

Основне академске студије
Информациони инжењеринг

Методе и технике науке о подацима

Увод у науку о подацима и повезане области

(материјали за предавања)

1. Наука о подацима
2. Вештачка интелигенција
3. Машинско учење
4. Извори и литература

Наука о подацима

енгл. *data science*

„изучавање уопштиве екстракције знања из података” (по Дару)
проширење главних подручја техничког рада у статистици уз
фокус на особу која се бави анализом података (по Кливленду)

план проширења у контексту високог образовања

шест техничких подручја

мултидисциплинарна истраживања (25%)

модел и методи за податке (20%)

израчунавања са подацима (15%)

педагогија (15%)

евалуација алата (5%)

теорија (20%)

Корпус знања о науци о подацима (*DS-BoK*)

енгл. *Data Science Body of Knowledge, DS-BoK*

представља један део свеобухватног радног оквира посвећеног образовању и обуци у сфери науке о подацима

најновија верзија

EDSF DS-BoK - Release 2

Интернет сајт

<https://edison-project.eu/data-science-body-knowledge-ds-bok/>

Корпус знања о науци о подацима (*DS-BoK*)

групе подручја знања за науку о подацима (с предложеним подручјима знања)

аналитика у науци о подацима

статистички методи за анализу података; машинско учење; истраживање и анализа података; истраживање и анализа текстуалних података; предиктивна аналитика; рачунско моделовање, симулација и оптимизација

инжењерство у науци о подацима

инфраструктура и технологије за велике количине података; инфраструктура и платформе за апликације у науци о подацима; технологије рачунарства у облаку за велике количине података и аналитику података...

управљање подацима

општи принципи и концепти у управљању подацима и организацији; системи за управљање подацима...

истраживачки методи и управљање пројектима

истраживачки методи; управљање пројектима

аналитика у пословању

основи аналитике у пословању...

Наука о подацима

историја и развој

темељи уобличавани током XIX, XX и XXI века

настала развојем и прожимањем статистике, рачунарства и области у којима се користе подаци

битни фактори у настанку и развоју дисциплине

бављење практичним питањима у конкретним областима

рад статистичара

Карл Пирсон, Роналд Фишер, Џон Туки, Џером Фридман, Вилијам Кливленд...

развој рачунара

повећање брзина обраде

повећање складишних капацитета

повећање брзина протока података

развој алгоритама за истраживање и анализу података

развој машинског учења и вештачке интелигенције

...

наука о подацима као савремена област посвећена анализи података

Наука о подацима

дигитални универзум података

студија компаније *IDC*

Дигитални универзум прилика: бољаши подаци и растућа вредност Интернета ствари (2014)

истраживање о укупној количини података у свету

процена за 2013. годину

4,4 ZB количина свих података

22% удео корисних података (података који могу бити анализирани)

5% корисних података је анализирано

прогноза за 2020. годину

44 ZB количина свих података

35% удео корисних података

Наука о подацима

дигитални универзум података

студија компаније *IDC*

Дигитализација света – од ивице до језира (2018)

истраживање о припремљености за повећање количине података

прогноза за 2025. годину

175 ZB потенцијална величина глобалне датасфере

Наука о подацима

модел структуре пројеката у науци о подацима (по Викаму и сарадницима)

модел процеса у науци о подацима

учитавање података

чишћење података

разумевање – итеративни циклус

трансформисање података

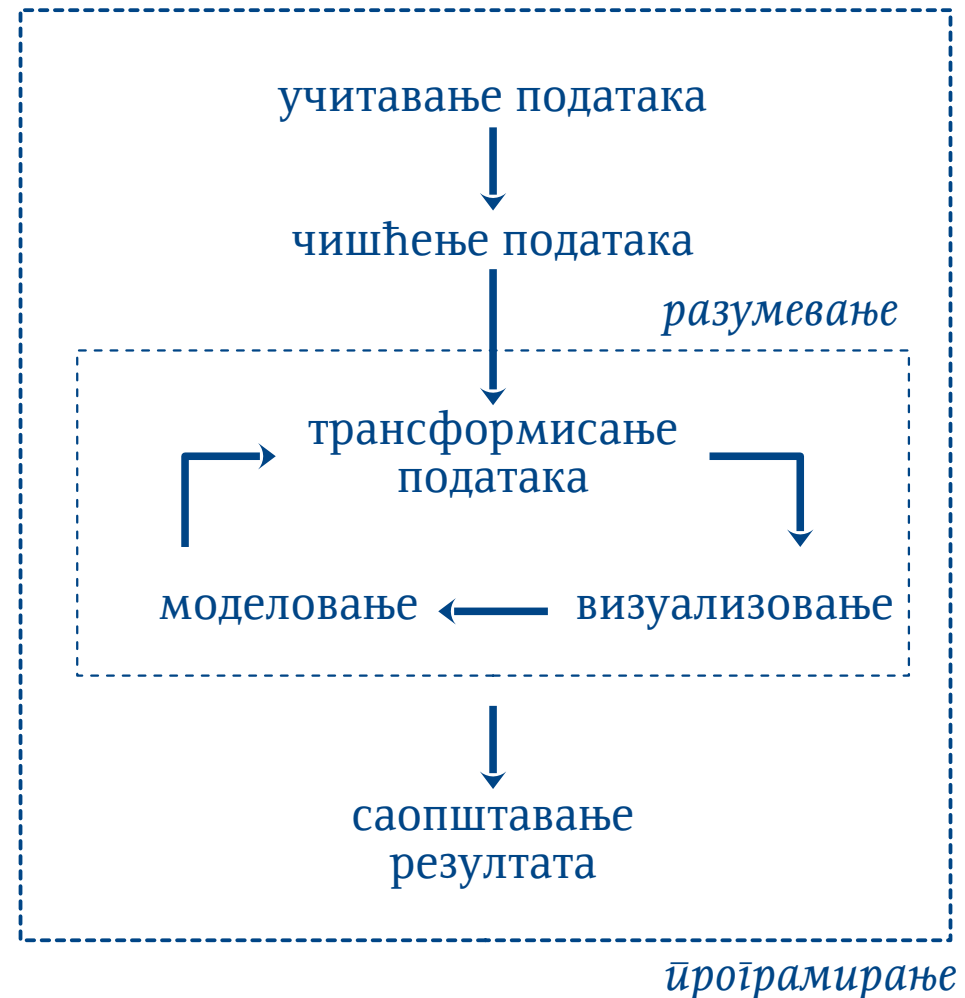
визуализовање

моделовање

саопштавање резултата

програмирање

алат чија употреба прожима пројекат



Наука о подацима

примери програмских језика који се користе у науци о подацима

програмски језик *Python*

настанак раних 1990-их у Фондацији „Центар за математику” (Амстердам, Холандија)

подржава императивну, објектну и функционалну парадигму програмирања
динамички типизован

интерпретиран

примена у науци о подацима, машинском учењу, научним израчунавањима, веб развоју...

Интернет сајт

<https://www.python.org/>

Наука о подацима

примери програмских језика који се користе у науци о подацима

програмски језик R

настанак 1990-их на Универзитету у Оукленду (Оукленд, Нови Зеланд)

заснован на функционалној парадигми програмирања, уз подршку за императивну и објектну парадигму програмирања

динамички типизован

интерпретиран

примена у статистици и визуализацији података, науци о подацима, обради великих количина података, биоинформатици...

Интернет сајт

<https://www.r-project.org/>

Наука о подацима

примери програмских језика који се користе у науци о подацима

програмски језик *Scala*

настанак 2001. године у лабораторији за методе програмирања на Савезној политехничкој школи у Лозани (Лозана, Швајцарска)

заснива се на објектној и функционалној парадигми програмирања

статички типизован

компатибилан с програмским језиком *Java*

програмски код извршава се на виртуалној машини за програмски језик *Java*
примена у обради великих количина података, обради текста, машинском учењу...

Интернет сајт

<https://scala-lang.org/>

Наука о подацима

примери програмских језика који се користе у науци о подацима

програмски језик *Julia*

настанак 2009. године и рани развој на Технолошком институту Масачусетса (Кембриџ, Масачусетс, САД)

лабораторија *Julia Lab*

<https://julia.mit.edu/>

подржава императивну, објектну и функционалну парадигму програмирања
динамички типизован

динамичко превођење програма засновано на радном оквиру за превођење *LLVM*
примена у науци о подацима, визуализацији података, машинском учењу,
паралелном рачунарству...

Интернет сајт

<https://julialang.org/>

Наука о подацима

примери врста скупова података

класични структурирани подаци

за дате појаве и њихова обележја евидентиране су одговарајуће вредности
обележја по појавама

организација често по моделу табеле

текстуални подаци

неструктурирани текст

мултимедијални подаци

слике, аудио записи, видео записи...

графовски подаци

подаци у контексту чворова и грана графа

временски низови података

хронолошки уређене секвенце података

Наука о подацима

примери датотечких формата за чување података

табеларна организација података

формат *CSV* (енгл. *comma-separated values*)

формат *XLS* (порекло везано за софтвер *Microsoft Excel*)

хијерархијска организација података

формат *XML* (енгл. *extensible markup language*)

формат *JSON* (енгл. *JavaScript object notation*)

ТЕКСТ

неформатирани текст

формат *TXT* (енгл. *text*)

форматирани текст

формат *DOC* (порекло везано за софтвер *Microsoft Word*)

МУЛТИМЕДИЈА

формат *WAV/WAVE* (енгл. *waveform audio*)

формат *JPG/JPEG* (енгл. *Joint Photographic Experts Group*)

формат *AVI* (енгл. *audio video interleave*)

Наука о подацима

структурирани подаци – обележје

обележје као својство класе ентитета

обележју одговарају могуће вредности

разни термини присутни у пракси

атрибут (енгл. *attribute*)

карактеристика (енгл. *feature*)

променљива (енгл. *variable*)

Наука о подацима

структурирани подаци – обележје – врсте

врсте обележја

категоријско (квалитативно) – могуће вредности су категорије
номинално

могуће вредности могу бити разликоване
нпр. *кујина* се разликује од *малина*

ординално

могуће вредности могу бити рангиране
нпр. *сиоро* је „мање” од *брзо*

континуално (квантитативно) – могуће вредности су бројеви
интервално

може бити исказана удаљеност између могућих вредности
нпр. разлика између угла од 45° и угла од -45° је 90°

размерно

може бити исказана размера између могућих вредности
нпр. цена од 50 динара је двоструко мања од цене од 100 динара

градација врста обележја

ординално обележје поседује и одлике номиналног, интервално ординалног, а
размерно интервалног

1. Наука о подацима
- 2. Вештачка интелигенција**
3. Машинско учење
4. Извори и литература

Интелигенција

когниција

предмета проучавања у когнитивној психологији

„све менталне активности повезане с мишљењем, сазнавањем, памћењем и комуникацијом” (по Мајерсу)

„обухвата процесе повезане с опажањем, знањем, решавањем проблема, просуђивањем, језиком и памћењем” (по Спилману и сарадницима)

обрада информација

надражаји бивају примљени преко чула и пренесени до мозга
формирају се мисли (синтеза на основу осећања и сећања)
осећања, сећања и мисли утичу на понашање

Интелигенција

концепти

„категорије или груписања језичких информација, слика, идеја или сећања”
(по Спилману и сарадницима)

врсте концепата

природни концепти

формирају се кроз личне доживљаје, било непосредне било посредне

вештачки концепти

дефинисани преко посебног скупа особина

прототип

најбољи или најкарактеристичнији пример или представник концепта

Интелигенција

шема

„ментална творевина састављена од скупа или колекције повезаних концепата” (по Бартлету)

„шаблон знања у дугорочном памћењу који помаже при памћењу, организовању и одговору на информације” (по Пијажеу)

методе за усаглашавање новог знања с постојећим шемама

асимилација

разумевању нових информација на основу постојеће шеме

акомодација

усвајање нових информација и промена шеме

Интелигенција

решавање проблема (задатака)

стратегија решавања проблема

план деловања у циљу проналажења решења за дати проблем

методе

метода покушаја и промашаја

испробавање разних радњи док нека од њих не доведе до решења

алгоритамска метода

поступање према одређеном алгоритму

хеуристичка метода

ослањање на хеуристику

хеуристика као принцип или општа смерница

Интелигенција

интелигенција је концепт (по Мајерсу)

„ментално својство које обухвата способност учења из искуства, решавања проблема и употребе знања ради прилагођења новим ситуацијама”

„оно што се мери помоћу тестова интелигенције”

„један друштвено створени концепт”

од матичне културе зависи шта ће се сматрати интелигентним

Интелигенција

разноврсни и променљиви погледи на интелигенцију

рад Чарлса Спирмана

g фактор (генерални фактор)

фактор који је у основи интелигентног понашања

успешност у решавању једне врсте задатака често повезана с успехом при решавању других врста задатака

рад Луиса Леона Терстона

кроз разне тестове идентификовано седам скупова менталних способности

течност у речима, вербално разумевање, просторна способност, брзина опажања, нумеричка способност, индуктивно резонување и памћење

Интелигенција

разноврсни и променљиви погледи на интелигенцију

рад Рејмонда Катела

интелигенција као колекција различитих способности

две компоненте опште интелигенције

кристализована интелигенција

за једноставне конкретне проблеме

флуидна интелигенција

за сложене апстрактне проблеме

рад Роберта Стернберга

триархијска теорија интелигенције

практична интелигенција

примена здравог разума и понашање у свакодневном животу

аналитичка интелигенција

код добро дефинисаних проблема и у образовању и науци

креативна интелигенција

осмишљавање нових решења и понашање у новим ситуацијама

Интелигенција

разноврсни и променљиви погледи на интелигенцију

рад Хауарда Гарднера

теорија вишеструких интелигенција

лингвистичка интелигенција

логичко-математичка интелигенција

музичка интелигенција

телесно кинестетичка интелигенција

просторна интелигенција

интерперсонална интелигенција

интраперсонална интелигенција

натуралистичка интелигенција

(егзистенцијална интелигенција)

...

Интелигенција

мерење интелигенције

радови Алфреда Бинеа, Луиса Термана, Дејвида Векслера...

количник интелигенције

резултат на тесту интелигенције

ментални узраст у односу на стварни узраст

остварени резултат у односу на резултате особа исте старости

тестови интелигенције

Бине-Симонова скала интелигенције

Векслерова скала интелигенције за децу

Векслерова скала интелигенције за одрасле

...

стандардизација и нормирање тестова интелигенције

Флинов ефекат

побољшање резултата на тесту интелигенције код млађих генерација

питања тумачења и употребе резултата с тестова интелигенције

Креативност

„способност стварања идеја које су и нове и вредне” (по Мајерсу)
компоненте креативности (по Стернбергу и сарадницима)

експертиза

вештине имагинативног мишљења

пустоловна личност

интринзична (унутрашња) мотивација

креативно окружење

Вештачка интелигенција (по Пулу и Макворту)

енгл. *artificial intelligence* (AI)

вештачка интелигенција

поље које проучава синтезу и анализу рачунских агената који делују на интелигентан начин

рачунски агент

агент чије одлуке о сопственим радњама могу бити објашњене у виду израчунавања

деловање агента на интелигентан начин

прикладност за сопствене околности, циљеве и перцептивна и рачунска ограничења

узимање у обзир краткорочних и дугорочних последица сопствених радњи, укључујући ефекте на друштво и окружење

учење на основу искуства

флексибилност у односу на променљива окружења и променљиве циљеве

Вештачка интелигенција (по Пулу и Макворту)

средишњи научни циљ вештачке интелигенције

разумевање принципа који омогућавају интелигентно понашање код природних или вештачких система

средишњи инжењерски циљ вештачке интелигенције

пројектовање и синтеза агената који делују на интелигентан начин, што резултује корисним артефактима

Вештачка интелигенција

Вештачка интелигенција

приступи вештачкој интелигенцији (по Раселу и Норвигу)

главна мерила провере успешности



Рачунарска интелигенција

„изучавање о конструкцији интелигентних агената” (по Пулу)
у контексту рационалног понашања

Тјурингов тест

замисао Алана Тјуринга

„Да ли машине могу да мисле?“

заобилажење питања

„игра имитације“

сценарио

две учесника и испитивач

испитивач поставља питања

на основу одговора испитивач закључује о природи учесника

тотални Тјурингов тест

додатне провере способности опажања и манипулације предметима

Вештачка интелигенција

главне дисциплине вештачке интелигенције (по Раселу и Норвигу)

обрада природног језика

представа знања

аутоматско резоновање

машинско учење

рачунарска визија

роботика

...

ACM Computing Classification System 2012

класификација дисциплина у пољу рачунарства

<https://dl.acm.org/ccs>

најновија верзија из 2012. године

дело организације *Association for Computing Machinery*

ACM Computing Classification System 2012

класификација у вези с вештачком интелигенцијом

Методологије рачунарства

Вештачка интелигенција

Обрада природног језика

...

Представа знања и резонавање

...

Планирање и распоређивање

...

Методологије претраге

...

Методе управљања

...

Филозофски/теоријски основи вештачке интелигенције

...

Дистрибуирана вештачка интелигенција

...

Рачунарска визија

...

Интелигентни агенти – интелигентно деловање

по Њуелу и Сајмону

физички симболички систем

„машина која током времена ствара еволуирајућу колекцију симболичких структура”

хипотеза физичког симболичког система

„физички симболички систем поседује потребна и довољна средства за опште интелигентно деловање”

по Џону Серлу

питање разумевања и свести

„кинеска соба”

врсте вештачке интелигенције

слаба вештачка интелигенција

јака вештачка интелигенција

Интелигентни агенти – агенти (по Пулу и Макворту)

свет

агент с окружењем

агент

делатник у окружењу

спој опажања, резоновања и деловања

рачунски агент

агент чије одлуке о сопственим радњама могу бити објашњене у виду израчунавања

деловање на интелигентан начин

прикладност за сопствене околности, циљеве и перцептивна и рачунска ограничења

узимање у обзир краткорочних и дугорочних последица сопствених радњи, укључујући ефекте на друштво и окружење

учење на основу искуства

флексибилност у односу на променљива окружења и променљиве циљеве

најинтелигентнији познати агент?

Интелигентни агенти – агенти (по Пулу и Макворту)

фактори у деловању агента

- претходно знање о агенту и окружењу

- надражаји из окружења

 - опажања о окружењу и радње којима окружење излаже агента

- претходна искуства

 - историјат интеракције с окружењем и други подаци

- циљеви или смернице

- способности агента

пројектовање агената

- два основна приступа

 - поједноставити окружење и направити сложене системе резоновања

 - направити једноставне агенте у природним окружењима

примери агената

- робот

- софтверски агент (бот)

 - програм који делује у искључиво рачунском окружењу

Интелигентни агенти – агенти (по Пулу и Макворту)

димензије пројектовања агената

модуларност

хоризонт планирања

представа света

рачунска ограничења

учење

неизвесност

неизвесност у погледу опажања

неизвесност у погледу последица

усмереност агента

бројност агената

интерактивност

Интелигентни агенти – агенти (по Пулу и Макворту)

структура агента

тело

сензори

прихватају надражаје и формирају опажаје

актуатори

прихватају наредбе и генеришу деловање

контролер

обрађује опажаје

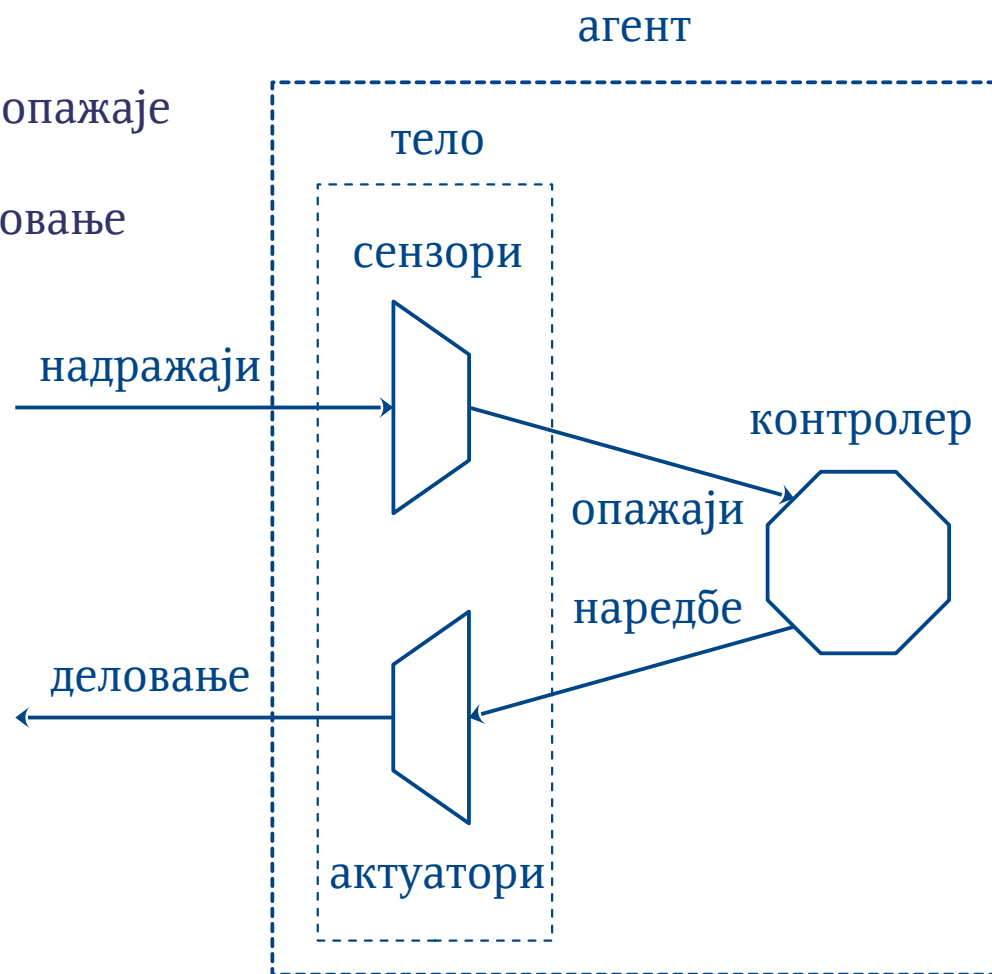
издаје наредбе

веза између агената и окружења

окружење

извор надражаја за агента

амбијент деловања агента



Интелигентни агенти – роботи

робот (књижевност Карела Чапека)

робот (по Раселу и Норвигу)

физички агент који извршава задатке кроз манипулацију физичким светом

основни типови работа

роботске руке (манипулатори)

мобилни роботи

мобилни манипулатори

Интелигентни агенти – роботи

роботичке софтверске архитектуре (по Раселу и Норвигу)

укључујућа архитектура

примена принципа реакције

употреба проширених коначних аутомата

хибридне архитектуре

комбинација принципа реакције и разматрања

пример

трослојна архитектура

реактивни слој

извршни слој

разматрачки слој

проточна архитектура

сензорски слој

опажајни слој

планско-управљачки слој

возни слој

Интелигентни агенти – роботи

Три закона роботике (књижевност Исака Асимова)

Први закон

Робот не сме повредити људско биће или, кроз неделовање, дозволити да се људском бићу науди.

Други закон

Робот мора слушати наређења која добија од људских бића, осим када би таква наређења била у супротности с Првим законом.

Трећи закон

Робот мора штитити своју егзистенцију докле год таква заштита није у супротности с Првим или Другим законом.

Интелигентни агенти – софтверски агенти

аутономни програми који интелигентно делују
на основу прикупљених улаза теже задатом циљу или се понашају
по смерницама

могућност хијерархијске организације агената у погледу
архитектуре

имплементација

општенаменски програмски језици

посебни језици за програмирање агената

везе модела и система заснованих на агентима с другим
правцима истраживања

потенцијална блискост с моделима оптимизације и метахеуристикама

Системи засновани на знању – знање (по Пулу и Макворту)

знање

контекст филозофије

истинито оправдано веровање

контекст вештачке интелигенције

дугорочна представа домена

Системи засновани на знању – агент заснован на знању (по Раселу и Норвигу)

агент заснован на знању садржи базу знања

база знања

структура

скуп *реченица*

реченица представља тврдњу о свету

реченица исказана помоћу језика за представљање знања

основне операције

саопштавање (енгл. *Tell*)

додавање реченица у базу знања

питање (енгл. *Ask*)

задавање упита над базом знања

Системи засновани на знању – агент заснован на знању (по Раселу и Норвигу)

приступи за формирање агента заснованог на знању

процедурални

уградња спецификације жељеног понашања кроз програмски код

декларативни

похрањивање знања у празну базу знања кроз саопштавање

комбиновани

комбинација процедуралног и декларативног

Системи засновани на знању – претпоставке у вези са знањем

претпоставка отвореног света

агент не поседује целокупно знање о свету

није могуће закључивање о нечему на основу недостатка знања

претпоставка затвореног света (претпоставка потпуног знања)

целокупно знање о свету је доступно агенту

ако није могуће одредити да је нешто тачно, онда се може закључити да је нешто нетачно

све што не следи на основу базе знања сматра се нетачним

Системи засновани на знању – онтологија

онтологија

контекст филозофије

наука о бићу

контекст вештачке интелигенције

„спецификација значења симбола у информационом систему” (по Пулу и Макворту)

Системи засновани на знању – семантички веб

енгл. *Semantic Web*

„веб повезаних података”

увођење семантике на вебу која би била машински читљива

рад Тима Бернерс-Лија и организације W3C

основне софтверске технологије

Resource Description Framework (RDF)

посебан механизам за представљање информација на вебу

RDF граф

скуп посебних тројки (триплета)

субјекат–предикат–објекат

Web Ontology Language (OWL)

онтолошки језик за веб

...

Системи засновани на знању – експертски системи (по Пулу и Макворту)

издвајање доменског знања стручњака за потребе извршавања експертских задатака од стране рачунара

класични примери

DENDRAL (од 60-их година XX века)

MYCIN (од 70-их година XX века)

1. Наука о подацима
2. Вештачка интелигенција
- 3. Машинско учење**
4. Извори и литература

Машинско учење

енгл. *machine learning*

може бити схваћено као део вештачке интелигенције

може бити схваћено као засебно али повезано с вештачком интелигенцијом

„изучавање метода за конструисање и побољшање софтверских система кроз анализу примера њиховог жељеног понашање пре него кроз њихово директно програмирање” (по Дитериху)

када није могуће прецизирати спецификацију понашања програма а постоје примери жељеног понашања

када долази до промене у задатку те није јасно како би програм требало да реагује

када се траже занимљиви шаблони у базама података

енгл. *data mining*

ACM Computing Classification System 2012

класификација у вези с машинским учењем

Методологије рачунарства

Машинско учење

Парадигме учења

...

Услови учења

...

Присуђи у машинском учењу

...

Алгоритми машинског учења

...

Унакрсна валидација

...

1. Наука о подацима
2. Вештачка интелигенција
3. Машинско учење
- 4. Извори и литература**

Основни извори и литература

- ◆ Dhar V. Data Science and Prediction. Communications of the ACM. 2013 December;56(12); 64–73.
- ◆ Cleveland WS. Data Science: An Action Plan for Expanding the Technical Areas of the Field of Statistics. International Statistical Review. 2001 April;69(1); 21–26.
- ◆ Edison Project. Data Science Body of Knowledge (DS-BoK). Internet: <https://edison-project.eu/data-science-body-knowledge-ds-bok/>
- ◆ Demchenko Y, Belloum A, Manieri A, Wiktorski T. EDISON Data Science Framework: Part 2. Data Science Body of Knowledge (DS-BoK) Release 2. Internet: https://edison-project.eu/sites/edison-project.eu/files/filefield_paths/edison_ds-bok-release2-v04.pdf

Основни извори и литература

- ◆ Dell Technologies. Digital universe invaded by sensors. Internet: <https://www.dell.com/en-us/dt/corporate/newsroom/announcements/2014/04/20140409-01.htm>
- ◆ Seagate. Seagate launches new data-readiness index revealing impact across four global industries as 30 percent of data forecasted to be real-time by 2025. Internet: <https://investors.seagate.com/news/news-details/2018/Seagate-Launches-New-Data-Readiness-Index-Revealing-Impact-Across-Four-Global-Industries-As-30-Percent-Of-Data-Forecasted-To-Be-Real-Time-By-2025/default.aspx>
- ◆ Wickham H, Çetinkaya-Rundel M, Grolemund G. R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data. 2nd edition. O'Reilly (Sebastopol, CA, USA); 2023. Internet: <https://r4ds.hadley.nz/>

Основни извори и литература

- ◆ Python Software Foundation. Welcome to Python.org. Internet: <https://www.python.org/>
- ◆ Python Software Foundation. History and licence. Internet: <https://docs.python.org/3/license.html>
- ◆ Python Software Foundation. The Python tutorial. Internet: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
- ◆ Python Software Foundation. The Python standard library. Internet: <https://docs.python.org/3/library/index.html>
- ◆ Python Software Foundation. Our success stories. Internet: <https://www.python.org/success-stories/>

Основни извори и литература

- ◆ R Foundation. The R project for statistical computing. Internet: <https://www.r-project.org/>
- ◆ R Core Team. R language definition – Version 4.5.0 (2025-04-11) DRAFT. Internet: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-lang.pdf>
- ◆ Ihaka R. The R project: A brief history and thoughts about the future. Talk at University of Otago. 2011. Internet: <https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/Otago.pdf>
- ◆ EPFL. The Scala programming language. Internet: <https://scala-lang.org/>
- ◆ EPFL. Scala language specification | Scala 2.13. Internet: <https://scala-lang.org/files/archive/spec/2.13/>

Основни извори и литература

- ◆ EPFL. Introduction | Scala 3 — Book | Scala documentation. Internet:
<https://docs.scala-lang.org/scala3/book/introduction.html>
- ◆ JuliaLang.org. The Julia programming language. Internet:
<https://julialang.org/>
- ◆ JuliaLang.org. Julia governance. Internet:
<https://julialang.org/governance/>
- ◆ JuliaLang.org. Julia documentation · The Julia language. Internet:
<https://docs.julialang.org/en/v1/>
- ◆ Julia Lab. Julia Lab: Language, composability, and scientific machine learning (SciML). Internet: <https://julia.mit.edu/>
- ◆ Bezanson J, Edelman A, Karpinski S, Shah VB. Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing. SIAM Review. 2017;59(1); 65–98.

Основни извори и литература

- ◆ Mauldin RL. Foundations of Social Work Research. Mavs Open Press, University of Texas at Arlington (Arlington, TX, USA); 2020. Internet: <https://uta.pressbooks.pub/foundationsofsocialworkresearch/>
- ◆ Myers DG. Psychology. 9th edition. Worth Publishers (New York, NY, USA); 2010.
- ◆ Spielman RM, Jenkins WJ, Lovett MD. Psychology 2e. OpenStax, Rice University (Houston, TX, USA); 2020. Internet: <https://openstax.org/details/books/psychology-2e>
- ◆ Introduction to Psychology. University of Minnesota Libraries Publishing (Minneapolis, MN, USA); 2015. Internet: <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/48>
- ◆ Russel S, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd edition. Pearson Education (Upper Saddle River, NJ, USA); 2010.

Основни извори и литература

- ◆ Poole DL, Mackworth AK. Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents. 3rd edition. Cambridge University Press (Cambridge, UK); 2023. Internet: <https://www.artint.info/index.html>
- ◆ Turing AM. Computing Machinery and Intelligence. Mind. 1950 October;59(236); 433–460.
- ◆ ACM Digital Library. Computing Classification System. Internet: <https://dl.acm.org/ccs>
- ◆ Newell A, Simon HA. Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. Communications of the ACM. 1976 March;19(3); 113–126.
- ◆ Searle JR. Minds, Brains, and Programs. The Behavioral and Brain Sciences. 1980 September;3(3); 417–424.

Основни извори и литература

- ◆ Murphy RR, Woods DD. Beyond Asimov: The Three Laws of Responsible Robotics. IEEE Intelligent Systems. 2009 July/August;24(4); 14–20.
- ◆ Glover F, Kochenberger G. Metaheuristic agent processes (MAPs). Metaheuristics: Progress as Real Problem Solvers [Ibaraki T, Nonobe K, Yagiura M (Eds.)]. Springer (New York, NY, USA). 2005; 1–28.
- ◆ W3C. Main page. Internet: https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Main_Page
- ◆ W3C. RDF 1.1 concepts and abstract syntax. Internet: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>
- ◆ W3C. Web Ontology Language (OWL). Internet: <https://www.w3.org/OWL/>
- ◆ Dietterich TG. Machine Learning. Encyclopedia of Computer Science. John Wiley and Sons (Chichester, UK); 2003.

Основне академске студије
Информациони инжењеринг

Методе и технике науке о подацима

Увод у науку о подацима и повезане области

(материјали за предавања)