МЕТОДОЛОГИЈА СТРУЧНОГ И НАУЧНОГ РАДА

Наука и научни метод

Знање, истраживање и научно закључивање

Пратећи материјал за учење

проф. др Милена Вујошевић Јаничић

Математички факултет, Универзитет у Београду

Београд, 2026.

О овом материјалу

Научни рад захтева да јасно поставимо питање, изаберемо начин његовог испитивања и образложимо шта из резултата следи. Овај материјал за курс *Методологија стручног и научног рада* објашњава појмове научног знања, оборивости, истраживачког поступка и научног резултата. Примери помажу да се тај поступак повеже са различитим питањима, а затим са предметом и областима информатике.

Ауторка материјала је проф. др Милена Вујошевић Јаничић.

Садржај

О овом материјалу **i**

1 Појам науке и научног знања **1**
1.1 Од питања до научног резултата . . . 1
1.2 Како бисте дефинисали науку? . . . 1
1.3 Наука и ненаучне теорије . . . 1
1.4 Поперов критеријум оборивости . . . 2
1.5 Шта би оповргло тврдњу? . . . 2
1.6 Окамова оштрица . . . 3
1.7 Податак, информација, знање . . . 3
1.8 Наука као знање . . . 3
1.9 Наука као стицање знања . . . 4
1.10 Знање и поступак сазнавања . . . 4

2 Истраживач и истраживачки поступак **5**
2.1 Научно истраживање . . . 5
2.2 Мишљење истраживача . . . 5
2.3 Однос према раду и сарадњи . . . 5
2.4 Хеминг: велики резултати . . . 6
2.5 Постављање истраживања . . . 6
2.6 Ток истраживања . . . 6
2.7 Знање, сумња и самосталност . . . 7
2.8 Пример: истраживачко питање . . . 7
2.9 Пример: подаци и провера . . . 7
2.10 Пример: брзина светлости . . . 8
2.11 Пример: одбацивање хипотезе . . . 8
2.12 Саопштавање резултата . . . 8

3 Врсте и области истраживања **9**
3.1 Фундаментално и примењено . . . 9
3.2 Развојна истраживања . . . 9
3.3 Области истраживања (1) . . . 9
3.4 Области истраживања (2) . . . 10
3.5 Нове научне области . . . 10

4 Информатика и рачунарство **11**
4.1 Развој рачунарства . . . 11
4.2 Шта проучава рачунарство? . . . 11

4.3 Појаве, структуре и сложеност . . . 11
4.4 Апстракција и алгоритамски процеси . . . 12
4.5 Информатика и рачунарство . . . 12
4.6 Назив и повезане области . . . 12
4.7 Информатика као шири појам . . . 12
4.8 Представљање и обрада знања . . . 13
4.9 Хардвер и развој софтвера . . . 13
4.10 Теоријске основе . . . 13
4.11 Области у CS2023 (1) . . . 14
4.12 Области у CS2023 (2) . . . 14
4.13 Основна истраживачка питања . . . 15
4.14 Облици научног резултата . . . 15

5 Извори и понављање **17**
5.1 Литература . . . 17
5.2 Питања за понављање . . . 17

1

Појам науке и научног знања

Прва целина полази од питања шта је наука и како разликовати научно објашњење од тврдње која се прилагођава сваком могућем исходу. Потом повезује податке, информације, знање и поступак њихове провере.

1.1 Од питања до научног резултата

До научног резултата долазимо повезивањем питања, начина провере и закључка. Најпре треба разумети шта је предмет испитивања и шта желимо да сазнамо. Затим бирамо поступак који може да одговори на то питање и одређујемо који налаз би подржао или довео у питање почетно објашњење.

За тај рад повезујемо три групе појмова. Наука као знање обухвата систематизоване и проверљиве тврдње. Научно истраживање обухвата поступке њиховог стицања и провере. У информатици се ови поступци примењују на питања о израчунавању, информацијама, алгоритмима и системима.

Различит предмет може захтевати различит начин провере. Експериментално поређење програма и математички доказ особине алгоритма имају различите кораке, али у оба случаја треба објаснити шта је испитивано, под којим условима и шта је утврђено.

1.2 Како бисте дефинисали науку?

Како бисте дефинисали науку? При одговору размотрите шта се проучава, како се знање стиче и како се проверава. Списак чињеница не објашњава сам по себи зашто те чињенице прихватамо нити како бисмо исправили погрешну тврдњу.

Један део дефиниције зато се односи на организовано знање: појмове, чињенице и објашњења међусобно повезане у целину. Други се односи на метод: пажљиво постављена питања, посматрање, експеримент, логичко расуђивање и проверу која одговара области. Оба дела су потребна да бисмо разумели науку и као резултат и као активност.

Мисао „Наука је најбољи противотров за отров празноверја”, која се приписује Адаму Смиту, економисти (1723–1790), подстиче питање на чему заснивамо уверење. У научном разматрању потребно је објаснити разлоге за прихватање тврдње и услове под којима бисмо је преиспитали.

1.3 Наука и ненаучне теорије

Научно објашњење треба процењивати према начину на који повезује тврдњу са могућом провером. Стручне речи и уверљив наступ нису довољни: треба одредити које појаве објашњење описује, шта предвиђа и како бисмо проценили успешност тог предвиђања.

Упоредимо метеоролошку прогнозу са неодређеним предвиђањем о будућим догађајима. За прогнозу можемо записати место, временски период и појаву коју очекујемо, а потом упоредити предвиђање са забележеним условима. Ако је предвиђање формулисано тако широко да му сваки исход одговара, није јасно како бисмо уопште оценили његову успешност. Иста питања о прецизности и провери треба поставити и када разматрамо астролошку тврдњу.

Разлика између научне и ненаучне теорије зато се разматра кроз метод, услове примене и однос према неповољном налазу. Посебно је важно питање: које би опажање противречило објашњењу?

1.4 Поперов критеријум оборивости

Према критеријуму Карла Попера, емпиријска теорија је оборива ако можемо замислити опажање које би јој противречило. Теорија тиме поставља очекивање које може бити изложено провери. Ако се може ускладити са сваким могућим исходом, није јасно шта њено прихватање искључује.

На пример, за тврдњу о одређеној појави на датом месту и у датом периоду можемо одредити шта би значило да појава није забележена. Насупрот томе, ако после сваког исхода мењамо значење тврдње тако да она остане тачна, губимо унапред одређен критеријум провере.

Оборивост не значи да је теорија већ оповргнута. Она значи да постоји могућност неповољног исхода по теорију. Поперов *The Logic of Scientific Discovery* разматра овај критеријум за емпиријске теорије. Математичко доказивање има другачију улогу и поступак: ваљаност математичке тврдње испитује се у односу на претпоставке и правила закључивања.

1.5 Шта би оповргло тврдњу?

Могућност оповргавања постаје јаснија када раздвојимо тврдњу, очекивано опажање и исход који јој противречи. Неодређену тврдњу треба најпре прецизирати, јер без тога није јасно шта проверавамо.

- **Прогноза времена.** Ако предвиђамо кишу на одређеном месту у одређеном периоду, треба одредити начин бележења падавина. Изостанак предвиђене појаве може противречити тако формулисаној прогнози.
- **Астролошко предвиђање.** За конкретну тврдњу питајте шта она тачно предвиђа и како ћемо разликовати испуњење од неиспуњења. Неодређени појмови и накнадно тумачење сваког догађаја као потврде отежавају проверу.
- **Тврдња о интелигентним и технолошки развијеним ванземаљцима који владају светом.** Потребно је навести које би доступно опажање могло да јој противречи. Ако се сваки недостатак података унапред тумачи као потврда успешног скривања, тврдња избегава ризик провере. Сличан проблем јавља се код теорија завере које сваки противаргумент укључују у саму заверу.

Закључак о проверљивости односи се на конкретну формулацију и поступак. Зато наведите услове пре него што исход постане познат.

Кратак задатак

За једну тврдњу из свакодневног живота наведите податак који би јој ишао у прилог и податак који би јој противречио. Ако не можете да наведете други, проверите да ли је тврдња довољно прецизна за емпиријску проверу.

1.6 Окамова оштрица

Окамова оштрица је смерница за избор између објашњења: када су једнако сагласна са опажањима, предност дајемо оном које уводи мање непотребних претпоставки. Услов о сагласности је важан. Једноставније објашњење које изоставља релевантне појаве не решава исти задатак.

Замислимо да после неповољног исхода уведемо нову, независно непроверену претпоставку само да бисмо сачували почетно објашњење. Ако то понављамо после сваког исхода, повећавамо број претпоставки, а да не добијамо јасније предвиђање. Треба питати шта додата претпоставка објашњава и како би се испитала.

Једноставност не гарантује тачност. Нова опажања и даље треба да могу да доведу изабрано објашњење у питање. Различита значења једноставности и њене улоге у избору теорија разматра одредница *Simplicity* у Stanford Encyclopedia of Philosophy.

1.7 Податак, информација, знање

Податак је запис или вредност представљена бројем, словима, сликом или звуком. Информација настаје када податку придружимо значење у контексту. Знање повезује информације са искуством, тумачењем и размишљањем и омогућава да их употребимо за разумевање проблема.

Узмимо замишљено мерење програма. Сам запис „15” не говори шта је мерено. Запис „време извршавања овог програма на датом улазу је 15 милисекунди” већ даје значење, јединицу и контекст. Ако упоредимо низ таквих мерења, услове у којима су настала и особине алгоритма, можемо разматрати објашњење понашања програма.

Једно мерење не оправдава општи закључак о свим улазима. За прелаз ка знању потребни су везе између информација и образложење домета тврдње. Прикупљање записа зато треба повезати са питањем и начином тумачења.

1.8 Наука као знање

Науку можемо посматрати као сређено, систематизовано и проверено сазнање, постигнуто методичним, пажљивим и савесним истраживањем. У овом одређењу нагласак је на организованом резултату: чињенице и тврдње повезане су појмовима и објашњењима која се могу разумети и испитивати.

Систематизовано знање омогућава да нови резултат упоредимо са претходним. Ако су услови различити, треба објаснити ту разлику; ако нови налаз противречи прихваћеном објашњењу, треба испитати и поступак и објашњење. Тако знање остаје подложно провери и допуни.

Мисао „Знање је светлост која осветљава наш пут кроз живот”, приписана Михајлу Пупину, научнику и проналазачу (1858–1935), истиче његову вредност за оријентацију и деловање.

Да бисмо се на знање ослонили, потребно је разумети на чему се заснива и где су границе његове примене.

1.9 Наука као стицање знања

Наука је и систематски подухват стицања знања: прикупљамо опажања, организујемо их и повезујемо законима и теоријама које се могу проверавати. Теорија помаже да више појединачних налаза разумемо кроз заједничке појмове и односе.

Мисао приписана Алберту Ајнштајну, теоријском физичару (1879–1955), наглашава тежњу да се што више емпиријских чињеница обухвати логичким расуђивањем из што мањег броја хипотеза и аксиома. Ово повезује објашњавајућу снагу са јаснијом претпоставки. Потребно је знати из чега се закључује, а затим проверити да ли закључци одговарају опажањима.

У односу на науку као већ организовано знање, овај поглед наглашава поступак: питање, испитивање, исправљање и повезивање резултата. Нови налаз може проширити знање или показати да постојеће објашњење треба ограничити.

1.10 Знање и поступак сазнавања

Наука повезује откриће и доказ, метод и систем, истраживање и излагање. Начин провере зависи од области: математичка тврдња може захтевати формалан доказ, док емпиријска тврдња захтева податке и поступак који одговарају питању. Не треба изједначити статистички налаз са математичким доказом.

Научно знање тежи објективности, логичкој аргументацији и систематичности у описивању законитости, чињеница, узрока и појава. Стиче се и проверава прецизним посматрањем, поновљивим експериментом и ваљаним размишљањем. Зато је потребно објаснити и шта је добијено и како је добијено.

2

Истраживач и истраживачки поступак

Истраживање повезује јасно постављен проблем, метод и одговоран однос према раду. Ова целина прати особине и навике које подржавају рад, затим фазе истраживања и два наставна примера провере хипотезе.

2.1 Научно истраживање

Научно истраживање је систематско, планско и објективно испитивање проблема према методолошким правилима. Његова сврха је поуздан и прецизан одговор на унапред постављено питање. Избор података и метода треба да следи из тог питања.

На пример, ако желимо да упоредимо време извршавања два поступка, морамо одредити задатак, улазе, услове мерења и начин поређења. Тек тада појединачно измерено време добија значење за наше питање. Накнадна промена критеријума само зато што даје повољнији резултат отежала би тумачење.

Мисао приписана Баруху Спинози, филозофу (1632–1677), о очуваној дечјој радозналости повезује један добијени одговор са многим новим питањима. Радозналост отвара проблем, а систематичан поступак омогућава да га испитамо и објаснимо другима.

2.2 Мишљење истраживача

Истраживачко мишљење повезује уочавање проблема, разлагање на делове, повезивање налаза и разматрање алтернатива. За то су важни интелигенција и моћ запажања, анализа и синтеза, креативност и интуиција, неуобичајен начин размишљања, иницијативност и флексибилност, критичност и самокритичност, умешност и систематичност.

Анализа помаже да се издвоје делови проблема, а синтеза да се њихови односи поново сагледају у целини. Креативност може предложити ново објашњење, али су потребни услови и поступак његове провере. Интуиција тако постаје полазиште за питање које се може испитати.

Критичност се односи и на сопствени рад. Ако су два мерења различита, проверите услове пре него што разлику припишете алгоритму. Систематично бележење омогућава да касније реконструишете одлуке, а флексибилност да промените приступ када налази покажу његово ограничење. Ове навике се развијају кроз конкретан рад.

2.3 Однос према раду и сарадњи

Воља и истрајност помажу да се настави и после неповољног резултата. Поштење и одговорност захтевају да се налази прикажу верно, а марљивост и тачност да поступак буде пажљиво спроведен. Жеља за сарадњом важна је за размену знања и критичко разматрање идеја.

Радна навика се види у поступцима: бележењу услова мерења, чувању неуспелих покушаја који су важни за разумевање, провери туђег предлога и објашњавању сопственог избора. Неповољан налаз треба испитати и приказати, јер може показати ограничење које успешни примери нису открили.

Мисао да научник најчешће није геније, већ особа просечне памети, натпросечне вредноће и велике усредсређености скреће пажњу на упорност и фокус. За процену рада ипак су пресудни конкретно питање, поступак и образложени резултати. Личну посвећеност треба претворити у пажљиво организован рад.

2.4 Хеминг: велики резултати

У *You and Your Research*, Хеминг разматра шта помаже постизању великих истраживачких резултата. Полазно питање је избор важног проблема: зашто би одговор био вредан и шта би променио у разумевању области? Важно је разликовати значај питања од лакоће његовог решавања.

Успех повезује са уделом среће, емотивном посвећеношћу и креативношћу, храброшћу, толеранцијом неодређености, енергичношћу, циљевима и условима за рад. Храброст је потребна за рад на проблему чији исход није познат. Толеранција неодређености омогућава да идеју истражујемо док још немамо потпуно објашњење, уз спремност да је преиспитамо.

Посвећеност треба повезати са критичношћу. Ако провера не подржи хипотезу, задатак је да разумемо налаз. Циљеви и услови за рад помажу да се време и енергија усмере ка изабраном проблему. За даље читање о овим темама наведени су Петар Јовановић и Meryem Belcaida, „Hamingove heuristike za postizanje velikih rezultata u istraživanju”.

2.5 Постављање истраживања

Постављање истраживања повезује три одлуке: које питање постављамо, које појмове и претпоставке користимо и како ћемо питање испитати. Проблем описује шта нам недостаје у разумевању, а циљ шта желимо да утврдимо.

Варијабле су обележја чије вредности посматрамо, док хипотеза изражава очекивани однос или одговор који проверавамо. Ако поредимо два алгоритма за исти задатак, треба одредити шта је улаз, која је мера успешности и који услови су исти. Хипотеза може предвиђати краће време једног поступка у одређеној групи улаза; њен домет треба записати пре мерења.

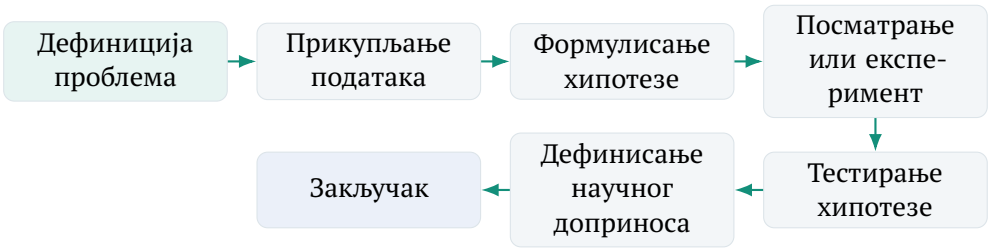
На основу тога бирамо узорак, методе и технике. Није довољно измерити било који пример: подаци морају одговарати питању и начину поређења. Ако појам „бољи” није разјашњен као време, тачност, употребљивост или друго својство, неће бити јасно ни шта резултат показује.

2.6 Ток истраживања

Истраживање логички повезује дефиницију проблема, прикупљање података, формулисање хипотезе, посматрање или експеримент, тестирање хипотезе, одређивање научног доприноса и закључак. Слика 2.1 приказује те везе. У стварном раду нови налаз може захтевати повратак на ранију одлуку и прецизније постављање питања.

Подаци који помажу да се хипотеза осмисли имају другачију улогу од поступка којим је потом испитујемо. На пример, необично понашање програма може покренути питање, али објашњење тог понашања захтева планирану проверу. После провере издвајамо шта је ново утврђено, шта остаје нејасно и у којим условима закључак важи.

Мисао Ивана Ђаје, биолога и физиолога (1884–1957), „Ниједан дан без експеримента”, истиче вредност сталног испитивања. Начин провере бира се према предмету: посматрање, експеримент и теоријско разматрање имају различите улоге, које треба јасно описати.



Слика 2.1. Логички повезане фазе истраживања, од дефинисања проблема до закључка.

2.7 Знање, сумња и самосталност

Познавање литературе омогућава да разумемо шта је већ утврђено и која су питања отворена. Самосталност захтева да размотримо разлоге за тврдњу и онда када је износи ауторитет. Сумња је продуктивна када се претвори у питање које можемо да испитамо.

Три мисли могу помоћи да се овај однос размотри. Гете, писац, научник и филозоф (1749–1832), повезује раст знања са растом сумње. Олдос Хаксли, писац (1894–1963), истиче преиспитивање ранијих научних ауторитета. Павлу Савићу, физикохемичару (1909–1992), приписује се провокативна реченица „Немој сувише учити, то је штетно.”

Ове мисли подстичу повезивање учења са сопственим размишљањем. Када прочитате објашњење, издвојте претпоставке, начин провере и домет закључка. Затим образложите шта прихватате, шта остаје нејасно и каква би допуна помогла. Само позивање на име аутора не решава та питања.

2.8 Пример: истраживачко питање

Посматрајмо питање: да ли гојазност утиче на учесталост кардиоваскуларних болести? Хипотеза коју у овом наставном примеру проверавамо гласи да гојазнији људи чешће оболевају од кардиоваскуларних болести него мршавији. То је почетна претпоставка, а не резултат приказаног истраживања.

Да би питање могло да се испита, треба унапред дефинисати категорије, посматрану болест и период, као и то ко улази у поређење. Речи „гојазнији” и „чешће” морају добити јасно значење у поступку. Потом се бирају подаци и начин провере који одговарају тако постављеном питању.

Питање о утицају захтева више од уочене повезаности. Зато при закључивању треба разликовати шта поређење непосредно показује од тога шта би било потребно за узрочно тумачење. Овде није дат налаз стварне студије, већ поставка за разумевање те разлике.

2.9 Пример: подаци и провера

За проверу постављене хипотезе можемо размотрити два начина посматрања. Први упоређује учесталост обољевања међу великим бројем гојазних и мршавих испитаника. Други упоређује заступљеност гојазности међу оболелима и у општој популацији. У сваком случају треба јасно одредити групе, меру и основицу.

Статистичка провера испитује податке у односу на постављену хипотезу и унапред изабрани праг статистичке значајности. Пошто у овој поставци нема бројева испитаника и исхода, не можемо израчунати резултат нити прогласити хипотезу потврђеном. Можемо објаснити који су нам подаци потребни и шта би се поредило.

Уочена повезаност сама по себи не утврђује узрочни утицај. Треба размотрити друге разлике међу групама и могућности изабраног дизајна. Допринос и закључак формулишу се тек у складу са тим поступком и стварним налазом.

2.10 Пример: брзина светлости

За разумевање везе хипотезе и предвиђања узмимо поједностављену, замишљену поставку мерења брзине светлости. Питање је да ли два посматрача која се крећу један у односу на другог мере различиту брзину светлости. Почетна хипотеза гласи да брзина зависи од кретања посматрача.

Као део ове поједностављене поставке узмимо следеће предвиђање: најмања брзина очекује се при изласку Сунца, описаном као кретање ка Сунцу, највећа при заласку, описаном као удаљавање, а средња када је Сунце на меридијану. Овде је важно да смо пре мерења навели које разлике очекујемо.

Ово је шема логике провере са унапред задатим предвиђањем. Потпун физички експеримент захтевао би одређене референтне системе, геометрију, мерни поступак и несигурност. Из наведене шеме не изводимо опис стварног историјског експеримента.

2.11 Пример: одбацивање хипотезе

У замишљеној провери можемо планирати мерења у три доба дана или истовремено на три одабране тачке на Земљи. Пре тумачења треба одредити колику би разлику предвиђала хипотеза и да ли поступак мерења може да је разликује.

Претпоставимо да је исход примера иста измерена брзина светлости у вакууму у границама мерне несигурности. Ако је почетна хипотеза предвиђала разлику коју би поступак могао да уочи, тај исход јој противречи и у оквиру ове поставке одбацујемо је. Јасно се разликују предвиђање пре провере и исход после провере.

Одбацивање хипотезе може бити вредан резултат: показује да почетно објашњење не одговара исходу и усмерава нова питања. У извештају треба навести и мерне услове и ограничења, како би читалац разумео зашто је закључак оправдан.

2.12 Саопштавање резултата

Резултат се саопштава у писаном научном раду, чланку или монографији. Приказ треба да буде прегледан и обухватан, а текст концизан и прецизан. Треба представити резултате и објаснити истраживану појаву, уз довољно података да читалац разуме поступак и домет закључка.

Обухватност не значи укључивање сваког детаља без избора, већ присуство онога што је потребно за разумевање и процену. Концизност не значи изостављање услова под којима налаз важи. Писање је део истраживачког рада јер захтева да се јасно повежу питање, поступак, резултат и тумачење.

3

Врсте и области истраживања

Класификације помажу да се разликују сврхе истраживања и предмети проучавања. Најпре разматрамо фундаментално, примењено и развојно истраживање, а затим групе области у којима се постављају различита питања.

3.1 Фундаментално и примењено

Фундаментална истраживања повећавају општи фонд научних чињеница и знања и могу отворити нове области сазнања. Њихов резултат не мора имати непосредну практичну примену. На пример, питање о општим ограничењима неке класе алгоритама усмерено је ка разумевању могућности израчунавања.

Примењена истраживања усмеравају се ка знању које ће бити, или лако може бити, непосредно употребљено у пракси. Ако за одређени проблем испитујемо који приступ испуњава задате услове, веза са применом је непосреднија. И ту треба објаснити питање, критеријуме и поступак провере.

Разлика се односи на сврху и усмерење. Оба облика захтевају образложен резултат, а непостојање тренутне примене само по себи не говори о научној вредности налаза.

3.2 Развојна истраживања

Развојна истраживања заснивају се на фундаменталним и примењеним истраживањима и на искуству. Усмерена су ка стварању и практичном коришћењу нових метода, техника, материјала и технологија. Знање се повезује са развојем решења и испитивањем његових особина.

За софтверско решење то може значити прелаз од познатог поступка до прототипа који ради у одређеним условима. Треба описати које одлуке су донете, шта је реализовано и како је процењено да решење испуњава своју намену. Само постојање имплементације не објашњава њене особине.

Мисао приписана Цицерону, државнику (106–43. п. н. е.), „Није довољно стицати знање, већ га треба и употребљавати”, наглашава примену знања. Развојни резултат постаје разумљив када се практична употреба повеже са условима и начином провере.

3.3 Области истраживања (1)

Према предмету проучавања можемо издвојити следеће групе области. Природно-математичке области обухватају астрономију, биологију, геофизику, геологију, географију, хемију и математику. Техничко-технолошке обухватају електротехнику, машинство, металургију, архитектуру, грађевинарство, рударство и саобраћај. Биотехничке обухватају заштиту биља, биљну производњу, ветерину, сточну производњу и шумарство.

Примери помажу да се види ширина предмета истраживања. Подударање метода или предмета између области могуће је и када су оне у подели приказане одвојено. За конкретан рад важно је да се поред области одреде проблем, предмет и употребљене методе.

3.4 Области истраживања (2)

Други део поделе обухвата медицинске области — медицину, стоматологију и фармацију; друштвене — антропологију, демографију, економију, филозофију, педагогију, политичке науке, психологију и социологију; културно-историјске — историју, археологију, етнологију, лингвистику, филологију, књижевност и музикологију.

Сврха списка је оријентација у различитим предметима и приступима. Исто истраживачко питање може захтевати сарадњу више области, па назив области не замењује опис конкретног проблема и метода.

3.5 Нове научне области

Нове научне области обликују се када се појаве нови предмети, питања и приступи, често на додиру постојећих дисциплина. За њихово разумевање треба препознати које проблеме издвајају и којим методама их испитују. Сам нови назив није довољан да одреди предмет области.

Милутин Миланковић (1879–1958), математичар, геофизичар, астроном и климатолог, повезује више области. Његова мисао о муњи која обасјава хоризонт служи као слика откривања нових видика. У истраживању нову идеју треба повезати са питањима и поступком којим може бити размотрена.

Информатика отвара питања о представљању и обради информација, израчунавању, апстракцији и сложености. Зато њен предмет треба одредити шире од једног уређаја или алата и повезати га са задацима које проучава.

4

Информатика и рачунарство

Различите дефиниције истичу различите делове области. Заједно помажу да се објасни зашто информатика обухвата теоријске основе, представљање и обраду информација, системе и њихову примену.

4.1 Развој рачунарства

У историјском прегледу развоја области појава термина *Computer Science* везује се за 1959. годину, док се развој дисциплине смешта раније, у 1940-е, кроз повезивање логике, теорије алгоритама и првих дигиталних рачунара. Овај преглед показује да назив дисциплине и почеци њеног предмета не морају настати истовремено.

Дијкстрино поређење повезује назив *Computer Science* са називом *Knife Science* за хирургију. Његова поента је претерани нагласак на средству: предмет области није ограничен на машину, већ обухвата појмове и процесе који се њоме испитују и остварују.

4.2 Шта проучава рачунарство?

Рачунарство проучава израчунавање и његове примене, као и структуру, аутоматску обраду и пренос података. Прво одређење наглашава процесе и њихову употребу, а друго начине организовања података и поступке којима се они мењају и преносе.

Узмимо задатак претраживања записа. Треба одредити како су записи представљени, шта значи да запис одговара упиту и којим алгоритмом га тражимо. Потом можемо испитивати тачност, ресурсе потребне за претрагу и услове у којима се поступак користи. Тако исти проблем повезује структуре, алгоритме и примену.

Дефиниција зато помаже да поставимо питања о особинама поступка. Коришћење рачунара остварује поступак, док научно разматрање објашњава његове могућности и ограничења.

4.3 Појаве, структуре и сложеност

Историјске дефиниције истичу различите стране рачунарства. Newell, Perlis и Simon (1967) наглашавају проучавање појава повезаних са рачунарима. Wegner (1968) наглашава информационе структуре. Dijkstra (1969) наглашава проучавање сложености и управљање њоме.

Ови нагласци могу се повезати са истим задатком. За један систем можемо испитивати његово понашање, начин организовања података и начин на који су сложене компоненте повезане у разумљиву целину. Сваки приступ издваја друга питања и критеријуме.

При читању дефиниције зато питајте који део области она истиче и како се тај део испитује. Појам сложености треба одредити у контексту: разматрање ресурса алгоритма и управљање организацијом великог система нису исто питање.

4.4 Апстракција и алгоритамски процеси

Апстракција издваја битне особине проблема и оставља по страни детаље који нису потребни за задатак. Aho и Ullman (1992) описују рачунарство као механизацију апстракције: изабрано представљање омогућава да поступак буде јасно описан и извршен.

На пример, при тражењу пута кроз мрежу можемо представити места чворовима, а могуће везе гранама. Алгоритам тада ради над тим моделом. Треба објаснити шта модел чува, које детаље изоставља и да ли добијени пут одговара стварном задатку. Иста апстракција може бити употребљива у различитим применама.

Denning и сарадници (2001) наглашавају систематско проучавање алгоритамских процеса који описују и трансформишу информације: њихову теорију, анализу, пројектовање, ефикасност, имплементацију и примену. Ово повезује модел са испитивањем особина поступка и његовом реализацијом.

4.5 Информатика и рачунарство

Информатика се повезује са термином *informatics*, а рачунарство са *computer science*. У различитим традицијама употребљавају се као синоними или означавају различит обухват. При читању научног текста зато треба разумети како је аутор одредио предмет, поред самог превода назива.

Употребе ових термина разматрају се и у образовним и научним оквирима ACM-a, Association for Computing Machinery, и School of Informatics, University of Edinburgh. Институционални назив може усмерити пажњу на шири или ужи део области, али конкретна дефиниција показује шта се обухвата.

Када сами пишете, наведите да ли говорите о алгоритамским процесима, информацијама и њиховој обради, развоју система или ширем споју ових тема. Тиме читалац добија смисао термина у вашем раду.

4.6 Назив и повезане области

Назив информатика повезује речи информација и аутоматика. Користи се и у називима области као што су биоинформатика, астроинформатика и геоинформатика. Ти називи усмеравају пажњу на повезивање начина представљања и обраде података са предметима других дисциплина.

За разумевање такве области треба описати и доменски проблем и рачунарски приступ. Назив указује на везу, али тек конкретно питање показује шта се истражује и којим методама.

4.7 Информатика као шири појам

У ширем одређењу информатика обухвата рачунарство са математичким основама, технолошка и инжењерска знања. Тако повезује теоријске, примењене, математичке, техничке и инжењерске аспекте рада са информацијама и системима.

На једном проблему могу бити потребни формалан модел, алгоритам, архитектура система и практична реализација. Модел одређује шта описујемо, алгоритам поступак обраде, а реализација како поступак остварујемо у конкретним условима. Процена решења треба да одговара аспекту који је предмет испитивања.

При опису рада издвојте главно питање и објасните како га остали аспекти подржавају. Тиме се избегава да списак употребљених технологија замени образложење проблема и решења.

4.8 Представљање и обрада знања

Представљање одређује структуре и формализме којима описујемо податке, информације и знање. Примери су базе података, логички формализми, хеш табеле и правила извођења. Избор представљања утиче на то шта лако можемо да изразимо и које операције су погодне.

На пример, за евиденцију студената треба одредити како се запис препознаје и која обележја садржи. Структура која подржава брзо проналажење по идентификатору служи другачијој операцији од поступка који све записе поређа по другом обележју. При избору представљања зато треба знати шта ћемо са подацима радити.

Обрада се остварује алгоритмима и њиховим имплементацијама: сортирањем, претрагом или парсерима природних и програмских језика. Парсер испитује структуру записа према одређеним правилима. Представљање и обрада су повезани јер поступак ради над структуром, а структура се бира уз разумевање потребних поступака.

4.9 Хардвер и развој софтвера

Архитектура описује организацију компоненти и начин њихове сарадње. Фон Најманова архитектура, паралелне и дистрибуиране архитектуре и архитектура мрежа издвајају различите начине организовања извршавања и комуникације. За конкретан поступак треба знати у каквом систему ће радити.

Софтверско инжењерство бави се организовањем развоја и одржавања великих информационих система. Примери приступа су метод водопада, брзи развој софтвера, екстремно програмирање и формалне методе. Они усмеравају пажњу на редослед и начин развоја, сарадњу, промене или прецизно описивање и проверу особина.

На пример, захтев за сарадњом више компоненти треба повезати и са архитектуром и са поступком развоја. Потребно је договорити интерфејсе, начин интеграције, проверу и одржавање. Избор приступа образлаже се према проблему, расположивим условима и особинама које треба постићи.

4.10 Теоријске основе

Теоријске основе омогућавају да се прецизно опишу задаци и поступци и испитају њихове особине. Математика, логика, теорија аутомата, граматике и вероватноћа дају различите језике и методе за такво разматрање.

Када испитујемо сложеност алгоритма, интересује нас како потребни ресурси зависе од улаза и задатка. Када испитујемо семантику програмског језика, потребно је одредити значење његових конструкција. Граматика помаже да се опише дозвољена структура записа, а логика да се прецизира закључивање о својствима.

Ове основе подржавају разумевање практичног решења. На пример, програм може успешно радити на неколико примера, док питање о свим дозвољеним улазима захтева општије образложење. Теоријски оквир помаже да се разликује оно што је виђено у примеру од онога што важи под наведеним претпоставкама.

4.11 Области у CS2023 (1)

Смернице *Computer Science Curricula 2023* (CS2023), које су припремили ACM, IEEE-CS и AAAI, организују знања у рачунарству у 17 области. То је подела садржаја наставног програма: једна област не мора одговарати једном предмету, а предмет може повезивати више области. Називи и скраћенице помажу да тему рада повежемо са одговарајућим појмовима и методама. Следећа табела обухвата првих девет области са званичног списка CS2023.

Ознака	Назив области	Предмет у кратким цртама
AL	Algorithmic Foundations	Алгоритми, сложеност и модели израчунавања
AR	Architecture and Organization	Архитектура и организација рачунара
AI	Artificial Intelligence	Претраживање, закључивање и машинско учење
DM	Data Management	Чување, организовање и претраживање података
FPL	Foundations of Programming Languages	Синтакса, семантика и типови у програмским језицима
GIT	Graphics and Interactive Techniques	Графика, визуелизација и интерактивне технике
HCI	Human-Computer Interaction	Интеракција човека и рачунара
MSF	Mathematical and Statistical Foundations	Дискретна математика, вероватноћа, статистика и линеарна алгебра
NC	Networking and Communication	Умрежавање и комуникација

Области се повезују у конкретним задацима. На пример, систем препорука захтева управљање подацима, методе вештачке интелигенције и разумевање интеракције са корисником. За сопствену тему можете издвојити примарну област и области чије методе користите као подршку.

4.12 Области у CS2023 (2)

Преосталих осам области CS2023 обухвата оперативне системе, паралелно и дистрибуирано рачунарство, безбедност, развој софтвера и друштвену и професионалну одговорност. Оне помажу да разумемо како се компоненте повезују у систем, како се софтвер развија и проверава и какве последице његова употреба може имати.

Ознака	Назив области	Предмет у кратким цртама
OS	Operating Systems	Оперативни системи
PDC	Parallel and Distributed Computing	Паралелизам, конкурентност и дистрибуирани системи
SEC	Security	Претње, заштита података и безбедност система

SEP	Society, Ethics, and the Profession	Друштвени утицај, етика и професионална одговорност
SDF	Software Development Fundamentals	Основе програмирања, структуре података и тестирање
SE	Software Engineering	Захтеви, пројектовање, провера и одржавање софтвера
SPD	Specialized Platform Development	Развој за специјализоване платформе, попут уграђених и роботских система
SF	Systems Fundamentals	Везе хардвера и софтвера и основни принципи система

Друштвена, етичка и професионална питања припадају области SEP, али се разматрају и у вези са другим областима. На пример, систем препорука отвара и питања приватности, пристрасности и одговорности за последице препорука. Разумевање решења зато обухвата и његову техничку реализацију и околности у којима се користи.

4.13 Основна истраживачка питања

Истраживачка питања у информатици можемо груписати према циљу који желимо да постигнемо:

- **Једноставнија употреба.** Бољи интерфејси и језици, апликације које препознају потребе и препознавање и синтеза говора треба да олакшају употребу система. Конкретно питање треба да одреди коме, који задатак и по ком критеријуму желимо да олакшамо.
- **Поузданост.** Робуснији, сигурнији и безбеднији системи захтевају испитивање понашања у различитим условима. Бољи инжењерски процеси, језици који спречавају грешке и статичка анализа могу бити предмет таквог рада. Треба навести које грешке или ризике испитујемо.
- **Моделовање сложеног.** Рачунарски модели комплексних система, нове технике моделовања, машинско учење и софтверско инжењерство повезују представљање сложене појаве са поступком обраде и процене. Потребно је објаснити шта модел чува и како се оцењује његова употребљивост.

Шири циљ усмерава избор теме, али истраживачко питање треба сузити. „Направити бољи систем” прецизирајте навођењем корисника, задатка, услова и мере по којој ћете проценити побољшање.

4.14 Облици научног резултата

Научни резултат може имати облик теорије, закључка, запажања или објашњења, методологије, софтвера, базе података или скупа података. Научни чланак саопштава поступак и резултате и омогућава њихово разматрање у заједници. Једно истраживање може повезати више ових облика.

Потребно је разликовати шта је добијено од тога како је допринос образложен. За софтвер треба описати проблем, приступ, реализоване особине и проверу. За скуп података треба

објаснити начин настанка, садржај, услове употребе и ограничења. За методологију треба показати поступак и сврху његових корака.

На пример, рад може предложити поступак обраде, реализовати га у програму и испитати на одређеним подацима. Читалац тада треба да разуме шта је допринос поступка, шта показује имплементација и који закључак подржава испитивање. Облик резултата сам по себи не замењује то образложење.

5

Извори и понављање

Литература омогућава детаљније разматрање научног метода и предмета информатике. При понављању повежите појмове и примените их на пример: одредите питање, поступак и домет закључка.

5.1 Литература

За појам информатике, научни метод и саопштавање резултата користе се следећи извори:

- School of Informatics, University of Edinburgh — материјали о појму информатике.
- ACM / IEEE-CS / AAAI, *Computer Science Curricula 2023*; списак и описи области.
- 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 библиографски податак о издању из 1999. године и повезани PDF са предговором из 2004. године. При цитирању наведите податке из издања које користите. Једноставност објашњења додатно разматра јавна одредница *Simplicity*, Stanford Encyclopedia of Philosophy.

Историјске мисли отварају питања о знању, радозналости и самосталности. Научну тврдњу треба образложити поступком и налазима, а при непосредном цитирању користити дело из којег је цитат преузет.

5.2 Питања за понављање

Проверите разумевање тако што ћете на свако питање одговорити својим речима и применити појам на конкретан пример:

1. **Шта је наука?** Повежите науку као систематизовано знање и као поступак стицања и провере знања. Објасните место оборивости и једноставности објашњења.
2. **Шта је научно истраживање?** Издвојте проблем, унапред постављено питање, методолошка правила и поузданост одговора.
3. **Које су фазе научног истраживања?** Пратите ток од дефиниције проблема до закључка и објасните логичку везу корака.
4. **Како се дефинишу рачунарство и информатика?** Упоредите нагласке на израчунавању, структурама информација, сложености и апстракцији.
5. **Чиме се бави информатика као наука?** Повежите представљање, обраду, архитектуру, развој софтвера и теоријске основе.

6. **Која су основна питања у информатици?** Објасните групе питања о једноставнијој употреби, поузданости и моделовању сложеног.
7. **Шта може бити резултат научног рада у информатици?** Наведите различите облике резултата и објасните шта је потребно да се њихов допринос разуме и процени.

Кратак задатак

Изаберите један пројекат који познајете. Запишите предмет, једно прецизно питање, очекивани облик резултата и начин процене. Потом проверите да ли предложени поступак заиста може да одговори на то питање и које ограничење треба навести.

Научни рад повезује јасно питање, одговарајући поступак, резултат и образложен закључак. У информатици се та веза може остварити кроз различите предмете и облике резултата, али читалац треба да разуме шта је испитано и шта се на основу тога може тврдити.