МЕТОДОЛОГИЈА СТРУЧНОГ И НАУЧНОГ РАДА

Наука и научни метод

Знање, истраживање и научно закључивање

Математички факултет, Београд
проф. др Милена Вујошевић Јаничић

Од питања до научног резултата

ПОЈАМ НАУКЕ

Знање, проверљивост и научна објашњења

ИСТРАЖИВАЊЕ

Проблем, хипотеза, провера и саопштавање резултата

ИНФОРМАТИКА

Дефиниције, области, питања и облици научног доприноса

Како бисте дефинисали науку?

ПИТАЊЕ ЗА ДИСКУСИЈУ

Како бисте дефинисали науку?

АДАМ СМИТ, ЕКОНОМИСТА (1723–1790)

„Наука је најбољи противотров за отров празноверја.”

Наука и ненаучне теорије

- Шта раздваја науку од онога што није наука?
- Која је разлика између метеорологије и астрологије?
- Шта је научна, а шта ненаучна теорија?

Поперов критеријум оборивости

Могућност побијања — оборивост тврдње

Емпиријска теорија је оборива ако је замисливо опажање или аргумент који би показао да је нетачна.

- Важно је да постоји начин на који би теорија могла бити оповргнута.
- По Поперовом критеријуму, необорива теорија није емпиријски научна.
- Проблем је објашњење које се може ускладити са сваким могућим исходом.

Карл Попер, *The Logic of Scientific Discovery*.

Шта би оповргло тврдњу?

ПРИМЕРИ ЗА ПРОВЕРУ ОБОРИВОСТИ

- Поређење метеорологије и астрологије
- Тврдња о интелигентним и технолошки развијеним ванземаљцима који владају светом
- Теорије завере

- За сваки пример размотрите која би опажања могла да га оповргну.

Окамова оштрица

Међу објашњењима која су једнако сагласна са опажањима, предност дајемо једноставнијем — оном које уводи мање непотребних претпоставки.

- Једноставност није исто што и најмања објашњавајућа моћ.
- Нова опажања треба да могу да доведу објашњење у питање.
- Накнадно прилагођавање сваком исходу проблем је за проверљивост теорије.

Simplicity, Stanford Encyclopedia of Philosophy.

Податак, информација, знање

ПОДАТАК

Запис или вредност представљена бројем, словима, сликом или звуком

ИНФОРМАЦИЈА

Податак ком је додата интерпретација, односно значење у контексту

ЗНАЊЕ

Повезивање информација са искуством, контекстом, интерпретацијом и размишљањем

Наука као знање

Наука је сређено, систематизовано и проверено сазнање о нечему, постигнуто методичним, пажљивим и савесним истраживањем и разматрањем.

МИХАЈЛО ПУПИН, НАУЧНИК И ПРОНАЛАЗАЧ (1858–1935)

„Знање је светлост која осветљава наш пут кроз живот.”

Наука као стицање знања

Наука је систематски подухват прикупљања знања о свету, његовог организовања и сажимања у законе и теорије који се могу проверавати.

АЛБЕРТ АЈНШТАЈН, ТЕОРИЈСКИ ФИЗИЧАР (1879–1955)

„Врхунски домет целокупне науке је да што више емпиријских чињеница обухвати логичким расуђивањем из што мањег броја хипотеза и аксиома.”

- Теорија организује научно знање.

Знање и поступак сазнавања

- Наука повезује откриће и доказ, метод и систем, истраживање и излагање.
- Научно знање је објективно, логички аргументовано и систематизовано знање о законитостима, чињеницама, узроцима и појавама.
- Стиче се и проверава егзактним посматрањем, поновљивим експериментом и ваљаним размишљањем.

Научно истраживање

Научно истраживање је систематско, планско и објективно испитивање проблема, према одређеним методолошким правилима.

Његова сврха је поуздан и прецизан одговор на унапред постављено питање.

БАРУХ СПИНОЗА, ФИЛОЗОФ (1632–1677)

„Добар научник је особа код које се сачувала дечија радозналост. Кад једном нађе неки одговор, он одмах има многа нова питања.”

Мишљење истраживача

ОСОБИНЕ КОЈЕ ПОДРЖАВАЈУ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

- Интелигенција и моћ запажања
- Способност анализе и синтезе
- Креативност и интуиција
- Неуобичајен начин размишљања
- Иницијативност и флексибилност
- Критичност и самокритичност
- Умешност
- Систематичност

Однос према раду и сарадњи

- Воља и истрајност
- Поштење и одговорност
- Марљивост и тачност
- Жеља за сарадњом

ИСТРАЈНОСТ И УСРЕДСРЕЂЕНОСТ

Научник најчешће није гениј, већ особа просечне памети, натпросечне вредноће и веома концентрисана на оно чиме се бави.

Хеминг: велики резултати

HAMMING — YOU AND YOUR RESEARCH

- Избор важних проблема
- Удео среће у успеху
- Емотивна посвећеност и креативност
- Храброст
- Толеранција неодређености
- Енергичност и циљеви
- Услови за рад

За даље читање: Петар Јовановић, Meryem Belcaida, „Hamingove heuristike za postizanje velikih rezultata u istraživanju".

Постављање истраживања

Научно истраживање има више међусобно логички повезаних фаза.

ПИТАЊЕ

Формулишите проблем и циљ истраживања.

ПОЈМОВИ И ПРЕТПОСТАВКЕ

Дефинишите основне варијабле и хипотезе.

НАЧИН ПРОВЕРЕ

Изаберите узорак, методе и технике истраживања.

Ток истраживања



ИВАН ЂАЈА, БИОЛОГ И ФИЗИОЛОГ (1884–1957)

„Ниједан дан без експеримента.”

Знање, сумња и самосталност

ГЕТЕ, ПИСАЦ, НАУЧНИК И ФИЛОЗОФ (1749–1832)
„Са знањем расте сумња.”

ОЛДОС ХАКСЛИ, ПИСАЦ (1894–1963)
„Сваки велики напредак у науци укључивао је апсолутно одбацивање ранијих научних ауторитета.”

ПАВЛЕ САВИЋ, ФИЗИКОХЕМИЧАР (1909–1992)
„Немој сувише учити, то је штетно.”

Пример: истраживачко питање

НАСТАВНИ ПРИМЕР ФОРМУЛИСАЊА И ПРОВЕРЕ ХИПОТЕЗЕ

Проблем
Да ли гојазност утиче на учесталост кардиоваскуларних болести?

Хипотеза у примеру
Гојазнији људи чешће оболевају од кардиоваскуларних болести него мршавији.

- Следе прикупљање података и избор начина провере.

Пример: подаци и провера

ПОСМАТРАЊЕ

Упоредити учесталост обољевања у великом броју гојазних и мршавих испитаника

Или упоредити заступљеност гојазности међу оболелима и у општој популацији

СТАТИСТИЧКА ПРОВЕРА

Испитати да ли разлика постоји и да ли прелази задати праг статистичке значајности

Потом дефинисати научни допринос и закључак

- Уочена повезаност сама по себи не доказује узрочни утицај; закључак мора одговарати дизајну истраживања.

Пример: брзина светлости

ПОЈЕДНОСТАВЉЕНИ ПРИМЕР ПРОВЕРЕ ХИПОТЕЗЕ

Питање
Да ли два посматрача која се крећу један у односу на другог мере различиту брзину светлости?

Хипотеза која се проверава
Брзина светлости зависи од кретања посматрача.

Предвиђање у примеру: најмања брзина при изласку Сунца (кретање ка Сунцу), највећа при заласку (удаљавање од Сунца), а средња када је Сунце на меридијану.

Пример: одбацивање хипотезе

ПРОВЕРА

Спровести мерења у три доба дана или истовремено на три одабране тачке на Земљи

ИСХОД У ПРИМЕРУ

Добија се иста брзина светлости у вакууму.

Почетна хипотеза се одбацује.

- Одбацивање хипотезе отвара нова питања и води новим хипотезама.

Саопштавање резултата

Резултат истраживања саопштава се у писаном научном раду, чланку или монографији.

- Приказ треба да буде прегледан и обухватан.
- Текст треба да буде концизан и прецизан.
- Саопштавају се резултати и објашњава истраживана појава.

Фундаментално и примењено

ФУНДАМЕНТАЛНА ИСТРАЖИВАЊА

Повећавају општи фонд научних чињеница и знања и отварају нове области сазнања.

Не морају имати непосредне, одмах применљиве резултате.

ПРИМЕЊЕНА ИСТРАЖИВАЊА

Повећавају знање које ће бити, или лако може бити, непосредно и брзо примењено у пракси.

Развојна истраживања

Заснивају се на фундаменталним и примењеним истраживањима и на искуству.

Усмерена су на стварање и практично коришћење нових метода, техника, материјала и технологија.

ЦИЦЕРОН, ДРЖАВНИК (106–43. П. Н. Е.)

„Није довољно стицати знање, већ га треба и употребљавати.”

Области истраживања (1)

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ

Астрономија, биологија, геофизика, геологија, географија, хемија, математика

ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ

Електротехника, машинство, металургија, архитектура, грађевинарство, рударство, саобраћај

БИОТЕХНИЧКЕ

Заштита биља, биљна производња, ветерина, сточна производња, шумарство

Области истраживања (2)

МЕДИЦИНСКЕ

Медицина, стоматологија и фармација

ДРУШТВЕНЕ

Антропологија, демографија, економија, филозофија, педагогија, политичке науке, психологија и социологија

КУЛТУРНО-ИСТОРИЈСКЕ

Историја, археологија, етнологија, лингвистика, филологија, књижевност и музикологија

Нове научне области

МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ (1879–1958)
МАТЕМАТИЧАР, ГЕОФИЗИЧАР, АСТРОНОМ, КЛИМАТОЛОГ

„Као што мућа у тамној ноћи обасја путнику цео хоризонт пред њим, тако се таквом мућом у мозгу генијалног човека отварају у науци нови видици и откривају нове области науке.”

- Информатика као наука

Развој рачунарства

COMPUTER SCIENCE

Прва појава термина везује се за 1959. годину.

Дисциплина се развија раније, током 1940-их, повезивањем логике, теорије алгоритама и првих дигиталних рачунара.

ДИЈКСТРИНО ПОРЕЂЕЊЕ

Назив „Computer Science" личи на назив „Knife Science" за хирургију.

Поента је превелики нагласак на рачунару као средству.

Шта проучава рачунарство?

ЈЕДАН ПРИСТУП

Практичан приступ израчунавању и применама израчунавања

ДРУГИ ПРИСТУП

Наука о структури, аутоматској обради и преносу података

Појаве, структуре и сложеност

NEWELL, PERLIS, SIMON — 1967

Computer Science is the study of phenomena related to computers.

WEGNER — 1968

Computer Science is the study of information structures.

DIJKSTRA — 1969

Computer Science is the study and management of complexity.

Апстракција и алгоритамски процеси

AHO AND ULLMAN — 1992

Computer Science is the mechanization of abstraction.

DENNING, P. J. ET AL. — 2001

The discipline of computing is the systematic study of algorithmic processes that describe and transform information: their theory, analysis, design, efficiency, implementation, and application.

Информатика и рачунарство

ДВА ТЕРМИНА

Информатика — *informatics*

Рачунарство — *computer science*

РАЗЛИЧИТЕ УПОТРЕБЕ

Термини се понекад користе као синоними, а понекад означавају различите појмове.

Значење термина тумачимо у образовном и научном контексту: ACM (Association for Computing Machinery, образовно и научно рачунарско друштво) и School of Informatics, University of Edinburgh.

Назив и повезане области

Назив **информатика** повезује речи **информација** и **аутоматика**.

БИОИНФОРМАТИКА

АСТРОИНФОРМАТИКА

ГЕОИНФОРМАТИКА

- Назив се користи и као део назива других дисциплина.

Информатика као шири појам

Информатика се може дефинисати шире од рачунарства.

РАЧУНАРСТВО

Са својим математичким основама

ТЕХНОЛОШКА ЗНАЊА

ИНЖЕЊЕРСКА ЗНАЊА

- Информатика има теоријске, примењене, математичке, техничке и инжењерске аспекте.

Представљање и обрада знања

ПРЕДСТАВЉАЊЕ

Подаци, информације и знање представљају се структурама и формализмима.

Примери: базе података, логички формализми, хеш табеле и правила извођења

ОБРАДА

Алгоритми и њихове имплементације обрађују податке, информације и знање.

Примери: сортирање, претрага и парсери природних и програмских језика

Хардвер и развој софтвера

АРХИТЕКТУРА

Фон Најманова архитектура
Паралелне и дистрибуиране архитектуре
Архитектура мрежа

СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Организовање развоја и одржавања великих информационих система

Метод водопада, брзи развој софтвера, екстремно програмирање и формалне методе

Теоријске основе

Теорије омогућавају испитивање особина и односа између задатака и техника.

ОСНОВЕ

Математика, логика, теорија аутомата, граматике и вероватноћа

ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ

Сложеност алгоритама и семантика програмских језика

Области у CS2023 (1)

ACM / IEEE-CS / AAAI — COMPUTER SCIENCE CURRICULA 2023

- Algorithmic Foundations (AL)
- Architecture and Organization (AR)
- Artificial Intelligence (AI)
- Data Management (DM)
- Foundations of Programming Languages (FPL)
- Graphics and Interactive Techniques (GIT)
- Human-Computer Interaction (HCI)
- Mathematical and Statistical Foundations (MSF)
- Networking and Communication (NC)

CS2023 — званични опис 17 области

Области у CS2023 (2)

ACM / IEEE-CS / AAAI — COMPUTER SCIENCE CURRICULA 2023

- Operating Systems (OS)
- Parallel and Distributed Computing (PDC)
- Security (SEC)
- Society, Ethics, and the Profession (SEP)
- Software Development Fundamentals (SDF)
- Software Engineering (SE)
- Specialized Platform Development (SPD)
- Systems Fundamentals (SF)

CS2023 — званични опис 17 области

Основна истраживачка питања

ЈЕДНОСТАВНИЈА УПОТРЕБА

Бољи интерфејси и језици
Апликације које препознају потребе
Препознавање и синтеза говора

ПОУЗДАНОСТ

Робуснији, сигурнији и безбеднији системи
Бољи инжењерски процеси, језици који спречавају грешке и статичка анализа

МОДЕЛОВАЊЕ СЛОЖЕНОГ

Рачунарски модели комплексних система
Нове технике моделовања, машинско учење и боље софтверско инжењерство

Облици научног резултата

- Теорија
- Закључак, запажање или објашњење
- Научни чланак
- Методологија
- Софтвер
- База података
- Подаци

Литература

- School of Informatics, University of Edinburgh — материјали о појму информатике.
- ACM / IEEE-CS / AAAI: *Computer Science Curricula 2023*.
- John G. Gammack, Valerie Hobbs, Diarmuid Pigott: *The Book of Informatics*, 2011.
- Зоран В. Поповић: *Како написати и објавити научно дело*. Академска мисао, Београд.

За Поповићеву књигу разликујте издање из 1999. године и повезани PDF са предговором из 2004. године.

Питања за понављање

- Шта је наука?
- Шта је научно истраживање?
- Које су фазе научног истраживања?
- Како се дефинишу рачунарство и информатика?
- Чиме се бави информатика као наука?
- Која су основна питања у информатици?
- Шта може бити резултат научног рада у информатици?