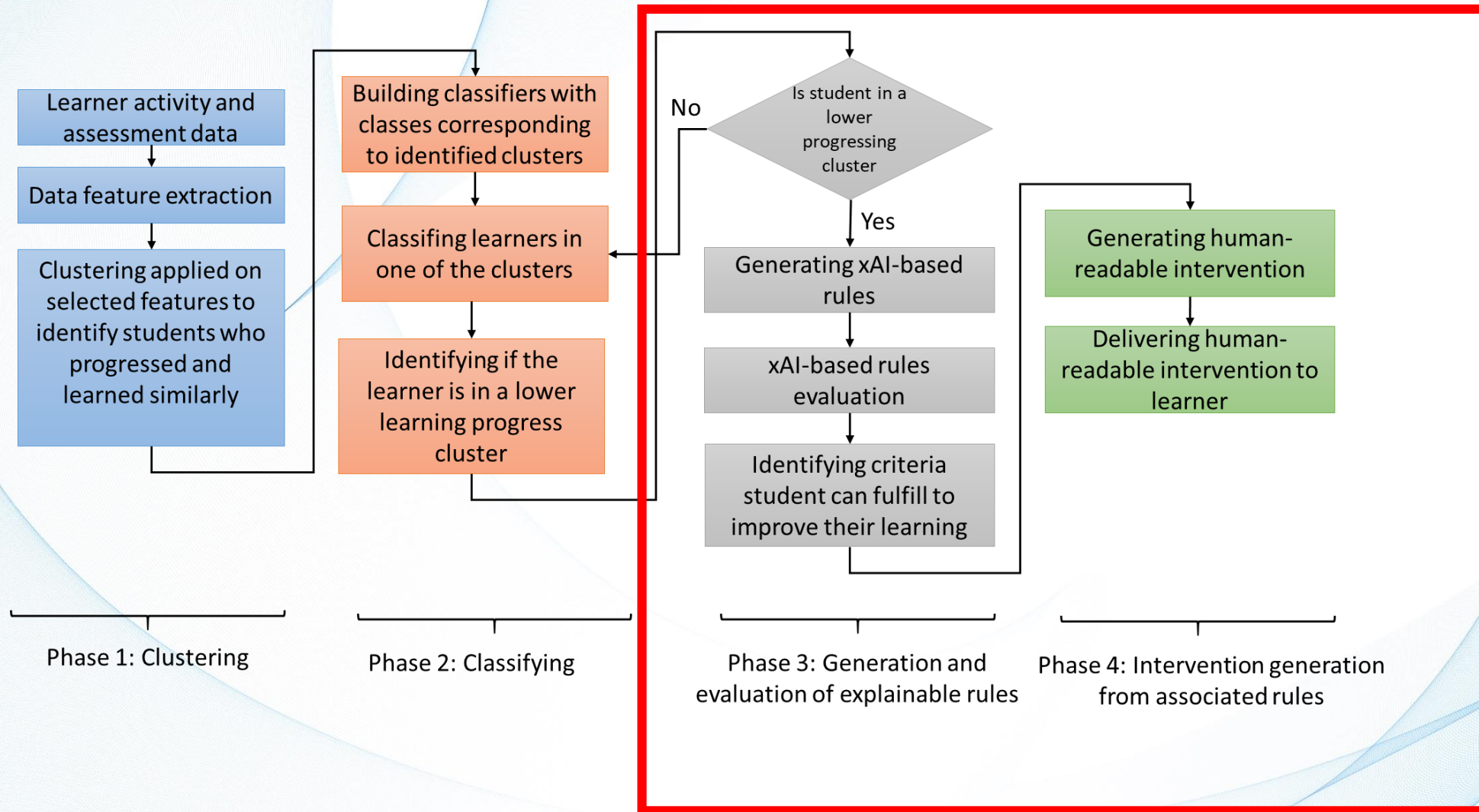
Cluster size evolution over time



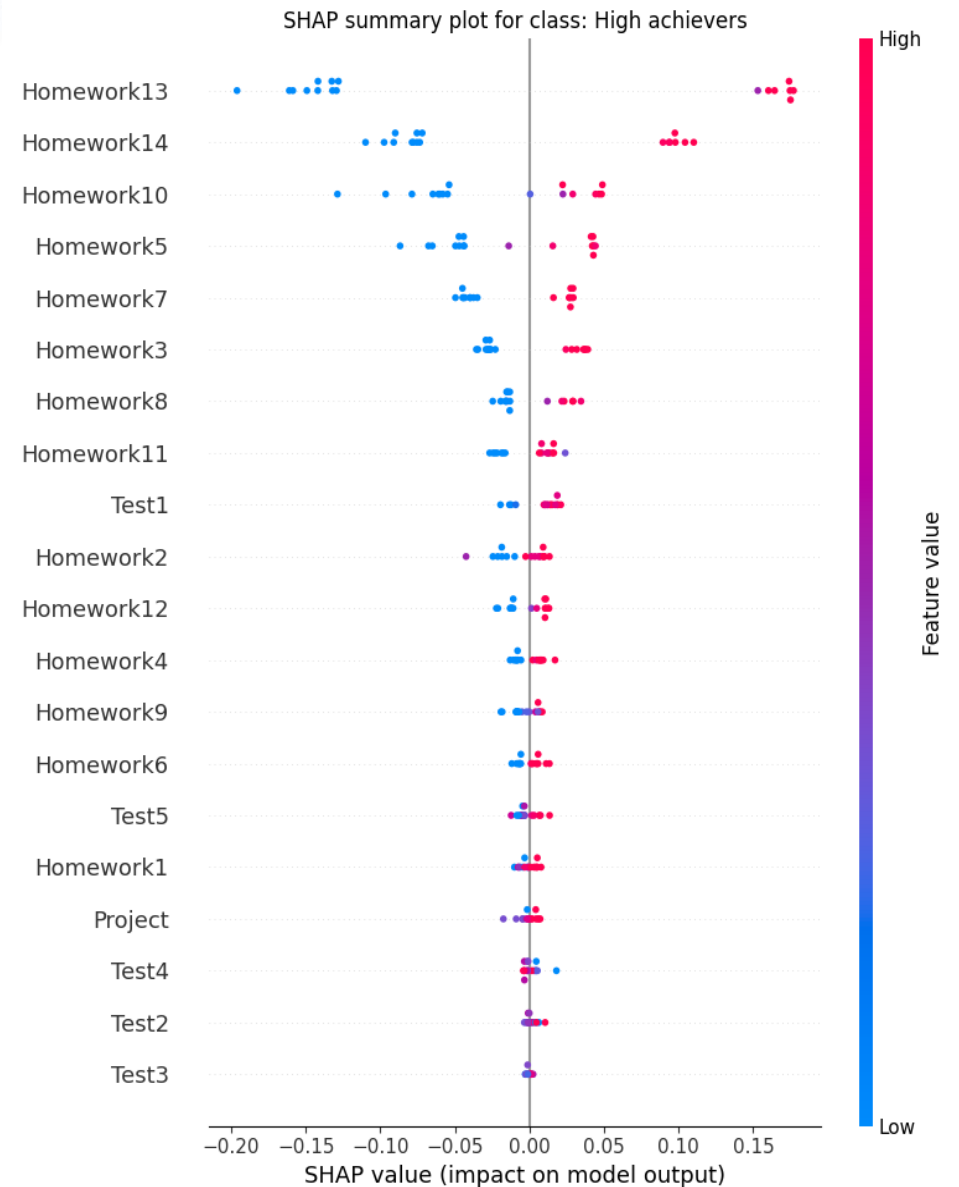
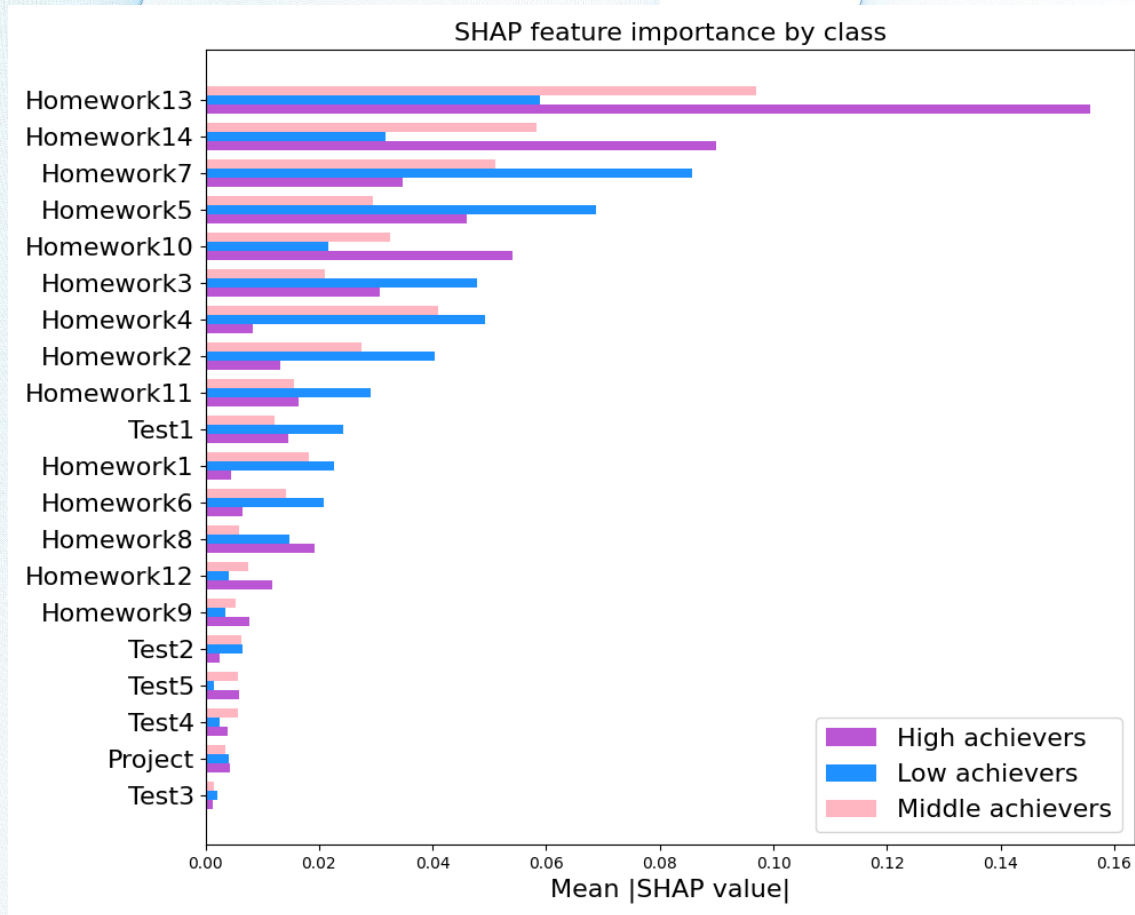
Transitions between clusters at breakpoints



# xAI pravila i preporuke



# SHAP (SHapley Additive exPlanations)



# Anchor pravila

Class	Rule_Description	Precision [%]	Coverage [%]
High achievers	Homework13 > 0.00 AND Homework14 > 0.00	100.0%	41.9%
High achievers	Homework13 > 1.40 AND Homework14 > 0.00	100.0%	23.0%
Middle achievers	Homework13 <= 0.00 AND Homework14 <= 0.00 AND Homework4 > 0.00 AND Homework11 > 0.75	100.0%	14.8%
Middle achievers	Homework13 <= 0.00 AND Homework14 <= 0.00 AND Homework3 > 1.30	100.0%	13.6%
Low achievers	Homework5 <= 1.30 AND Homework4 <= 0.00 AND Homework3 <= 1.30	100.0%	31.3%
Low achievers	Homework5 <= 0.00 AND Homework4 <= 0.00 AND Project <= 23.00	100.0%	18.1%

# Smart Learning Assistant

## Student 10

Student Dashboard Rule-Based Insights Recommendations

Group: Middle achievers

Round: After Week 15

Overall average score of all pre-exam activities:  
69.0%

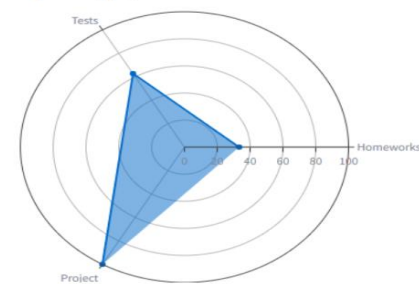
Completed tasks: 11/20

Target: High achievers

Progress Over Time (%)



Performance by Activity (%)



Task Completion Overview



# Smart Learning Assistant

## Student 10

Student Dashboard Rule-Based Insights Recommendations

Where do you currently stand? You are currently in the **Middle achievers** group. You're doing okay, but there's room to grow.

Why do we believe you can improve? You're a borderline case, meaning you're very close to reaching the **High achievers** group.

What can you focus on to move forward?

1. Increase Homework14 to 0.10 (currently 0.00)
2. Increase Homework13 to 0.10 (currently 0.00)
3. Increase Homework8 to 1.40 (currently 0.00)

# Smart Learning Assistant

## Student 10

Student Dashboard Rule-Based Insights Recommendations

Hi there! It looks like your progress is a bit behind our target for high achievers. Let's focus on getting some solid homework grades!

First, let's aim to complete **Homework13** and **Homework14** with scores of at least **0.10**. This will help us build momentum and get back on track!

Additionally, **Homework8** could use a boost too. Let's set a goal for a score of **1.40**. Remember, consistency is key! 🌟

However, it seems like you might be struggling a bit with these assignments, as they are all below our target grade so far. This could potentially be due to the content being particularly challenging or if there's something else going on that we should discuss.

Let's also take a closer look at **Test1**, where you scored over 2.45. This might indicate an area where you need extra help, so let's make sure we review and understand the material thoroughly! 📖

I believe in your ability to succeed and move up to our high achievers group. Don't worry if it takes a bit of time—we can work through this together! 🤝

Remember, ask for help if you need it, and keep pushing yourself to learn and grow. I have faith that we can reach our goals! 🌟🚀

Kisić, Emilija, Miroslava Raspopović Milić, Jovana Jović, and Nemanja Žaravković. "Tracking student progress and generating personalized recommendations using clustering and explainable artificial intelligence." *Universal Access in the Information Society* 25, no. 1 (2026).

# Self-Regulated Learning (SRL)

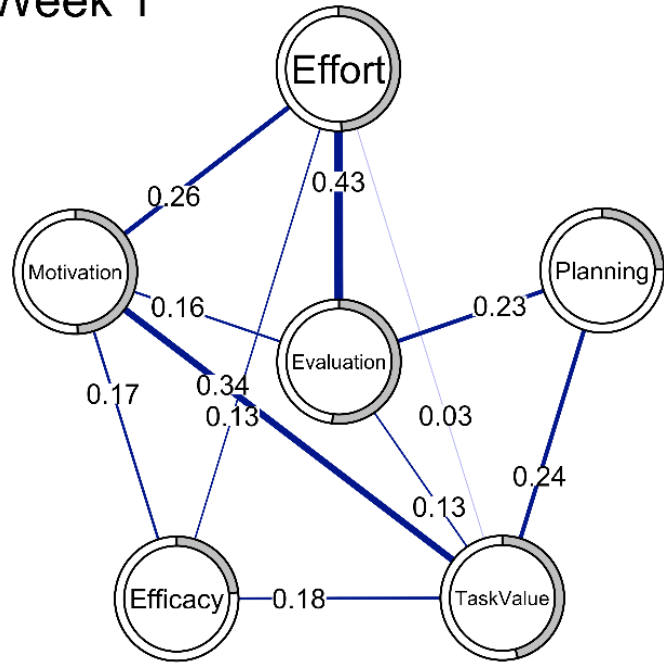
- Samoregulisano učenje je proces kojim studenti samostalno regulišu misli, osećanja i ponašanja da bi postigli ciljeve učenja
- Dimenzije SRL: planiranje, praćenje, refleksija
- Tri nivoa analize SRL:
  - Promene u prosečnim nivoima pojedinačnih komponenti SRL kroz trajanje predmeta (linearne promene procesa učenja)
  - Promene u relacijama između komponent (promene u strukturi i međusobnom uticaju komponenti)
  - Vremenski obrasci zajedničke promene (brzina, stabilnost i reorganizacija klastera komponenti kroz vreme)

# Delovi upitnika (n=241)

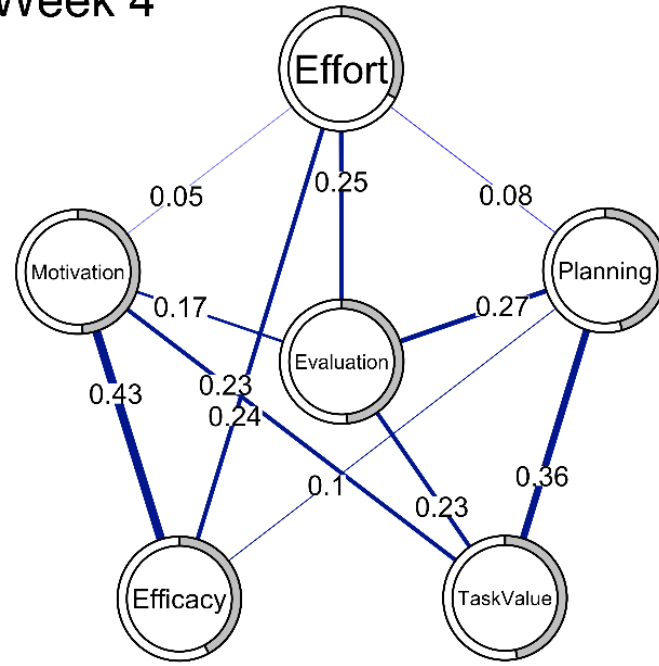
Construct	Item	M	SD
<b>Motivation</b>	I feel enthusiastic/motivated to learn, understand, and get better grades	8.16	1.64
<b>Efficacy</b>	I believe I can do my learning work and learning tasks efficiently	8.05	1.52
<b>Task value</b>	I believe that my learning tasks are very important to me	8.53	1.49
<b>Planning</b>	I have a plan for my studies and learning goals that I need to accomplish	7.95	1.76
<b>Effort</b>	This week, I have put enough effort into my learning/tasks to accomplish them	8.04	1.75
<b>Evaluation</b>	This week, I have assessed my performance or work in tasks in order to improve my skills	7.86	1.83

*Sonsoles López-Pernas, Miguel Á. Conde, Miroslava Raspopović Milić, and Mohammed Saqr, "Stable Means, Shifting Patterns: Examining SRL Through a Complex Dynamic Systems Lens," Computer in Human Behavior, in press (2026).*

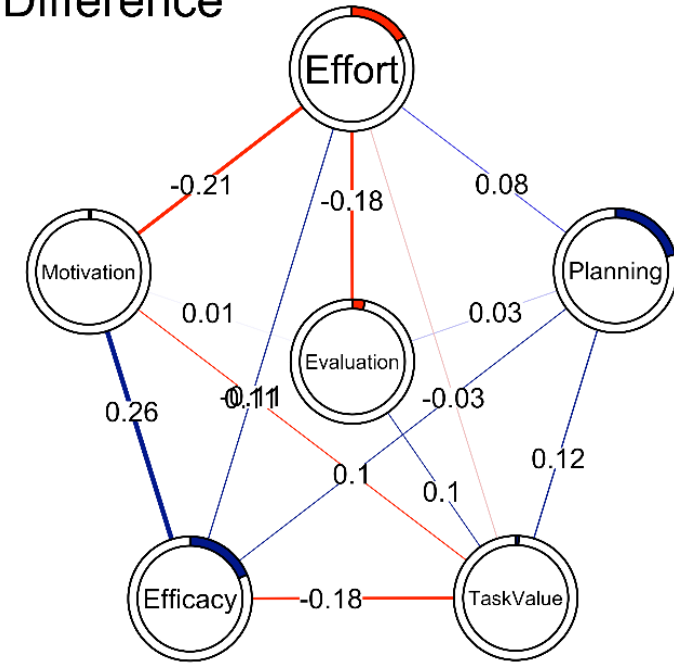
Week 1



Week 4



Difference



Psychological networks estimated for Week 1 and Week 4 using the EBICglasso estimator.

Variable	Week 1 R <sup>2</sup>	Week 4 R <sup>2</sup>	ΔR <sup>2</sup>
Motivation	0.49	0.49	-0.01
Efficacy	0.23	0.42	0.19
TaskValue	0.46	0.47	0.01
Planning	0.25	0.46	0.21
Effort	0.49	0.32	-0.19
Evaluation	0.52	0.48	-0.03

Sonsoles López-Pernas, Miguel Á. Conde, Miroslava Raspopović Milić, and Mohammed Saqr, "Stable Means, Shifting Patterns: Examining SRL Through a Complex Dynamic Systems Lens," *Computer in Human Behavior*, in press (2026).

# Potencijalne buduće aktivnosti

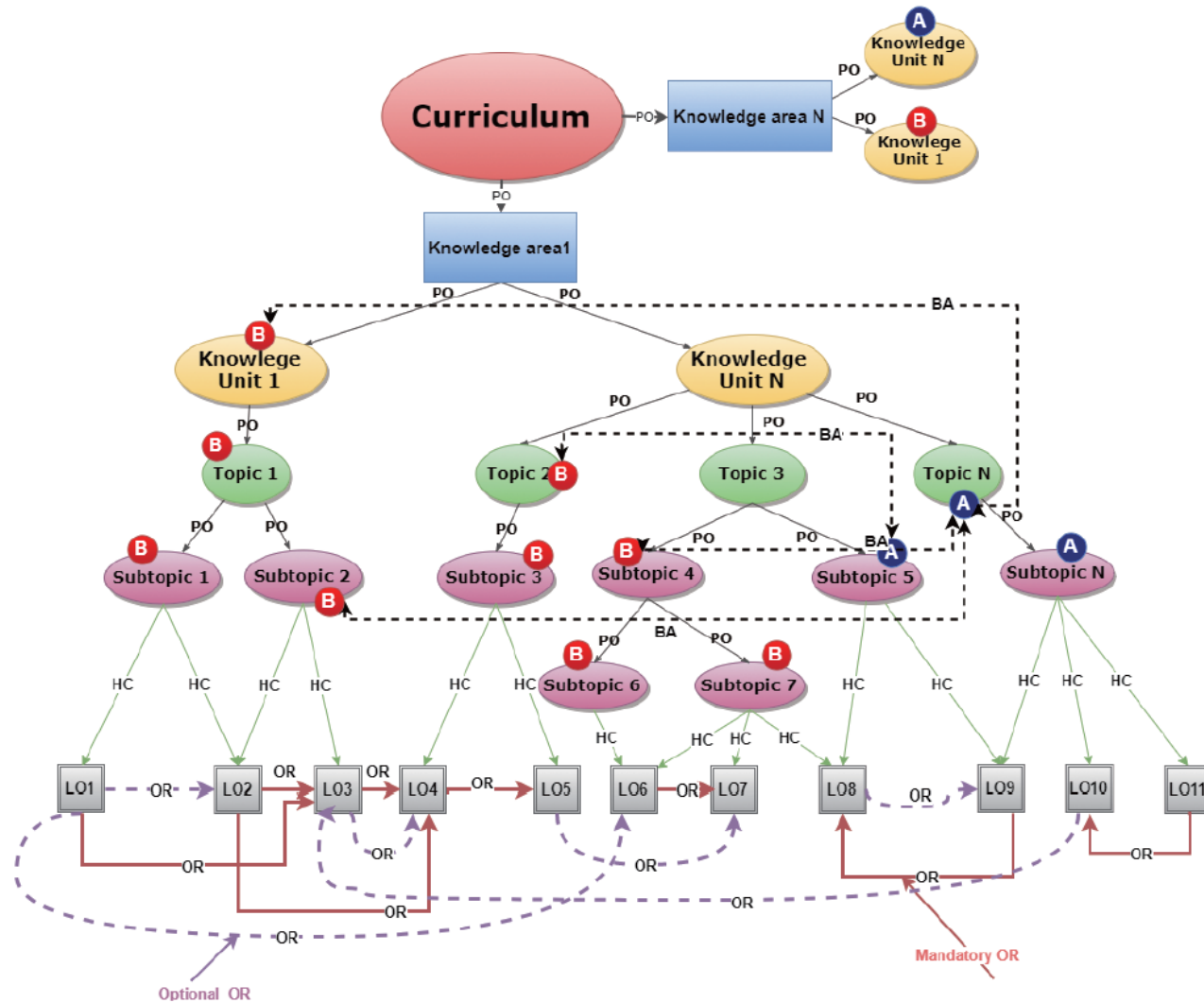
Naziv projekta: *Mastering Innovative New Evaluation: A Roadmap for the AI Era*  
Koordinator: Universidad Internacional de la Rioja SA, Spain

Naziv projekta: *AI Literacy Initiative: Empowering Society through Citizen Science and Higher Education, Bridging the Generational Digital Divide*  
Koordinator: Salamanca University, Spain

Naziv projekta: *Using process-oriented learning analytics with generative and explainable artificial intelligence*  
Koordinator: University of Eastern Finland, Finland

Naziv projekta: *Mapping Pedestrian Experience of Open Spaces*  
Koordinator: Šumarski fakultet, Srbija

# MCM Representation of the LO Ontology Model for Personalized Learning



Jović, Jovana, Miroslava Raspopović Milić, and Svetlana Cvetanović. "Multidimensional concept map representation of the learning objects ontology model for personalized learning." *Journal of Internet Technology* 24, no. 5 (2023): 1043-1054.

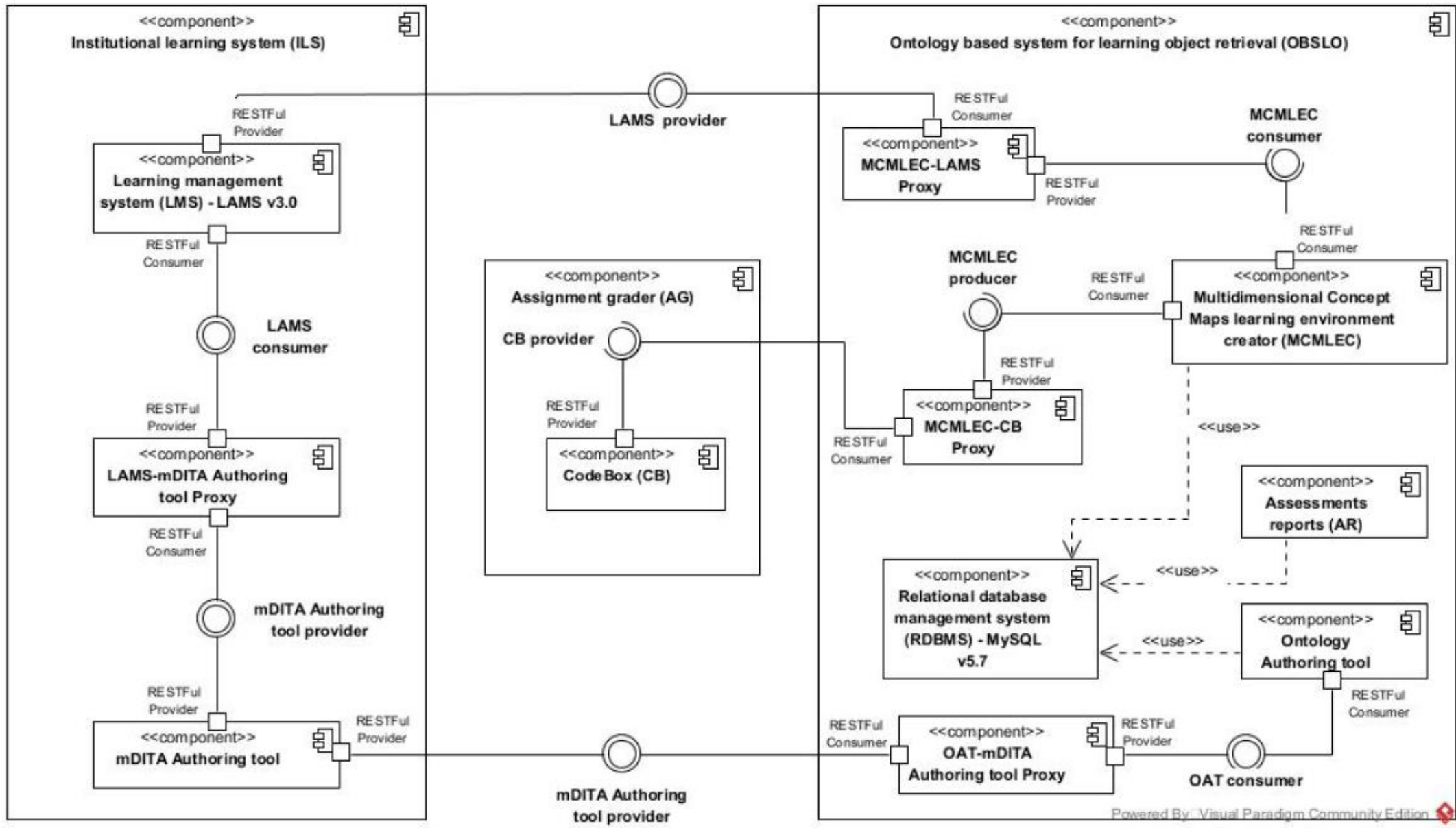


Figure 7. Platform architecture of the integrated systems