

# POJAM I PREDMET METODOLOGIJE NAUČNO- ISTRAŽIVAČKOG RADA

ZAŠTO SLUŠAMO MNIR???

- Master teza, doktorska teza, članci u časopisima, knjige... SPECIFIČAN NAČIN PISANJA I ČITANJA!
- NAUČNO ISTRAŽIVAČKI RAD - njime se bavi NAUČNI RADNIK koji poseduje snažno izražene sledeće osobine:
  - ✓ Razvijene radne navike, jer bez toga naučni rad ne može biti uspešno realizovan
  - ✓ Sposobnost organizacije koja je važna pri planiranju eksperimenta
  - ✓ Naučni radnik mora da se odlikuje izraženom sklonošću ka nauci i intelektualnom radu, koja se ogleda kroz više aspekata: stalnom razmišljanju o rešenju problema (koje je i van radnog vremena), istrajavanju pri poteškoćama u realizaciji istraživanja, itd.
  - ✓ Radoznalost je bitna osobina naučnog radnika jer on mora da postavlja pitanje 'Zašto je to tako?' i 'Šta bi bilo kada bi...', što je osnova svakog novog istraživačkog rada
  - ✓ Inovativnost i maštovitost su ključne osobine u naučnom radu jer su najveći uspesi postignuti od osoba kojima su ove osobine omogućile nov pristup problemu i njegovo rešavanje.
  - ✓ Kritičnost, tj. preispitivanje svega (naučnih činjenica) je osnova svakog naučnog razmišljanja koje vodi ka krupnim pomacima
  - ✓ Samopouzdanje u smislu realizacije svoje ideje u koju smo sigurni bez obzira na komentare (možda čak i starije i iskusnije) okoline
  - ✓ Samokritičnost, tj. sposobnost sagledavanja i priznavanja greške ako se ona desi

## ISTORIJA I RAZVOJ NAUČNE METODE

- **ANTIČKA GRČKA** – u početku, Grčki filozofi su merenja smatrali neophodnim samo u građevini i umetnosti, a verovali su samo u logično razmišljanje. Na primer, Platon je smatrao da ako razumno i logično razmišljamo, nema potrebe da bilo šta merimo i zaista proveravamo. Prvi koji je shvatio značaj empirijskog merenja i posmatranja kao primenjivanih metoda u nauci bio je ARISTOTEL, koga još zovu i otac moderne nauke, tj. naučne metodologije. Po Aristotelu, **razmišljanje i logično zaključivanje moraju biti zasnovane na realnim činjenicama koje su utvrđene merenjima i drugim empirijskim nalazima.** Aristotelov naučni metod je prvi ovakav pristup nauci i obuhvatao je tri etape:

1. Proučiti šta su drugi napisali o istraživanoj pojavi/procesu
2. Naći i utvrditi već postojeće mišljenje o predmetu istraživanja
3. Izvesti sistematično istraživanje svega što je makar i delimično povezano sa predmetom istraživanja

i sa današnjim se može porediti na osnovu primene **PRETRAGE LITERATURE (1), KONSENZUSA (2) I MERENJA (3)!!!**

- **MUSLIMANSKE ŠKOLE** - period oko 10. veka, Bagdad je imao najveći broj filozofa i naučnika, koji su dopunili metodologiju postavljenu od strane Aristotela i na taj način postavili temelje za naučni metod koji je prepoznatljiv današnjim naučnicima.

- ✚ **Ibn al Hajtam** – živeo oko 1000 godine; danas ga zovu 'Genije 10. veka', a postavio je temelje optike kao nauke, napisao knjigu 'Knjiga optike' i napravio prvu kameru – kamera opskura. Bavio se fizikom, matematikom astronomijom i filozofijom.

Njegov NAUČNI METOD obuhvatao je

1. Definisane eksplisitnog problema koje je zasnovano na posmatranju i eksperimentima
2. Testirati ili kritikovati hipotezu kroz eksperiment
3. Interpretirati podatke i zaključiti na osnovu njih
4. Publikovati nalaze

Pored ovakve formulacije naučne metode, ovaj naučnik je dodao i sledeće elemente postojećoj antičkoj metodologiji: pravilo da eksperiment mora biti kontrolisan, ideja da je nauka potraga za pravom istinom, kao i ideja da je jedini način za postizanje ovog cilja preispitivanje svega i izraženi skepticizam.

- ✚ **Al Biruni** - ljudi kao posmatrači su skloni predrasudama i subjektivnosti, dok instrumenti mogu takođe da prave greške, pa su zbog toga neophodna **PONAVLJANJA EKSPERIMENTA**

- ✚ **Al Rahvi** - bio je prvi naučnik koji je koristio proces recenzije, tj. procene rada jednog naučnika od strane drugog relevantnog naučnika iz te oblasti

✚ **Ibn Sina** - postoje dva principa saznanja u nauci, eksperiment i indukcija, kojima se postavlja osnova za dedukciju

Ostali islamski naučnici perioda 'Islamskog zlatnog doba nauke' doprineli su i dalje razvijali ideju konsenzusa i recenzija. Nakon ovog perioda, novi momenti u istoriji naučne metodologije dešavaju se na području Evrope, i to u periodu renesanse. Ovaj dalji razvoj je bio zasnovan na razvijanju principa postavljenih od strane Grčke i Islamskih škola

- **Roger Bacon** (1214 - 1294) bio je jedan od prvih evropskih naučnika koji je doprineo razvoju naučne metodologije. Njegov doprinos je dalji razvoj inicijalne ideje o:
  1. Posmatranju pojava/procesa
  2. Postavljanju hipoteze
  3. Testiranju hipoteze putem eksperimenta
  
- **Francis Bacon** (1561 - 1626) je ponovo pokrenuo debatu o značaju indukcije kao dela naučne metodologije. Njegove tvrdnje su bile da svako naučno otkriće treba da prođe kroz faze:
  1. Observacije, tj. posmatranja pojava/procesa
  2. Eksperimenta
  3. Analize
  4. Induktivnog razmišljanja
  
- **Dekart** (1596-1650) – verovao da je univerzum jedna velika mašina. Ukoliko poznajemo zakone univerzuma, možemo dedukcijom da odredimo kako će se koji njegov deo ponašati
  
- **Galileo** (1564-1642) je pored ostalog poznat i kroz svoj doprinos metodologiji kroz standardizaciju metodologije, kako bi rezultati mogli da budu provereni bilo gde u svetu! Ovo bi dalje vodilo definitivnom dokazivanju dobijenih rezultata i dobijanju teorije.
  
- **Isaac Newton** (1643-1727)– prvi koji je razumeo da su za pravi naučni proces neophodne i indukcija i dedukcija
  
- Kao rezultat čitavog procesa tokom ovog perioda, **Kraljevsko društvo** je formirano 1660. godine kako bi sakupilo stručnjake iz različitih naučnih oblasti
  
- Cilj: obuka i saveti drugim naučnicima, kao i širenje naučne informacije
  
- Finalno, sa svrhom širenja nove naučne informacije nastao je i prvi naučni časopis čiji je izdavač bilo ovo društvo (1665. godine) – ***Phylosophical Transactions***

**ZAKLJUČIVANJE je povezivanje sudova (stavova) i pojmova, odnosno dovođenje sudova u vezu tako da se iz jednog ili više prethodnih sudova izvede novi sud je oblik mišljenja koji se naziva zaključivanje.**

- Sudovi od kojih se u zaključivanju polazi i koji služe kao razlozi zovu se **premisama**. Izvedeni sud se naziva **zaključak**. Zaključivanje može biti neposredno i posredno. **Neposredno zaključivanje** je zaključivanje putem intuicije, gde se nazire rešenje nekog pitanja bez njegovog logičkog raščlanjavanja, već se obavlja logičkim putem u skladu sa izvesnim pravilima. **Posredno zaključivanje** je svako zaključivanje kod koga jedan ili više pojmova služi u svrhu povezivanja pojmova koji se pojavljuju u zaključku. Ono može biti:
  - ✓ **Zaključivanje po analogiji**, tj. misaoni hod od posebnog ka posebnom
  - ✓ **Induktivno zaključivanje** je misaoni hod od posebnog ka opštem
  - ✓ **Deduktivno zaključivanje** je misaoni hod od opšteg ka posebnom

## Osnovni pojmovi METODOLOGIJE

- **NAUKA** - sređeno, sistematizovano i provereno znanje o nećemu (sistem znanja), postignuto metodićnim i savesnim istraživanjem i razmatranjem te pojave ili predmeta. Cilj nauke je traženje naućne istine a najbrži put je istraživanje, koje koristi naućni metod!
- **ISTRAŽIVANJE** – unapred osmišljena, logićna i sistematićna potraga za novim i korisnim saznanjima o nekom predmetu ili pojavi. zasnovana je na primeni naućne metode.
- **METOD** – uređena, sistematska serija koraka koji se izvode u cilju izvršavanja nekog zadatka ili postizanja nekog cilja (istraživanja). Suština metoda je postavljanje hipoteze koja objašnjava pojavu, koja se zatim proverava i verifikuje (utvrđuje njena istinitost). Metode možeme podeliti na tri osnovne grupe: **metode za sakupljanje podataka, metode za analizu podataka i metode za proveru taćnosti dobijenih podataka.**
- **METODOLOGIJA** – nauka koja proućava metode koje se koriste u nekoj oblasti ili pri rešavanju nekog problema. Drugim rećima, može se shvatiti kao naućna disciplina koja proućava kako da se neko istraživanje izvrši na “naućni naćin”. U metodologiji se ne proućavaju samo proste metode, već i logika istraživaća koja je korišćena pri odabiru tih metoda u konkretnom istraživanju, tj. da li su te metode adekvatne i zašto. Ostale definicije metodologije su:

“analiza principa, metoda, pravila i postulata koji se koriste u biološkoj nauci”;

"sistematićno proućavanje metoda koje se koriste u okviru biološke nauke“.

- Na osnovu dobijenih ćinjenica iz istraživanja, kao rezultat nastaju novi naućni zakoni, teorije i sistemi, koji predstavljaju različite kategorije sazajnog procesa.
- **NIVOI SAZAJNOG PROCESA (nivoi naućnog saznanja)** - podaci, ćinjenice, zakon, teorije, naućni sistemi.
  1. **podaci** - osnova svakog ni rada je sakupljanje relevantnih (određeni su ciljem istraživanja, mogu se dovesti u vezu sa hipotezom, sakupljanje je vršeno standardizovanim tehnikama u toj naućnoj disciplini) podataka koji se zatim obrađuju i interpretiraju.
  2. **ćinjenice** - iskustveno utvrđeni odnosi u prirodi i društvu (npr. vetar duva kao posledica razlike u temperaturi vazduha, odnosno pritisku u različitim delovima atmosfere; mesožderi su na vrhu lanca ishrane). Ćinjenice su taćne, javne i proverive i samo se na osnovu njih može tvrditi nešto u nauci. Osobine ćinjenica dobijenih naućnim metodama su sledeće: nastale su iz prve ruke, tj. radom samog istraživaća. Za neke nauke, npr. istoriju ovo nije primenljivo jer se sva

istraživanja zasnivaju na pregledu literature, ali se zato podacima iz prve ruke smatraju zapisi ljudi koji su bili na licu mesta nekog istorijskog događaja . Pored ovoga, naučne činjenice su pouzdane (tačne), što je više puta utvrđeno ponavljanjem eksperimenta.

3. **zakon** predstavlja prikaz nekog odnosa između pojava u prirodi i društvu koji postoji nezavisno od naše spoznaje. Proističe iz neke hipoteze koja se zasnivala na naučnim činjenicama, a zatim je i potvrđena i više se ne može opovrgnuti. Hekelov zakon se definiše kao: "*Ontogenija je ubrzana i kondenzovana rekapitulacija filogenije*".
4. **teorija** predstavlja sveobuhvatna objašnjenja skupa pojava a nastaje kada se potvrdi neka detaljnija hipoteza. Primer je teorija evolucije – različite vrste organizma su nastale od već postojećih predačkih vrsta

Glavna razlika između naučnog zakona i teorije je:

- a) Zakon objašnjava šta se dešava, a teorija objašnjava zašto se dešava (zakon opisuje prirodu, a teorija objašnjava prirodu)
- b) Teorija nikad ne postaje zakon
- c) Zakon može da se promeni, ako nove činjenice pokažu da je pogrešan

5. **naučni sistem** - u sebi integriše činjenice, zakone i teorije, a predstavlja celovita i multidisciplinarna objašnjenja nekog prirodnog ili društvenog fenomena. Primer je bilo koja naučna disciplina, npr. genetika, anatomija kičmenjaka ...

- Saznajnim procesima prethodi proces koji se naziva **ISTRAŽIVANJE**. Istraživanje je sistematsko prikupljanje, analiza i interpretacija podataka kako bi se odgovorilo na određeno pitanje ili rešio zadati problem.

Postoji više podela istraživanja na osnovu različitih kriterijuma:

- ✚ Prema cilju postoje OSNOVNA (FUNDAMENTALNA) I PRIMENJENA istraživanja
- ✚ Prema načinu prikupljanja podataka postoje KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA
- ✚ Prema prirodi predmeta istraživanja dele se na TEORIJSKA I EMPIRIJSKA

- **OSNOVNA (FUNDAMENTALNA) istraživanja** – utvrđuju zakonitosti među pojavama. Cilj im je povećanje opštih znanja, proizvodnja novih znanja i informacija, dok nemaju obavezu da odgovore na praktična pitanja. Bave se uglavnom teorijskim problemima i usmerena su ka dobijanju novih naučnih informacija koje će doprineti ukupnoj količini znanja o nekoj pojavi. Uobičajeno je da se rezultati ovih istraživanja objave i što pre saopšte široj naučnoj javnosti. Primena dobijenih rezultata je uglavnom

ograničena. Naučni rad sledi nakon dobijanja naučnih činjenica za koje smo sigurni da su tačne i proverene, a nastaje predstavljanjem novih činjenica uz njihovu prikladnu analizu i interpretaciju. STRATEŠKA ISTRAŽIVANJA su varijanta fundamentalnih istraživanja koja dovode znanje do tačke primene (spremno je za primenu), ali se ne primenjuje neposredno. Nazivaju se još i FUNDAMENTALNA PRIMENJENA istraživanja.

- **PRIMENJENA (RAZVOJNA) ISTRAŽIVANJA** – se bave rešavanjem praktičnih problema (primenljivost u praksi). PREDMET JE KONKRETNA UPOTREBNA VREDNOST NEKE POJAVE ILI PROCESA. Usmerena su na usavršavanje već postojećih metoda i tehnika. **DAJU ODGOVOR NA PRAKTIČNO PITANJE i znanje odmah primenljivo u praksi.** Vršer se uglavnom u tzv. “prirodnom ambijentu”, a za razliku od fundamentalnih istraživanja, zbog finansijera i materijalne koristi istraživača, rezultati istraživanja se po pravilu ne iznose u javnost, već se čuvaju kao poslovna tajna, patentiraju (patent) ili prodaju (licence).
- **KVALITATIVNA ISTRAŽIVANJA** – Zasnovana na nebrojčanim (opisnim podacima), dobijenim u prirodnom okruženju (posmatrane pojave) ekstenzivnim posmatranjem ili intervjuisanjem, razgovorom, čiji je primarni zadatak da objasni značenje ili interpretira posmatranu pojavu. Hipoteza se ne postavlja pre prikupljanja podataka, niti su procedure jasno artikulisane pre nego što se sprovede prikupljanje podataka. Analiza i interpretacija (tumačenje) SU OPISNE (u cilju kategorizacije i identifikacije trenda i osobina). Retko se upotrebljavaju statističke procedure.
- **KVANTITATIVNA ISTRAŽIVANJA** – sakupljaju se brojčani podaci, u cilju objašnjenja, istraživanja veza između varijabli i uspostavljanja uzročno posledičnih veza između posmatranih pojava. Ova istraživanja imaju jasno definisane probleme i racionalno izvedene hipoteze, kao i potpuno razvijene istraživačke procedure. Tokom ovih istraživanja vrši se kontrola spoljnih faktora koji bi mogli neželjeno uticati na posmatranu pojavu. Uzorak na kome se istraživanje radi mora biti dovoljno veliki kako bi se izvršila obrada podataka, zasnovana na primeni statističkih procedura.
- **EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA** – Osmišljena su da odgovore na pitanje “Šta ako...” pri sistematskom uticaju na jednu ili više varijabli i posmatranjem odgovarajućih posledica na drugim varijablama. Svako eksperimentalno istraživanje ima tri osnovne karakteristike:
  1. Nezavisna varijabla na koju se kontrolisano utiče.
  2. Kontrola ostalih relevantnih varijabli.
  3. Posmatranje efekta na zavisnoj varijabli izazvanog uticajem nezavisne varijable
- **NEEKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA** – su uzročno-komparativna istraživanja, koja se nazivaju još i anketna istraživanja. Slična su eksperimentalnim ali se ne utiče na nezavisnu varijablu, koja je u ovom slučaju atribut ili osobina koju subjekt već poseduje (pol, etnička pripadnost, oboljenje, porodična istorija...). Ovim istraživanjima vrši se poređenje grupa prema osobini (nezavisna varijabla) i da li ta osobina izaziva razlike nekih drugih osobina (zavisne varijable). Primenjuju se da bi se identifikovale razlike

između grupa i uspostavile veze između varijabli, ali se NE OBJAŠNJAVA UZROK ustanovljenih odnosa.

## FAZE ISTRAŽIVAČKOG POSTUPKA

○ **Metodološki (istraživački) postupak** predstavlja skup svih faza kroz koje se mora proći tokom istraživanja, a koje garantuju tačnost rezultata i njihovu objektivnost. Te faze su sledeće:

1. formulacija problema istraživanja
2. pregled literaturnih podataka (postojećih zakona i teorija, kao i prethodnih istraživanja povezanih sa našim predmetom istraživanja)
3. formulacija hipoteze
4. dizajniranje istraživanja
5. izvođenje istraživanja - sakupljanje podataka
6. analiza podataka i testiranje hipoteze (ukoliko ona postoji)
7. interpretacija i prezentacija rezultata

Svaka od ovih faza ima svoje podkategorije, tako da se na primer dizajniranje istraživanja može podeliti na izbor istraživačke strategije, razvoj mernih i drugih instrumentata, određivanje varijabli, kao i osnovnog skupa i veličina uzorka itd. Ovaj korak je od izuzetne važnosti jer samo dobro dizajnirano istraživanje koje ima unapred određene korake može doneti metodološki ispravne rezultate koji su pouzdani i mogu se publikovati.



## DIZAJNIRANJE (PLAN) ISTRAŽIVANJA

Ovaj korak predstavlja najčešće jako zastrašujuć deo istraživačkog rada u kome treba postaviti temelje svih narednih postupaka na osnovu odluka o tome gde, kako, koliko i na koji način će se vršiti istraživanje. Po definiciji, 'Dizajn istraživanja je redosled koraka za sakupljanje i analizu podataka na način kojim će se obezbediti relevantnost podataka uz minimalne troškove procedure'.

Pri planiranju istraživanja, definišu se sve etape od momenta postavljanja hipoteze pa do analize podataka, pri čemu se stvara precizan plan koji se na dalje sledi. Osnovna pitanja na koja plan istraživanja treba da odgovori su:

- šta studija istražuje,
- zašto se to proučava,
- gde će istraživanje biti sprovedeno,
- koji tip podataka je potrebno obezbediti istraživanjem,
- gde se mogu naći ti podaci,
- koliko dugo će trajati istraživanje,
- u kojim periodima,
- da li je kontinuirano ili sezonsko istraživanje u pitanju,
- koji je materijal potreban i koliko,
- kako će veličina uzorka biti formulisana (koju ću statističku metodu koristiti),
- koja je oprema potrebna za istraživanje,
- da li je potrebno angažovati druge istraživače na njemu i koliko njih,
- u kojoj etapi su neophodni drugi istraživači i koji će im zadaci biti dodeljeni,
- kako će podaci biti sakupljeni i kasnije obrađeni,
- kako pisati, tj. prezentovati rezultate (u kojoj formi)
- koji je minimalni budžet (troškovi) ovog istraživanja?

Dobar dizajn istraživanja razlikuje se od vrste do vrste istraživanja i karakteriše se osobinama poput efikasan, prilagođen potrebama istraživanja, fleksibilan, ekonomičan, precizan, relevantan itd. Ono što je najvažnije postići je pouzdanost dobijenih podataka (minimalna greška u podacima uz dobijanje što više informacija) i to treba da bude najosnovniji kriterijum pri planiranju istraživačke procedure.

U okviru plana istraživanja, potrebno je izvršiti i detaljno planiranje eksperimenta (ukoliko se radi o ovakvom istraživanju) ili terenskog rada. Kada se planira eksperiment, potrebno je u obzir uzeti principe ustanovljene od strane R. A. Fisher-a, a koji se mogu primeniti na većinu bioloških istraživanja. Fisher se bavio poljoprivrednim eksperimentima na velikim zasejanim poljima i pri tome je shvatio da su dobijeni podaci mnogo relevantniji

ukoliko se polja podele na jednake sektore i iz njih vrši uzorkovanje. Tokom uzorkovanja, tj. sakupljanja podataka, zarad dobijanja što tačnijih rezultata, po Fisher-u je potrebno držati se nekoliko principa i to:

1. ponavljanja,
2. princip slučajnosti i
3. princip lokalne kontrole.

Korišćenje **principa ponavljanja**, kojim tretman vršimo na više od jedne grupe (najmanje tri) povećavamo statističku preciznost (tačnost) rezultata jer umanjujemo efekat koji može imati neka osobina unutar specifične grupe koju koristimo kao uzorak. Pri tome, na primeru eksperimentalne grupe pacova, tretman se mora vršiti na bar tri grupe od 10 pacova i uporediti sa tri kontrolne grupe sačinjene od isto toliko pacova. Na ovaj način se smanjuje verovatnoća da se jave lažni rezultati koji su posledica sastava same grupe, npr. pacovi koji čine jednu grupu su rođaci koji imaju nasledni metabolički problem. Kao posledica urođene bolesti, ovakvi pacovi reaguju drugačije na tretman. Ukoliko bi se koristila samo ova jedna grupa, rezultati istraživanja nekog tretmana dali bi pogrešnu sliku i rezultate o tom tretmanu. Uvođenje još nekih grupa smanjuje mogućnost ovakvih grešaka.

Drugi Fisherov **princip slučajnosti** pruža zaštitu od uticaja spoljašnjih faktora. Npr. ako gajimo neke varijetete biljke na istom polju koje je podeljeno na dve polovine (leva polovina na kojoj se gaji stari varijetet i desna na kojoj je novi varijetet), može se desiti da plodnost zemljišta ili sposobnost zadržavanja (fertilnost zemljišta je različita na ove dve polovine ili je nagib jedne polovine veći pa voda otiče) utiču na prinos zasejanih biljaka, a ne njegova genetička struktura. Iz ovog razloga, zasejavanje po principu slučajnosti u velikoj meri znači za smanjivanje ovakvih uticaja (slučajan raspored zasejanih biljaka u razbacanim kvadratima po površini polja). Ovako se treba voditi i pri uzorkovanju na terenu gde po ovom principu treba uzimati u obzir mikroklimatske karakteristike staništa.

Po **principu lokalne kontrole** treba obezbediti način da se poznati spoljašnji faktor (za koji znamo da unosi varijabilnost u rezultate) izmeri i isključi iz greške eksperimentalnih rezultata. Drugim rečima, isključuje se varijabilnost uzrokovana spoljašnjim faktorom koji ne možemo kontrolisati, ali ga možemo izmeriti i uključiti u analizu (na primer, isključivanje efekta koji mogu imati ekstremne temperature na rezultate populacije ispitivane u prirodnom staništu).

## METODE KORIŠĆENE ZA ISTRAŽIVANJA U BIOLOGIJI

**Metod posmatranja.** Ovaj metod se koristi za sakupljanje kvalitativnih podataka i to pre svega u studijama ponašanja i sličnih kvalitativnih osobina u biologiji. Često se koristi u društvenim naukama poput sociologije (npr. marketinških istraživanja) i psihologije. Osnova za uspešno istraživanje ovog tip je kvalitetno planiranje istraživanja i toga kada i šta će se posmatrati. Za ovu studiju nije neophodan izlov jedinki niti direktan kontakt sa njima a u isto vreme njime se one posmatraju u prirodnom okruženju, što je od izuzetnog značaja za bihevioralne studije. Ovaj dizajn treba da omogući isključivanje svake pristrasnosti i ometanja posmatranog procesa i to su najveći izazovi ovog metoda. Nedostaci koji takođe mogu da budu značajni su finansijski prohtevi ovakvih studija, ograničenost dobijenih informacija ili nemogućnost sakupljanja informacija iz eksperimentom nepredviđenih razloga. Zbog toga se pri dizajniranju ovakvih studija planira šta će biti posmatrano, kako će se ta osobina beležiti i kako obezbediti preciznost dobijenih informacija

**Empirijski metod.** Ovaj metod služi za sva istraživanja u kojima ne postoji polazna hipoteza, već se na osnovu njega utvrđuju zakonitosti na osnovu kojih se ona naknadno postavlja. Ovaj metod se veoma često koristi u biomedicini, poljoprivredi, farmaciji, mikrobiologiji a kada se ova istraživanja tiču efikasnosti nekog tretmana na biljke, životinje ili organizme, a izvodi se kao pilot istraživanje koje prethodi eksperimentu.

**Eksperimentalni metod.** Pri korišćenju ovog metoda, osnovno pravilo je da se posmatra uzročno posledični odnos između nekih elemenata prirodne pojave/procesa, uz kontrolisanje što većeg broja ostalih faktora koji bi mogli da utiču na tu pojavu/proces. Pre eksperimenta se postavlja polazna hipoteza koju njime potvrđujemo ili opovrgavamo. Eksperimentom se dobija kvalitativni i kvantitativni opis neke pojave/procesa, nezavisno od vremena kada se oni javljaju u prirodi uz svesno izdvajanje željenih elemenata i zanemarivanje nepoželjnih elemenata te pojave. Eksperiment se vrši tako što se posmatra kvalitativni ili kvantitativni element (osobina, obeležje, karakteristika) koji se još naziva i VARIJABLA. Kvantitativne varijable se izražavaju brojevima i mogu biti kontinuirane (mogu biti bilo koji broj) i diskontinuirane (imaju samo pojedine vrednosti određenih kategorija). Kvalitativne varijable se izražavaju samo opisom - boja dlake, starost, prisustvo bolesti, itd. Razlikujemo zavisne i nezavisne varijable. Zavisna varijabla se još naziva i posledična i to je ona promenljiva koja se menja delovanjem nezavisne varijable (tako da promene u ovoj varijabli zavise od jačine nezavisne varijable). Nezavisna varijabla predstavlja hipotetičku uzročnu varijablu koja je izabrana dizajnom istraživanja kao ona kojom se utiče na nezavisnu varijablu. Pri planiranju eksperimentalnih istraživanja, od osnovnog je značaja dizajnirati eksperiment tako da se jasno odvoji efekat ove varijable od drugih nezavisnih varijabli. Eksperiment je dizajniran tako da se merenjima može utvrditi direktna uzročno posledična veza između ove dve varijable.

**Induktivno deduktivni metod.** Ovaj metod predstavlja kombinaciju dva suprotna misaona procesa, indukcije i dedukcije. On uključuje fazu sakupljanja činjenica tokom

eksperimenta ili posmatranjem (utvrđivanje svih podataka koji će dati naučnu istinu), a zatim se primenom dedukcije donose zaključci. Prema tome, induktivni zaključak služi kao premisa deduktivnom zaključku i obratno.

## **UZIMANJE UZORKA**

Nakon odabira predmeta istraživanja i njegovog planiranja (dizajniranja), kao i pilot istraživanja, vrši se sakupljanje podataka čijom ćemo obradom doći do naučnih činjenica. Pilot istraživanje je postupak kojim se proverava izvodljivost i svrsishodnost istraživanja. Ono se vrši na jako malom uzorku i dobijaju preliminarni rezultati koji nam potvrđuju da je ono dobro osmišljeno, kao i da su odabrane adekvatne metode za dobijanje podataka. Pored ovoga, pilot istraživanje proverava da li je veličina uzorka dobra za statističku analizu kojom smo isplanirali da obradimo podatke.

Za svaku oblast u biologiji postoje specifične tehnike uzorkovanja (sakupljanja podataka) koje se koriste i koje se međusobno razlikuju u zavisnosti od toga šta se sakuplja. Pošto biologija proučava veoma različite nivoe organizacije počev od subcelularnog pa do nivoa ekosistema, za svaki od njih se primenjuje drugačija metoda uzorkovanja i druga veličina uzorka. Za sakupljanje je neophodno precizno definisati strategiju sakupljanja koja će obezbediti dovoljno materijala za sve buduće etape istraživanja. Na primer, ukoliko se vrši sakupljanje biljaka ili životinja na terenu, treba ga izvršiti na svim mikrostaništima jednog lokaliteta jer razlika u njima može dovesti do varijabilnosti rezultata. Kako bismo izbegli greške tipa 1 i 2, moramo obezbediti dovoljan broj jedinki na kojima će biti izvršena analiza, pa je od izuzetnog značaja i veličina uzorka. Za najtačnija istraživanja neophodno bi bilo sakupiti sve pripadnike (delove) osnovnog skupa koji se istražuje (CENZUS), što je u biologiji često nemoguće. Nije moguće sakupiti sve pripadnike populacije iz više razloga - prvi je neekonomičnost (finansijska i vremenska), zatim moral i etika u nauci ne odobravaju sakupljanje čitavih populacija jer bi samim tim one bile uništene; pokretljivost članova populacije je još jedno ograničenje jer se ne mogu svi uloviti, previše brojna populacija itd. Na primer, nemoguće je izbrojati sve mrave u jednom mravinjaku, sve ribe u jednom jezeru.. Zbog toga se vrši sakupljanje tzv. uzorka, koji je u statistici osnovna veličina koja se koristi za analizu a dobijene činjenice predstavljaju karakteristike cele populacije iz koje je uzet taj uzorak. Da bi uzorak dobro predstavljao osnovnu populaciju, on mora biti **REPREZENTATIVAN**, tj. on mora oslikavati sve osobine, njihovu varijabilnost i kvantitativnu zastupljenost koje su svojstvene članovima osnovne populacije (uzorak mora predstavljati celu populaciju po osobinama koje poseduje). Osnovna osobina reprezentativnog uzorka je da je uzet nepristrasno (objektivnost), pri čemu su apsolutno svi članovi populacije imali podjedanku šansu da budu uzorkovani, tj. da uđu u sastav uzorka. Zbog toga se u biološkim i drugim istraživanjima koristi nekoliko metoda uzorkovanja koje obezbeđuju reprezentativnost uzorka, a svi se zasnivaju na primeni principa slučajnosti. U slučaju istraživanja u kojima osnovna populacija ne postoji (citološka istraživanja, mikrobiološka istraživanja), ovaj metod se ne može primeniti ali

postoje drugi načini za određivanje što veće preciznosti podataka (ponavljanje eksperimenta u kombinaciji sa formiranjem što brojnijih grupa za tretmane).

Za adekvatnu primenu principa slučajnosti pr uzrokovanju razvijeno je nekoliko metoda:

1. **prost slučajni uzorak.** Na terenu se koristi kada je lokalitet sa koga se sakuplja relativno uniforman i ne očekujemo velike varijabilnosti izazvane samim staništem, tj. lokalitetom. Pored ovoga, previše veliki lokalitet ili ograničeno vreme za sakupljanje su razlozi za korišćenje ove metode sakupljanja. Kada se koristi ova metoda, sakuplja se veliki broj uzoraka sa različitih delova staništa/lokaliteta. . Za ovo sakupljanje se često koristi metod kvadrata koji se postavlja na lokalitet i sve životinje ili biljke unutar njega se broje, sakupljaju ili mere, u zavisnosti od cilja istraživanja. Sakupljanje biljaka i životinja koje se ne kreću ili se sporo kreću se vrši primenom ove metode, pri čemu se kvadrat određene veličine postavlja na određeni broj mesta na lokalitetu i uzimaju uzorci sa njih sa površine koju kvadrat zauzima. Ovo se ponavlja više puta na jednom lokalitetu kako bi se obezbedili što raznovrsniji uzorci i samim tim kvalitetniji podaci. Najčešća veličina površine kvadrata je 1 m<sup>2</sup>, a svrha je obezbeđivanje uporedivih uzoraka sa površina iste veličine i oblika. Ovi oblici ne moraju biti kvadratni, već se u određenim istraživanjima koriste i okrugli ili pravougaoni oblici sa kojih se uzorkuje, ali je ovo potrebno posebno naglasiti i objasniti pri opisu metodologije. Uporedivost sa drugim podacima je, naravno, znatno manja nego pri korišćenju klasičnog kvadrata, jer razlika u oblicima jedinica uzorkovanja dovodi do varijabilnosti u rezultatima. Nedostatak ove metode je moguća subjektivnost pri izboru mesta na koja će se postaviti kvadrat. Takođe, izbor loše veličine kvadrata je od ogromnog značaja za relevantnost istraživanja, npr. za sloj krošnje šumskog ekosistema nemoguće je koristiti kvadrat veličine 1 m<sup>2</sup>, već se koriste znatno veći kvadrati (bar 20 m<sup>2</sup>), dok se za npr. zajednicu mahovine na nekoj steni ili perifiton na podvodnom predmetu koristi kvadrat veličine 25cm<sup>2</sup> ili manji. Obično se zabeleži procentualno učešće vrste u kvadratu tako što se proceni površina koju zauzima jedna vrsta.

Međutim, priroda istraživanja često ne dopušta vršenje ovakvog uzorkovanja pa se moraju koristiti druge metode (uzorkovanje planktona iz vodenih ekosistema ne može koristiti ovu metodu, pa je neophodno uzorkovati standardizovanom zapreminom boce). Ukoliko se istražuje populacija parazitskih osa na drugim insektima, insekt domaćin biće jedna jedinica uzorkovanja (1 kvadrat). Pri tome se poređenje rezultata u poslednjem slučaju ne može izvršiti bez prethodnog računanja broja osa/gramu materijala, jer jedinice uzorkovanja mogu da se razlikuju po veličini (i težini) pa može doći do varijabilnosti rezultata uzrokovanom ovim.

U svojoj najprostijoj formi, slučajno uzorkovanje ovom metodom se postiže tako što se kvadrat baca unutar lokaliteta i materijal se sakuplja sa mesta na koje je on pao po principu slučajnosti. Međutim, ovo nije zadovoljavajuće jer istraživač može da svojim fizičkim ograničenjima ili nesvesnom pristrasnošću pri bacanju onemogućiti sasvim "slučajno" uzorkovanje. Drugo ograničenje metode je veličina kvadrata, tj. za ovaj metod mogu se koristiti samo mali kvadrati.

Drugi način korišćenja kvadrata za slučajno uzorkovanje je mapiranje lokaliteta i polaganje mreže sa numerisanim kvadratim preko nje, čime se dobija numerisanje svih delova

lokaliteta. Svaki broj je kvadrat tačno određene veličine. Zatim se iz Tablice slučajnih brojeva vrši odabir kvadrata koji će biti mesta uzorkovanja.

Tablice slučajnih brojeva se koriste i za druga istraživanja, na primer na populaciji ljudi ili životinja iz kojih se mora uzeti reprezentativni uzorak. Za ovakvo uzorkovanje neophodno je da se svim pripadnicima populacije dodele brojevi, a zatim se iz tablice slučajnih brojeva (kompjuterski generisana) izvuku brojevi koji će biti sakupljeni kao deo uzorka. Odabir brojeva se ne može prepustiti istraživaču jer on pri tome i nesvesno može da bude pristrasan, pa je tablica najbolje rešenje jer se isključuje svaka mogućnost za favorizaciju pojedinih brojeva. Slučajnost se postiže i na taj način što se napravi spisak pripadnika populacije prema starosti, polu, abecednom redosledu prezimena itd. a zatim se izabere broj koji se koristi za biranje jedinki sa tog spiska. Na primer, izabrani broj 12 značiće da će svaka 12. jedinka sa spiska biti uzorkovana.

**Sistematski uzorak.** Sistematsko uzorkovanje radi se tako što se uzorci uzimaju u fiksiranim intervalima, obično duž neke linije. Ovo normalno uključuje korišćenje transekta gde je linija uzorkovanja podešena tako da prati smenjivanje ekoloških faktora na nekom lokalitetu. Tako se na primer linija transekta može prostirati duž linije koja vodi od centra nekog grada koji je veliki zagađivač (Bor) do najbliže planine kako bi se pratio uticaj koji ima zagađenje vazduha na kvalitativni i kvantitativni sastav populacije lišaja u tom regionu. Linijski transekt je proces u kome se duž linije konopca koji je obeležen na određenim intervalima (npr. 1 m) beleži neka informacija vezana za tu tačku. To mogu biti prisustvo/odsustvo neke vrste, ukupan broj vrsta na toj tački, itd. U ovoj metodi je od izuzetnog značaja kako će se postaviti linija transekta, tj. da prati gradijent određenog faktora koji je od značaja za ispitivanje. Postoji još jedna varijanta ove metode u kojoj se linija na kojoj se beleže podaci proširuje u pojas određene širine, pa se mogu odrediti i učestalost nekih vrsta a ne samo prisustvo ili odsustvo. U ovoj varijanti, na mesto gde je tačka na liniji transekta se postavlja kvadrat određene veličine i životinje se broje i/ili sakupljaju, a ukoliko su biljke u pitanju, određuje se njihova procentualna zastupljenost, određuje ukupna biomasa u kvadratu itd. (zavisno od cilja istraživanja).

**Stratifikovano uzorkovanje** se koristi za uzorkovanje iz različitih stratuma (slojeva) koji se nalaze unutar jednog staništa - koji se posmatraju kao zasebne jedinice koje se međusobno razlikuju po mnogim karakteristikama, pa se mora uzeti u obzir uzorak uzet iz svakog sloja kao deo reprezentativnog uzorka. Na primer, ako se vrši uzorkovanje populacije neke vrste sisara, tada su različiti stratumi na primer različite starosne grupe, grupe ženki i mužjaka, grupe bliskih srodnika, grupe određene visine, socijalnog statusa (ljudska populacija)... Jedino na šta treba obratiti posebnu pažnju je procentualna učestalost stratuma unutar osnovne populacije, jer se na osnovu toga procenjuje koliko će uzoraka biti izvučeno iz tog stratuma. Kao rezultat prethodno navedenog, broj uzoraka svakog stratuma zavisioće od njegove veličine. U suprotnom, određenom stratumu se može dati veći ili manji značaj od onoga koji on realno ima, a dobijeni rezultati neće biti naučne činjenice!

**Veličina uzorka** je od izuzetne važnosti pri planiranju eksperimenta i ne postoje opšta pravila kojih se svaka grana biološke nauke mogla pridržavati. Osnovni pokazatelj adekvatne veličina uzorka je pilot studija u koju dobijamo preliminarne rezultate, čijom se obradom utvrđuje greška koja se javlja pri merenju. Ukoliko je ona velika, mora se povećati broj merenja/tretmana/jedinki u populaciji i sl. Najmanji broj ponavljanja eksperimenta je tri, dok je najmanji broj ispitivanih jedinica po nekim statističkim pravilima trideset. ovo se svakako ne može primeniti na sva biološka istraživanja i zbog toga se preporučuje upotreba uzorka veličina koja se opisuje u metodologiji za datu oblast, kao i pilot studija pre nastavka istraživanja.

Varijabilnost koja može da postoji u rezultatima može biti posledica nehomogenosti materijala na kome se vrše neki tretmani i faktori koji su predmet istraživanja. Te faktore je u cilju što preciznijih rezultata neophodno ukloniti i na taj način utvrditi šta je posledica tretmana (a ne varijabilnosti skupa na kome se tretman primenjuje). Zbog toga pri planiranju eksperimenta moramo izabrati homogeny skup. U slučaju pacova na kojima će biti ispitivan neki tretman, homogenost se postiže odabirom pacove iste težine, pola, starosti, zdravstvenog stanja, a u isto vreme obezbeđuju se identični uslovi za sve grupe (ishrana, stres, svetlost/mrak periodi, prostor itd).

Kako bismo dodatno izdvojili efekat tretmana od varijabilnosti koje se javljaju bez mogućnosti naše kontrole, potrebno je obezbediti bar tri ponavljanja eksperimenta. Što je veći broj ponavljanja, to su rezultati pouzdaniji a standardna devijacija (rasipanje oko srednje vrednosti svih merenja) manja.

**Kontrole u eksperimentima.** Kako bismo jasno izdvojili efekat tretmana i izbacili svaku mogućnost da se u detektovanu uzročno posledičnu vezu između nezavisne i zavisne varijable umešala neka druga varijabla, neophodno je detaljno kontrolisati druge promenljive (faktori) tokom eksperimentalnog postupka. Zbog toga se uvode nove grupe sa kojima će se porediti eksperimentalne grupe, a nazivaju se kontrolne grupe. Ove grupe se tokom eksperimenta moraju nalaziti u apsolutno istim uslovima kao i tretirana grupa, sa tom razlikom da se na nju ne deluje nezavisnom varijablom (ispitivanim faktorom/tretmanom). Primenom ovakve tehnike izvođenja eksperimenta, kasnijim poređenjem jasnije se izdvaja efekat tretmana od efekta ostalih nezavisnih varijabli na zavisnu promenljivu (tretiranu grupu). Postoje pozitivne i negativne kontrole. **Pozitivne kontrole** pri ispitivanju efekta nekog tretmana bio bi tretman koji zasigurno deluje na način na koji očekujemo da deluje i ispitivan tretman (nezavisna varijabla). Na primer, u ispitivanju efikasnosti nekog novog antipiretika, pozitivna kontrola bio bi paracetamol kojim bi pacovi kontrolne grupe bili tretirani. Ova kontrola služi za kasnije poređenje efekta sa već poznatom supstancom koja izaziva željeni efekat i koristi se u slučaju da takva supstanca postoji (za testiranje antimikrobnog efekta neke supstance pozitivna kontrola bio bi antibiotik koji zasigurno antimikrobno deluje na ispitivanu bakteriju. Kasnijim poređenjem možemo videti da li je efekat ispitivane supstance bio bolji ili ne od već poznatog dejstva antibiotika). Pored ove, postoji i tzv. **negativna kontrola**, kojom se zavisne varijable ne tretiraju nezavisnom varijablom, a svi ostali uslovi su identični sa tretman grupama. Na taj način dobija se informacija o osnovnom stanju grupe, čime se izdvaja čist efekat testiranog tretmana. Eksperimentalni podaci se statistički obrađuju a prezentuju se najpre osnovni elementi deskriptivne statistike

poput srednje vrednosti, standardne devijacije i sl., a efekti tretmana između grupa se porede nekim od postojećih statističkih testova.

## OBRADA PODATAKA DOBIJENIH ISTRAŽIVANJEM

Osnovna terminologija u statistici za biologe:

Pri izlasku na teren ili radu u laboratoriji, biolozi sakupljaju podatke o predmetu ispitivanja koji se naziva **varijabla**. Varijabla je parametar čija vrednost varira pri merenju koje se ponavlja nekoliko puta (dužina antena kod nekog insekta, pH vrednost nekog vodenog staništa; prinos etarskog ulja iz iste mase biljnog materijala jedne vrste itd.).

Ponavljanja (replikacije) su više puta izvedena merenja na istom uzorku/varijabli (merenja izvedena na istom mestu u različitim danima; nekoliko mesta uzorkovanja iste vrste na isti način; nekoliko homogenih grupa na kojima se ponavlja isti tretman itd.).

Eksplorativne (deskriptivne) analize - predstavljaju se uglavnom grafički, putem histograma ili grafikona i njihova funkcija je da učine vidljivom obrazac, tj. vezu između nekih varijabli, da se ona razjasni i uprosti, kao i da se zbirno predstave podaci dobijeni sakupljanjem tokom istraživanja. Priroda tog odnosa se ovim analizama ne može utvrditi. Za ove analize nemoguće je da se statistički (numerički) potvrdi/opovrgne hipoteza. Takođe, veličina uzorka za ovu analizu je bar  $10n$  uzoraka za proučavanje  $n$  varijabli. Primer: koja je veza između čistoće vode u Gabrovačkoj reci i prisustva većeg broja vrsta makrozoobentosa - ovo se predstavlja histogramom sa dve y ose, jedna bi bila čistoća vode (merena nekim parametrima tipa prisustvo kiseonika, fosfata i dr.) a druga bi bila broj vrsta u zajednici mzb.

Inferencijalne analize ispituju zakonitosti uzorka koje se projektuju na celu populaciju iz koje je uzorak uzet. Sastoje se u kvantifikaciji zavisne varijable kao funkciju nezavisne varijable. Npr. da li gustina zasejavanje biljaka utiče na njihov prinos ukupne biomase? Rešenje je da se ista biljka poseje na iste kvadrate na homogenim podlogama i da se zasejavanje vrši u različitim gustinama (10 cm između biljaka, 30 cm između biljaka itd.). Nakon vegetacionog perioda, mase biljaka sa svih kvadrata se mere i beleže. Odnos između P i G se određuje linearnom regresijom kao funkcija između ove dve varijable.

Statistički testovi se koriste kako bi se odredile sličnosti i razlike između uzoraka. Njima se testiraju nulta i alternativna hipoteza. Nulta hipoteza predstavlja hipotezu o nepostojanju razlike, dok je alternativna hipoteza iskaz o onome što istraživač veruje da je tačno u slučaju da su uzorački podaci doveli do odbacivanja nulte hipoteze.  $H_1$  se u naučnim istraživanjima često naziva i istraživačkom hipotezom, jer njom istraživač izražava mišljenje koje postupkom testiranja nastoji da potvrdi. To je i razlog zbog kojeg u praksi



često prvo postavljamo alternativnu hipotezu, a tek onda nultu. Alternativnu hipotezu, kojom moguća odstupanja stvarne od hipotetičke vrednosti parametra pratimo u oba smera nazivamo dvosmernom ili dvostranom hipotezom. Test koji se primenjuje u ovakvoj situaciji nazivamo dvosmernim ili dvostranim testom (piše se  $H_0: \mu = x$ ;  $H_1: \mu \neq x$ ). Za razliku od njega, test koji ispituje hipotezu koja se piše  $H_0: \mu \leq x$  i  $H_1: \mu > x$ , naziva se jednosmerni ili jednostrani test.

Kada koristiti dvosmerne, a kada jednosmerne testove? Ako testirana vrednost parametra ne sme odstupati u bilo kom smeru od standarda prihvaćenog u praksi (hipotetičke vrednosti), ili ako unapred ništa ne znamo o potencijalnom odstupanju parametra od njegove hipotetičke vrednosti, onda koristimo dvosmerni test.

Iako naše uverenje formulišemo u obliku alternativne hipoteze, u postupku testiranja proveravamo samo nultu hipotezu. Polazimo od pretpostavke da je  $H_0$  istinita i nastojimo da ovu pretpostavku osporimo. Alternativnu hipotezu ne proveravamo, već je automatski prihvatamo kao istinitu ako podaci ubedljivo "svedoče" protiv nulte hipoteze.

Greške pri testiranju i nivo značajnosti testa. Nulta hipoteza, kao tvđenje o vrednosti nepoznatog parametra osnovnog skupa, može u stvarnosti biti ili istinita ili neistinita. Sa druge strane, podaci slučajnog uzorka mogu biti ili saglasni sa  $H_0$  ili joj protivrečiti. To znači da kod testiranja, kao i kod ocenjivanja, postoji mogućnost da donesemo pogrešan zaključak. Kako uzorak nikada nije savršeno reprezentativan, moguća su i sledeća dva ishoda: da informacija iz uzorka protivreči istinitoj nultoj hipotezi (greškom prve vrste) ili da se saglasi sa neistinitom nultom hipotezom (greška druge vrste). Zato se pre statističkog testa definiše **nivo značajnosti testa ili nivo signifikantnosti** (naziva se još rizikom greške prve vrste) i predstavlja verovatnoću da ćemo odbaciti istinitu nultu hipotezu. Obeležava se sa  $\alpha$ .

Za razliku od njega, verovatnoća da nećemo odbaciti netačnu nultu hipotezu naziva se rizikom greške II vrste i obeležava se sa  $\beta$ . Postupak testiranja sprovodimo tako što unapred fiksiramo rizik greške I vrste, tj. nivo značajnosti  $\alpha$ . Pri tome biramo relativno mali nivo značajnosti, ali ne toliko mali da on onemogućava odbacivanje svake nulte hipoteze. Koliko mali? Većina istraživača koristi uglavnom samo dva nivoa značajnosti: 0,05 i 0,01. Ako odaberemo najčešće korišćeni nivo značajnosti  $\alpha = 0,05$ , onda svesno unapred prihvatamo rizik da ćemo u 5% slučajeva odbaciti  $H_0$  iako je ona istinita. To će se dogoditi ako izaberemo jedan od 5% nereprezentativnih uzoraka (u proseku jedan od dvadeset mogućih uzoraka) koji po svojim karakteristikama značajno odstupaju od karakteristika skupa.

Izbor testa. Pri izboru testa treba da izaberemo onaj koji najviše odgovara empirijskim podacima (tj. test za koji su zadovoljeni polazni uslovi), ali i test koji će za izabrani nivo greške I vrste imati najveću jačinu, i to za unapred izabranu veličinu uzorka,  $n$ . Rešenje

problema izbora nam daje teorijska statistika: ako je raspored skupa normalan, najveću jačinu imaju parametarski testovi. U suprotnom se koriste neparametarski testovi.

U postupku testiranja polazimo od pretpostavke da je nulta hipoteza istinita. Drugim rečima, pretpostavljamo da uzorak biramo iz skupa u kome je stvarna vrednost parametra jednaka hipotetičnoj vrednosti. Hipotetičku vrednost aritmetičke sredine skupa obeležavamo sa  $\mu_0$ , a proporcije skupa sa  $\pi_0$ . Statistike testa najčešće imaju sledeći oblik:

$$\text{Statistika testa} = \frac{\text{Ocena parametra} - \text{Hipotetična vrednost parametra}}{\text{Standardna greška ocene}}$$

Tako, na primer, statistika testa za testiranje hipoteze o aritmetičkoj sredini skupa, u zavisnosti od ispunjenosti polaznih uslova, može biti:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma_{\bar{X}}} \quad \text{ili} \quad t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S_{\bar{X}}}$$

Ako je nulta hipoteza istinita, tada očekujemo da razlika između ocenjene i hipotetične vrednosti parametra bude mala, pa će i vrednost statistike testa biti mala. U suprotnom, očekujemo relativno veliku (bilo pozitivnu, bilo negativnu) vrednost statistike testa. Vidimo da je značaj statistike testa u tome da ona predstavlja meru usaglašenosti između podataka iz uzorka i nulte hipoteze.

Mala vrednost statistike testa nam ne daje osnove da odbacimo nultu hipotezu. Nasuprot tome, njene velike vrednosti nam sugerišu da nulta hipoteza nije tačna. Što je veća vrednost statistike testa, to su uverljiviji dokazi da je nulta hipoteza pogrešna. Ostaje samo da se odredi koje vrednosti statistike testa ćemo smatrati malim a koje velikim, odnosno, kolika treba da bude vrednost statistike testa da bi se nulta hipoteza odbacila.

Postoje dva načina da donesemo konačan zaključak o odbacivanju ili neodbacivanju nulte hipoteze. To su Nimen-Pirsonov (Neyman-Pearson) pristup, i Fišerov pristup, zasnovan na primeni tzv. p-vrednosti. Testiranje hipoteza se u praksi najčešće sprovodi primenom računara, kada ćemo p-vrednost naći u „izlazu“ svakog statističkog softvera. Po definiciji, **p-vrednost je verovatnoća da statistika testa uzme vrednost jednaku ili još ekstremniju od vrednosti koja se upravo realizovala u uzorku, pod uslovom da je nulta hipoteza tačna. Što je manja p-vrednost, jači su dokazi protiv nulte hipoteze.** Pravilo odlučivanja na osnovu p-vrednosti glasi: Ako je p-vrednost manja od nivoa značajnosti  $\alpha$ , nulta hipoteza se odbacuje. U suprotnom, kazaćemo da nemamo dovoljno argumenata da odbacimo  $H_0$ .

Ako je p vrednost manja od nivoa značajnosti  $\alpha$ , kažemo da je dobijeni rezultat statistički značajan ili signifikantan, i nultu hipotezu odbacujemo sa rizikom  $\alpha$ . U suprotnom, kažemo da rezultat nije statistički značajan.

Postoje parametarski i neparametarski testovi, pri čemu su parametarski oni koji se koriste za uzorke koji imaju normalnu distribuciju i izražavaju se parametrima adekvatnim za tu distribuciju poput srednje vrednosti i standardne devijacije (za njih je potreban veći uzorak nego za neparametarke testove). Normalna distribucija je veoma česta u biologiji, jer označava populacije kod kojih su vrednosti oko srednje vrednosti jako česte, a ekstremno niske i visoke predstavljaju ređu pojavu. Zbog toga njihova raspodela ima oblik zvona (normalna ili Gausova raspodela). Veličina uzorka za ove testove je velika, jer je neophodno bar 30 tačaka (izmerenih vrednosti) po varijabli koja se ispituje. Minimalni zahtevi za neparametarski test su bar 6 tačaka po varijabli.

Za mogućnost obrade podataka statističkim metodama, neophodno je:

1. dobro formulirati biološko pitanje. Ovaj korak podrazumeva definisanje glavnog problema koji se ispituje (koji problem ja istražujem?), kao i preciznu definiciju konkretnog biološkog pitanja koje se postavlja (ja tražim odgovore na koja konkretna pitanja?). Odgovor na prvo pitanje bio bi na pr. uticaj insekticida na insekte, a na drugo - koja veza postoji između doze insekticida i populacije insekata, kao i da li je taj odnos isti za različite vrste komaraca i isti taj insekticid? Pri formulisanju pitanja, neophodno je problem podeliti na više pitanja koja moraju da da budu što preciznija i kraća, kao i da se odnose na samo jedan problem.
2. Pri postavljanju problema koji moramo rešiti statističkom obradom, moramo definisati promenljive, tj. varijable i napraviti njihovu listu. Takođe treba definisati u kojim jedinicama se one mogu predstavljati (mm, ml...).
3. Koliko ponovaka će biti i koliki nam je uzorak?
4. Koje će vrednosti biti na preseku varijable i uzorka u tabeli?
5. Kojom metodom ćemo sakupiti te podatke?
6. Podaci koji su nominalni moraju se pretvoriti u numeričke (npr. varijabla je boja pa je plavo-1, crveno-2, crno-3 itd.)
7. podaci trebaju da budu predstavljeni kao tabele u kojima su kolone varijable a redovi uzorci. Ovo je opšte pravilo uređivanja podataka pre statističke obrade jer inače rezultati neće biti dobri.

Koraci u statističkom testu.

- definisanje hipoteze
- izbor nivoa značajnosti
- izbor test statistike
- izračunavanje statistike testa
- statistički zaključak

Deskriptivna statistika.

Aritmetička sredina predstavlja prosek, tj. srednju vrednost, a suštinski to je vrednost oko koje se kreće najviše rezultata u toj pojavi.

Medijana (centralna vrednost) je vrednost koja se u nizu rezultata nalazi tačno u sredini. Deli dobijene rezultate na dve polovine, polovinu sa manjom vrednošću od nje i polovinu sa većom vrednošću od nje.

Dominantna vrednost je ona koja u nizu merenja dominira, tj. najčešće je postignuta.

Mere varijabilnosti.

Kod merenja se rezultati grupišu i skupljaju oko jedne srednje vrednosti. Zbog toga je i računamo jer ona predstavlja reprezentativnu vrednost naših rezultata. Pošto rezultati mogu biti gusto ili ne grupisani oko nje, sama srednja vrednost nije adekvatno merilo reprezentativnosti, pa je uvek potrebno znati kako se vrednosti grupišu oko nje.

Raspon je razlika između najvećeg i najnižeg rezultata. Predstavlja nepouzdanu meru varijabilnosti jer bilo koji ekstremni rezultat može značajno povećati raspon, iako grupacija oko srednje vrednosti može ostati relativno nepromenjena. Osnovni nedostatak ove vrednosti je što na nju utiče broj merenja, pa veći broj merenja uvek rezultuje većim rasponom za većinu pojava.

Srednje odstupanje je prosečna veličina odstupanja pojedinačnih rezultata od srednje vrednosti.

Varijansa je mera varijabilnosti nekog parametra unutar populacije i odgovara rasipanju podataka oko srednje vrednosti.

Standardna devijacija je vrednost odstupanja od aritmetičke sredine i njena veličina nam ukazuje da li je aritmetička sredina dobar represent populacije. Zbog toga se uz srednju vrednost uvek navodi i standardna devijacija. Praktična primena SD je u tome da predvidimo na osnovu nje u kom rasponu će se kretati svi rezultati.

Koeficijent varijabilnosti. Služi za određivanje razlike u variranju nekog svojstva u grupama ili u kojoj osobini grupa varira više, a u kojoj manje.

U statistici je način opisivanja izvesnosti nekog procesa predstavljen terminom verovatnoća. verovatnoća da će se desiti događaj A se piše kao  $p(A)$ , a može imati vrednost od 0-1. Kada je  $p=0$ , događaj se ne može desiti a ako je  $p=1$ , izvesno je da će se desiti. P vrednost je mera koliko dokza imamo protiv nulte hipoteze. Što je ona manja, to su jači

dokazi protiv nulte hipoteze. Ako je  $p < 0,01$  to je veoma jak dokaz protiv  $H_0$ , ako je  $0,01 < p < 0,05$ , onda je dokaz protiv  $H_0$  umeren, a ako je  $0,10 < p$ , onda nema realnih dokaza protiv  $H_0$ .

EKSPLOKATIVNA ANALIZA U BIOLOGIJI. Koristi se kada postoji više varijabli koje opisuju neku pojavu i koje se moraju grupisati po karakteristikama i međusobnoj zavisnosti, iako se ovom analizom ne opisuje karakter tog odnosa. Na primer, odgovor vodenih vrsta na uslove sredine, kojih ima mnogo bio bi proučavan ovom metodom. Pri tome bi se izvršila grupacija faktora sredine i određenih parametara tih organizama koji se odnose na njihov odgovor na te uslove, na primer: preživaljavanje, veličina tela, sposobnost reprodukcije itd, dok bi faktori bili protok vode, prisustvo gasova, teških metala, količina svetlosti i drugi.

Postoje dve osnovne eksplorativne analize i to PCA (Principal component analysis) i CA (Correspondance analysis, COA). Obe metode imaju funkciju da vizuelno sumarizuju sve analizirane varijable i prikažu njihove međusobne odnose.

Pravilo pri formiranju tabele podataka koji će biti analizirani je da su uzorci raspoređeni u redove, a varijable koje se ispituju u kolone! Razne metode multivarijantne analize su klasifikovane u tri osnovne grupe:

1. analiza koja ispituje samo jednu tabelu podataka
2. an. koja istovremeno ispituje dve tabele sa podacima u isto vreme i upoređuje ih
3. an. koja istovremeno analizira i poredi više tabela sa podacima

U prvu grupu spadaju PCA I CA, gde se ispituju podaci iz samo jedne tabele i predstavlja najprostiji oblik eksplorativne analize. One se ujedno i najčešće koriste u biologiji.

## STATISTIČKI TESTOVI ZA POREĐENJE UZORAKA

Izbor test statistike se vrši na osnovu tipa podataka (numerički ili ne, kontinuirani ili diskontinuirani itd), broja uzoraka/grupa i njihove raspodele (normalna ili ne).

### Parametarski testovi

Ovi testovi su bazirani na ocenama jednog ili više populacionih parametara (srednja vrednost, SD) dobijenih na osnovu podataka iz uzorka. Ovi testovi se koriste za testiranje hipoteza o populacionim parametrima, npr. o jednakosti aritmetičkih sredina dve populacije. U njima se pretpostavlja da osnovni skup ima normalnu raspodelu (najveći broj podataka je grupisan oko srednje vrednosti, a rasipanje podataka je malo), a broj uzoraka

ne sme biti manji od 30. Pretpostavka koja je takođe uslov za izvođenje parametarskih testova je da su populacije sa istim varijansama u pitanju. Normalnost se može testirati određenim statističkim testovima npr. Kolmogorov Smirnov test, Shapiro Wilk test, a ako je  $p < 0,05$  u ovim testovima, empirijska raspodela značajno odstupa od normalne raspodele.

U najpoznatije parametarske testove, koji testiraju PARAMETRE populacije spadaju T test (srednja vrednost), F test i ANOVA (SD- varijansa).

T test je parametarski test koji se koristi kada nije poznata SD populacije, a zna se da je ona normalno distribuirana i ima najmanje 30 uzoraka. Pored uslova normalnosti za ovaj test uveden je i dopunski uslov da su varijanse dva skupa među sobom jednake. Ovaj uslov se u statistici naziva pretpostavkom homogenosti varijansi. T test može koristiti i kada je pretpostavka homogenosti varijansi narušena, ali pod uslovom da oba uzorka imaju jednak broj elemenata. Zbog toga postoji preporuka istraživačima da istraživanje sprovede na uzorcima jednake veličine. Koristi se za upoređivanje srednjih vrednosti dva uzorka i to u situacijama gde postoje dve varijable, pri čemu nezavisna varijabla ima dve kategorije (npr. uticaj svetlosti kao varijabla se opisuje kao prisustvo/odsustvo) i obe utiču nekako na zavisnu varijablu (brzina klijanja). Ovim testom se vrši upoređivanje efekta ta dve kategorije na zavisnu varijablu. Nulla hipoteza bi u ovom slučaju bila da nema razlike između ovih tretmana i ona se testira t testom kako bi se odredila P da su uzorci iz iste populacije, tj. da nema statistički značajne razlike između njih.

Najpoznatiji parametarski test je ANOVA (analiza varijanse), koja je uvedena od strane Fishera 1923. godine kao metod razdvajanja efekta različitih tretmana u naučnom eksperimentu. Ovim testom se ispituje da li postoje razlike između srednjih vrednosti više populacija ispitivanjem kolčine varijacije između tih populacija. Uslovi za izvođenje ovog testa su isti kao i kod T testa. Anova može biti jednofaktorska, dvofaktorska ili višefaktorska.

Jednofaktorska ANOVA bavi se ispitivanjem uticaja jedne nezavisne promenljive (faktor uticaja koji mi kontrolišemo pri eksperimentu) na jednu zavisnu promenljivu. Faktor uticaja ima tri ili više kategorija (grupa- npr. tri koncentracije NaCl kojima tretiramo biljke). Veličina kategorija može biti različita ali je veći broj unutar kategorije bolji za relevantnost rezultata.

Za razliku od nje, višefaktorska ANOVA prati više od jednog faktora koji imaju tri ili više kategorija.

Neparametarski testovi ne zahtevaju poznavanje oblika raspodele u osnovnom skupu, kao ni normalnost te raspodele kao što je slučaj sa parametarskim testovima. Primenjuju se u svim uslovima u kojim se ne mogu primeniti parametarski testovi. Za svaki parametarski test postoji bar jedan ekvivalentan neparametarski test.

Mann Whitney test predstavlja neparametarski pandan t testu i koristi se za upoređivanje medijana dva uzorka ali kada se ne zna raspodela i broj uzoraka je manji od 30.

Wilcoxon-ov test predstavlja pandan uparenom t testu, a Kruskal Wallas- ov test neparametarski ANOVA test.

## INTERPRETACIJA I PRIKAZIVANJE ANALIZIRANIH PODATAKA

Sve podatke koji su dobijeni istraživanjem i analizirani su statističkom metodom, neophodno je na pravilan način interpretirati. Na primer, potrebno je znati kako da se tumače podaci koje izbacuje statistička analiza u određenom programu, koje vrednosti potvrđuju a koje odbacuju hipotezu koja se testira. U isto vreme, treba odabrati najbolji način za prikazivanje tih podataka.

Za svaku vrstu podataka postoji adekvatan i najpregledniji način prikazivanja. Razlikuju se dve osnovne vrste prezentacije podataka - tabelarno i grafičko. U grafička prikazivanja spadaju grafikoni, sheme, slike i sve se označavaju nazivom ilustracije.

### TABELE.

Tabele se veoma često upotrebljavaju za prikazivanje brojčanih ili tekstualnih podataka koji nemaju neku međusobnu zavisnost koju je bitno grafički, tj. vizuelno predstaviti. Takođe se koristi kada ima puno vrednosti koje se odjednom moraju prikazati na pregledan način. Tabela se sastoji od horizontalnih redova i vertikalnih kolona, pri čemu tabela po organizaciji može biti prosta, složena i kombinovana. U prostoj tabeli razlikujemo kolonu u kojoj su naznačena obeležja koja grupišemo i jednu kolonu u kojoj su numeričke vrednosti. U složenoj tabeli se nalazi više spojenih prostih tabela. Kombinovana tabela je ona u kojoj su iskombinovana više obeležja i ima više elemenata, pa na njoj razlikujemo:

1. pretkolonu u kojoj se nalazi obeležje prema kome se vrši grupisanje podataka
2. kolone
3. zaglavlja
4. redovi

Od izuzetnog je značaja da na pravilan način organizujemo tabelu i grupišemo vrednosti, kako bi cilj preglednosti bio postignut, jer u suprotnom tabela nema svrhu. Pri tome treba imati na umu da dobro dizajnirana tabela ne traži dodatna objašnjenja, već se sve što ona predstavlja može razumeti na osnovu posmatranja samo nje, a ne dodatnih pojašnjenja u tekstualnom delu rada. Velike tabele generalno treba izbegavati jer u slučaju njihovog prelamanja na više stranica, gubi se na njenoj preglednosti, mada se to ponekada ne može izbeći (npr. kod prikaza hemijskog sastava nekih biljaka koje imaju više desetina ili stotina komponenti). U tom slučaju, ovakva tabela biće organizovana kao jedna cela tabela koja se nastavlja kroz više strana, a svaka nova strana označava se kao Tabela X. Nastavak (eng. continued)...

Zbog toga se iz razloga preglednosti treba voditi pravilom da, ukoliko je logički moguće, velike tabele treba podeliti u manje, uz istovremeno izbegavanje njihovog velikog broja (jako sličnih tabela koje je moguće grupisati u jednu). Ovo je od značaja i zbog činjenice da položaj teksta koji opisuje tabelu treba da prati njen položaj (ili obratno) a u slučaju velike tabele to je često nemoguće. Takođe, većina časopisa štampa tekst u vidu dve kolone, i tada se traži da se dimenzije tabele uklapaju u širinu dve kolone, a ukoliko su jednostavne, i jedne kolone. Jedno od rešenja za tabele sa dosta kolona je pokušati da je uklopite u landscape format na jednoj strani (da celu stranu zauzima samo tabela i njen naslov) a da se ona komentariše na prethodnoj ili narednoj stranici tekstualnog dela rukopisa.

Pri postavljanju tabele u tekst master rada ili doktorske teze, razdvajanje tabele od osnovnog teksta radi se ubacivanjem praznih redova pre (2x) i posle tabele (2x, treći red je tekstualni). U ćelijama tabele ne sme biti previše teksta jer smanjuje preglednost rezultata. Numeričke vrednosti koje se prikazuju treba da budu napisane tako da imaju isti broj decimala (npr. 28.68 i 9.00) uz zaokruživanje brojeva na maksimalno dve decimalne vrednosti. Zaokruživanje je od značaja za bolje i brže poređenje rezultata predstavljenih u tabeli.

Jedinice kojima su vrednosti predstavljene obavezno treba da budu navedene u tabeli, bilo u ćeliji koja opisuje taj karakter (npr. testirana koncentracija (mg/ml); dužina klice (mm); količina inokuluma ( $\mu$ l)). Ukoliko postoje još neke specifičnosti koje predstavljene vrednosti nose (npr. želite da naglasite broj izvršenih merenja za neke vrednosti), a koje bi u tabelu unele previše teksta, one se mogu obeležiti nekom superskriptovanom oznakom (npr. \*) a zatim objasniti u fusnoti tabele. Fusnota se takođe koristi za sve skraćenice korišćene u tabeli zbog izbegavanja velike količine teksta, kao i za predstavljanje statističke značajnosti i sličnih podataka. Tekst u fusnoti je manji u odnosu na osnovni tekst tabele i on je ispisan sa jednostrukim proredom.

Naslov tabele treba da bude jasan i koncizan tako da se iz njega može zaključiti šta je istraživano, tj. koji rezultati su prikazani u njoj. Ukoliko je neophodno, naslov može biti raćen i propratnim tekstom u vidu podnaslova. Naslov se uvek postavlja iznad tabele, a nastavlja se na numeraciju tabele (eng. Table) za koju se koriste isključivo arapski brojevi. Naslov je uglavnom centriran ili na levoj margini, a ako je duži od širine tabele, tada se prebacuje u dva reda. Font naslova i teksta u samoj tabeli je definisan Instrukcijama za autore časopisa u koji se rad šalje. U slučaju master teze ili doktorske disertacije, koristi se font koji se inače koristi u tekstualnom delu, a u pitanju je obično neki lako čitljiv i formalan font poput Times New Roman ili Ariel. Naslov tabele se stavlja iznad nje bez proreda između njega i tabele, a veličina je za pt manja od fonta osnovnog teksta (isto važi za celu tabelu).

PRIMER: Tabela 1 (2, 3...). Naslov

Tabele dobijaju brojeve po redosledu kojim se pojavljuju u tekstu. Tabela na koju se autor prilikom predstavljanja rezultata u tekstu ne poziva ne može ostati deo rukopisa. Zbog toga je pri



konačnom pregledavanju dela rada Rezultati (ili Rezultati i Diskusija) obavezna provera toga da li je svaka tabela koja postoji u radu citirana u tekstu.

Pri radu na tabelama u jednom rukopisu, neophodno je da one budu urađene na jedan način (isti Layout) kako bi se izbegla potencijalna konfuzija čitaoca rada. Obično je način na koji se pravi i formatira tabela dat u okviru Instrukcija za autore svakog časopisa, ali je generalna smernica koju svi prate da se izbegava stavljanje linija na što većoj površini tabele. Obično vidljive linije treba da ostanu samo u zaglavlju, nazivima kolona i celoj pretkoloni tabele.

Tekst koji opisuje tabelu ne treba da doslovno predstavlja čitanje rezultata iz tabele (podrazumeva se da čitalac može da to uradi sam; ovakav tekst bi zauzimao previše prostora, a i onda se postavlja pitanje koja je svrha tabele ako je sve dato u tekstu). U tekstu se uglavnom ukratko daju podaci o metodi kojom su podaci dobijeni, kao i najznačajniji nalazi i zaključci koji se iz nje mogu izvući. Na primer, u tabeli koja opisuje naš eksperiment sa klijavošću semena pšenice, tekst koji opisuje tabelu bi glasio:

Tabela 1 predstavlja rezultate merenja efekta različitih koncentracija NaCl (0,5, 1 i 1.5%) na klijavost semena pšenice (*T. vulgare*). Na osnovu predstavljenih vrednosti vremena germinacije i procenta klijavosti, preračunatih iz 5 ponavljanja po svakoj koncentraciji, može se uočiti da povećanje koncentracije soli smanjuje vrednosti oba parametra. Takođe, ANOVA je pokazala statističku značajnost razlike između vrednosti pri različitim koncentracijama soli, kao i razlike između kontrolnih grupa (srednja vrednost 0.69) sa grupama tretiranim svim koncentracijama soli (ovde se takođe mogu navesti podaci) pri  $p < 0.05$ .

## ILUSTRACIJE

Veoma često je umesto tabela znatno podesnije podatke prikazati nekim drugim vidom vizuelnog prikaza i to mogu biti grafikoni, animacije, dijagrami, karte (mape), sheme ili fotografije. Većina knjiga i časopisa koji se štampaju na engleskom jeziku označavaju ih jednom jedinom oznakom - Figure, dok se u rukopisima (magistarskim i doktorskim, udžbenici) kao i u člancima časopisima štampanim na srpskom jeziku one označavaju kao slike (Slika 1). Činjenice koji se dobijaju naučnim istraživanjem i obradom dobijenih podataka se, u zavisnosti od vrste podataka, cilja analize i primenjene statističke metode mogu predstaviti na više načina.

**Grafikoni (dijagrami)** se koriste za vizuelni prikaz više različitih podataka, ali ukoliko je bitno predočiti čitaocu njihove međusobne odnose, zavisnosti i trendove. Postoje više vrsta grafikona koji su dostupni i u Windows Excell programu, ali se znatno češće koriste specijalizovani programi za statističku obradu podataka koji imaju sve načine grafičkog prezentovanja rezultata unetih u ove programe. Među njima veoma često se koriste

1. kružni grafikoni (pita), na kojima se predstavlja procentualna zastupljenost određenih proučavanih parametara. Zbog karakterističnog rasporeda ovih parametara kao delova kruga, on podseća na reznjeve pite i odatle nosi naziv PITA dijagram.
2. stubasti grafikoni predstavljaju veličine ispitivanih parametara u grafičkom sistemu sa jednom ili dve ose, a iznos (vrednost) određenih parametara se prezentuju u vidu pravougaonih stubića ili traka. Na taj način ovim grafikonom se u isto vreme predstavljaju više vrednosti odjednom, čime je omogućeno njihovo lako vizuelno poređenje i uočavanje zavisnosti u odnosu na neki tretman (jedna y osa) ili dva tretmana (dve y ose). Stubovi mogu biti postavljeni tako da stoje vertikalno ili horizontalno. Ovakav grafikoni se naziva i histogram ukoliko se vrednosti grupišu u određene rangove vrednosti, pa se svaki raspon predstavi stubićem idući određenim redosledom po vrednostima koje rasponi zauzimaju. Na taj način se može predstaviti frekvencija dobijenih kvantitativnih podataka i uočiti tip raspodele za uzorke sa mnogo izmerenih vrednosti. Histogrami su uvek dvodimenzionalni i na x osi se navode vrednosti ranga, a na y osi njihove učestalosti (viši stubići predstavljaju rangove sa većom frekvencijom).
3. Linijski grafikoni predstavljaju tačke merenja (vrednosti merenih parametara) koje se crtaju u koordinatnom sistemu, nakon čega se te tačke spajaju formirajući liniju. Posmatrajući liniju čitalac može uočiti trend neke pojave ili način zavisnosti jednog parametra od drugog parametra. Na ovom tipu dijagrama, za prikaz eksperimentalnih podataka (tačke koje povezuju jednu liniju) koriste se simboli koji se razlikuju za svaku liniju ponaosob. Na primer, u grafikonu u kome se posmatraju efekti tri različita tretmana (y osa) na neki parametar tokom različitih vremenskih perioda (tačke na x osi), čime se dobijaju tri linije, svaka linija povezuje iste simbole koji predstavljaju tačke merenja (●, ○, ◇). Moguće je u adekvatnom programu podesiti debljinu, boju i vrstu linije koja će povezivati iste tačke.
4. Skatergram je produkt regresione i korelacione analize i predstavlja grupisanje podataka i prikaza linije trenda koji poseduju ovi podaci. Ovim se utvrđuju međusobnih veza između tačak dobijenih merenjima. Dobijeni koeficijent korelacije ukazuje na prisustvo i jačinu veze između proučavanih varijabli.

Bez obzira na tip grafikona, od velike je važnosti njihov pravilni dizajn. Obe ose grafikona treba da imaju svoj naziv, tj. oznaku koji parametar (varijabla) predstavljaju sa obaveznom zagradom u kojoj se stavljaju jedinice u kojima se taj parametar meri. Vrednosti na osi grafikona treba da budu pravilno izabrane, iako računarski program uglavnom na osnovu unetih podataka sam predlaže neki raspon koji one treba da imaju. Ipak je neophodno da se proveriti da li je potrebna korekcija ovih vrednosti radi dobijanja bolje vidljivosti prikazanih relacija. Različite varijable treba predstaviti linijama, tačkama na skatergramu ili stubićima koji su različite boje ili teksture (stubići). Svaki od prezentovanih podataka (tačka ili stubić ili grupa

tačkica u skater dijagramu) od njih zbog toga treba imati legendu u kojoj se objašnjava koje tačke ili stubići predstavljaju koje parametre. Pozicija legende može biti na različitim mestima u grafikonu, a ono što je bitno je da ne ometa normalno posmatranje prikazanih odnosa - može biti iznad grafikona, ispod njega, ili sa njegove strane, uokvirena ili ne.

Naslov grafikona se postavlja ispod njega, odmah nakon numeracije koja se vrši arapskim brojevima i to Slika 1. Naslov.. Naslov treba da objasni šta se nalazi na njemu, kao i da pruži osnovne podatke o metodi koja je korišćena. Ukoliko je potrebno, mogu se dati dodatna objašnjenja u tekstu koji se nastavlja na naslov slike.

**Fotografije** koje se stavljaju u rukopis trebalo bi da budu delo samog autora, a ukoliko nisu, mora biti navedeno iz kog izvora su dobijene te fotografije ili eventualno tražiti odobrenje za ovakav postupak u slučaju da je fotografija zaštićena autorskim pravima.

U Instrukcijama za autore svakog časopisa postoji opis i objašnjenja kako fotografije treba da budu pripremljene. U njima se navodi minimalna rezolucija, veličina, boje i slične osobine koje treba podesiti pre slanja fotografije. Fotografije se šalju kao zaseban dokument UPLOAD opcijom na stranici časopisa za slanje rukopisa koji ste pripremili. Na fotografiji može da bude dodatne obrade u odgovarajućem programu (poput Corel Draw ili Adobe Photoshop), a kojom se postiže davanje dodatnih informacija o procesima ili delovima na fotografiji koje želimo da posebno istaknemo. U tom slučaju, stavljaju se abecedne oznake, brojevi ili strelice određenih boja, koje se naknadno objašnjavaju u legendi. Takođe, ovim načinom se može staviti neka skala koja će pomoći u razumevanju veličina koje se nalaze na fotografiji.

Na isti način se postupa sa ostalim grafičkim prikazima pa oni zbog toga ovde neće biti dodatno objašnjavani.

Nakon obrade podataka i utvrđivanja da su rezultati takvi da pružaju dokaze o postojanju vredne i nove naučne informacije, treba pristupiti iznošenju rezultata naučnog istraživanja na uvid javnosti. Javnost i dostupnost naučnih činjenica je osnovno pravilo naučne metode. Pisana naučna i stručna literatura pripada veoma bitnom načinu informisanja drugih naučnika o svim naučnim činjenicama i istinama. Literaturu možemo podeliti na primarnu i sekundarnu, pri čemu se samo primarna (knjige, članci, monografije, patent i izveštaji, tj. originalni napisi koje je pisao sam autor) može koristiti kao izvor tačnih i verodostojnih podataka.

Pod naučnim napisom se podrazumeva izveštaj o originalnim rezultatima istraživanja koji je napisan i prezentovan (objavljen) naučnoj javnosti. Svaki naučni napis mora biti originalan, dostupan naučnoj javnosti, dok činjenice u njemu moraju biti utvrđene adekvatnom naučnom metodom. Pisanje rada treba početi tek kada smo sigurni da imamo značajnu, novu naučnu činjenicu koja doprinosi opštem znanju o predmetu istraživanja, koliko god taj doprinos bio mali. Osnovna podela naučnih napisa je na:

- REVIJALNI NAUČNI RAD – predstavlja članak u kome je dat pregled svih naučnih istraživanja. U njemu se analiziraju i diskutuju postojeći rezultati o određenom naučnom problemu, dok ne pruža nove podatke.
- ORIGINALNI NAUČNI RAD – predstavlja prezentovanje rezultata istraživanja koji su novi za nauku i originalni.
- KRATKO SAOŠTENJE – forma je slična originalnom naučnom radu, ali je istraživanje predstavljeno u znatno skraćenoj formi. Njima se uglavnom predstavljaju rezultati nekog preliminarnog istraživanja koje je rezultiralo značajnim i novim naučnim podacima, a obično je deo neke veće celine (opsežnijeg projekta kojim se istražuje neka nučna problematika).
- Saopštenje na naučnom skupu (kongresu, simpozijumu) – predstavlja opšte prihvaćenu i preporučljivu formu naučne komunikacije, kojima se kolegama iz iste oblasti prezentuju rezultati istraživanja, obično pre publikacije u nekom časopisu. Rad može biti štampan u celini (u tom slučaju se rezultati ne mogu objaviti nigde drugde, pa ni slati u časopis jer bi to bio autoplagijat), a postoji mogućnost da se na skupu prezentuje ceo rad, a nakon skupa štampa samo Sažetak (Abstract) u posebnoj publikaciji koju izdaje organizator skupa, a koja se naziva Zbornik apstrakata.
- Knjiga – može biti u formi užbenika, priručnika, monografije
- Doktorska disertacija, Master teza – predstavljaju samostalno delo jednog autora (studenta master ili doktorskih studija) kojim se predstavlja opsežnije istraživanje kojim su dobijeni novi i originalni rezultati, a koji predstavljaju inovacije u odgovarajućoj oblasti nauke.

Svaki naučni napis sastoji se iz nekoliko poglavlja, što se praktikuje već oko 300 godina, a to su:

1. Uvod - šta je bilo predmet istraživanja
2. Materijal i metode - koje su metode, pribor, reagensi i aparati korišćeni u istraživanju
3. Rezultati - prikaz dobijenih rezultata, tj. šta je otkriveno istraživanjem. Upotrebom preciznih i nedvosmislenih pojmova, bez komentara i pozivanja na literaturne podatke (bez citiranja literature), izlažu se rezultati rada. Pozivajući se na sadržaj tabela i/ili ilustracija, a izbegavajući ponavljanje njihovog sadržaja, opisuju se različiti detalji. Tekstualnim delom poglavlja "Rezultati" ukazujemo na pravilnosti i zakonitosti koje proizilaze iz prezentovanih ilustracija i tabela.
4. Diskusija - objašnjenje dobijenih rezultata povezivanjem sa poznatim naučnim činjenicama. Ovo poglavlje se bavi tumačenjem rezultata rada, objašnjavanjem uočenih pravilnosti, zakonitosti i relacija između analiziranih pojava i prezentovanih rezultata. Poznavanje literaturnih podataka nam pomaže da celovito sagledamo problem u skladu sa savremenim otkrićima.

Ponekad su Rezultati i diskusija jedno poglavlje i predstavljaju spoj ova dva poglavlja. U slučaju spojenosti, rezultati se odmah nakon predstavljanja mogu prodiskutovati, nakon čega se navode sledeći rezultati, itd.

5. Zaključci - navođenje značaja rezultata za nauku i isticanje onoga što je novo u njima, kao i mogućnosti za primenu novih rezultata

Pre glavnog teksta u okviru koga se nalaze ova poglavlja, svaki naučni rukopis sadrži i naslov, sažetak ili apstrakt (eng. ABSTRACT), dok nakon njega slede zahvalnica, spisak korišćene literature i prilozi, ukoliko postoje. U zavisnosti od vrste naučnog napisa, mogu postojati još neki delovi, npr. kod teza postoje i sadržaj pre sažetka, biografija kandidata, zahvalnica ide pre glavnog teksta, mora da sadrži listove sa bibliotečkom dokumentacijom na kraju itd. Pored delova koje sadrži, u zavisnosti od vrste naučnog napisa definiše se i koliko će on biti dug, pa master teza može imati do 40-tak stranica, doktorska disertacija do 100, dok naučni članak ne sme preći 20 pisanih stranica (kucanih duplim proredom).

Naučni radnici imaju različite načine započinjanja pisanja rukopisa, pri čemu je to za svakog individualni izbor koji zavisi od ličnih afiniteta. Neki svoje rukopise započinju od pisanja uvoda, koji je najobimniji po sadržajima i nakon završetka ovog poglavlja rukopisa, njegov veliki i najzahtevniji deo je završen. Sa druge strane, neki počinju od rezultata, koje je najlakše napisati jer predstavljaju više „fizičku“ aktivnost u kojoj je potrebno izdvojiti vreme, a kreativnost u pisanju i obraćanje na stil i način izlaganja u ovom delu nisu veliki problem - dobijeni podaci se prosto navode određenim redosledom bez ikakvih obrazloženja, rukovodeći se osnovnim pravilima pisanja naučne proze. Bez obzira na redosled pisanja, bitno je imati osnovni plan, kostur rada (teze za svako poglavlje, koje će pri pisanju biti razrađene) ili radni sažetak u vidu jedne celine, jer tada mnogo lakše pristupamo pisanju, pošto mentalno imamo formiran početak, sredinu i kraj rukopisa.

## NASLOV RADA (eng. TITLE)

Svaki naučni rad ima naslov koji treba da na najbolji mogući način predstavi ono što je izvedeno istraživanjem, tj. da ukaže na suštinu i sadržaj rada. Dobar naslov je izuzetno značajan za rad, jer je on najčitaniji i najuočljiviji deo svakog naučnog napisa, a cilj naslova je da informiše čitaoca o sadržaju rukopisa i da privuče njegov interes. On se karakteriše sledećim osobinama:

- sadržajnost - svaki naslov treba da bude što je moguće kraći, a da u isto vreme predstavi suštinu istraživanja prezentovanog tim radom. Prema nekim autorima, naslov ne bi trebao da prelazi više od 12 reči ili 100 karaktera, uključujući one koji razdvajaju reči, ali

se ovo pravilo veoma često ignoriše bez nekih dodatnih problema pri publikaciji. Pomenuto pravilo više važi za naslove teza.

- atraktivnost, tj. buđenje želje čitaoca da sazna šta je u radu

Naslov se piše velikim slovima, ne podvlači se i na njegovom kraju se nikada ne stavlja tačka. U naslov nikada ne treba stavljati skraćenice, hemijske formule i izraza poput „Prilog poznavanju“, „istraživanje/a“, i slično što se smatra pleonazmima. Svaki rad je prilog poznavanju i istraživanje pa to ne treba navoditi u okviru naslova. Naslovi mogu imati više gramatičkih formi, npr. mogu biti napisani u vidu

1. iskaza (rečenica koja nešto tvrdi) „Povišene koncentracije NaCl u vodi negativno utiču na klijavost semena pšenice (*Triticum vulgare* L.)“
2. upitne rečenice „Postoji li uticaj povišenih koncentracija NaCl na klijavost pšenice (*Triticum vulgare* L.)?“
3. Rečenice koje su razdvojene sa dve tačke „Klijavost pšenice (*Triticum vulgare* L.): uticaj povišenih koncentracija NaCl“
4. nominalni (imenični) naslov „Redukovana klijavost semena pšenice (*Triticum vulgare* L.) uzrokovana povišenim koncentracijama NaCl “

U tezama su 1. i 4. forma najčešće upotrebljavane, dok su upitna forma i forma koja razdvaja iskaze sa dve tačke znatno češće upotrebljavane za naučne članke u cilju atraktivnosti i buđenja znatiželje čitaoca (tzv. senzacionalistički naslovi poput klasičnih novinskih). Prema informaciji koje pružaju, postoje dve osnovne *KATEGORIJE NASLOVA*:

1. Indikativni –upućujući: ne govori o odgovoru koji rad nudi, već o području koje pokriva

Primer: *Lichens as a source of versatile bioactive compounds*

1. Informativni –obaveštavajući: prenosi poruku o svim glavnim elementima rada

Primer: *Antistaphylococcal activity of Inula helenium root essential oil: eudesmane sesquiterpene lactones induce cell membrane damage*

Naslov se najčešće definiše na početku pisanja u vidu radnog (promenljivog naslova), koji se tek na kraju pisanja, tj. po njegovom završetku konačno definiše.

AUTOR/AUTORI

U naučnim člancima, knjigama i svim ostalim napisima osim teza, navode se autori odmah ispod naslova. Prema definiciji, „autor članka je osoba koja preuzima intelektualnu odgovornost za prikazane rezultate istraživanja“. Autorstvo se zasniva isključivo na suštinskom doprinosu u planiranju i izradi istraživanja, analizi podataka i izradi rukopisa. Kao autore ne treba navoditi lica koja su bila odgovorna za svakodnevni, rutinski i tehnički rad, jer tu nije bilo nikakvog mentalnog doprinosa. U tim slučajevim svakako treba navesti opisane osobe u zahvalnici i na taj način istaći njihov doprinos. Redosled autora po kome se oni navode treba da odgovara njihovom realnom doprinosu u izradi istraživanja i nastajanju naučnog dela koje se prezentuje. On treba da predstavlja dogovor između koautora, a broj zavisi od samog istraživanja - rad može imati i samo jednog autora, što je danas retkost zbog sve težeg objavljivanja radova koja nisu multidisciplinarna jer nemaju puno rezultata (jer se porede sa radovima koji se publikuju a produkt su velikih timova koji pokrivaju više oblasti i samim tim kompleksije obrađuju tematiku). Sve su češći radovi sa većim brojem autora, što sa sobom povlači probleme sa citiranjem takvih radova i poenima koji se računaju autorima takvih radova (više stotina autora). Svaki autor treba da ima superskriptovan broj na poslednjem slovu prezimena, koji se ispod imena autora navode njihove institucije (fakultet na kome istraživač radi, institut ili neka druga adresa na kojoj se taj autor poštom može kontaktirati). Pored institucija, jedan od autora je korespondirajući autor, a to je obično osoba koja preuzima odgovornost za sve napisano u članku (što ne mora biti uvek prvi autor). Ovaj autor obično nakon prezimena ima dodatnu superskriptovanu oznaku u vidu slova ili zvezdice (videti konkretnu INSTRUKCIJU ZA AUTORE), a kojoj je pridodata nakon liste institucija elektronska adresa na koju se taj autor može kontaktirati.

#### SAŽETAK / APSTRAKT (eng. ABSTRACT)

Za ovaj deo naučnog napisa koriste se i drugi izrazi, npr. izvod, rezime ili sinopsis. Apstrakt ima za cilj da u što kraćoj formi predstavi čitavu strukturu rukopisa koji sledi, tj. da čitalac iz njega shvati problem, korišćenu metodologiju u istraživanju, najbitnije rezultate kao i zaključke do koji je istraživanje dovelo autore. Tekst treba tako i strukturirati, tj. na početku u vidu jedne do dve rečenice treba navesti problem i ciljeve istraživanja, zatim ukratko metodologiju, najbitnije rezultate i finalne zaključke do kojih su autori došli. Ovaj tekst se uvek piše u trećem licu i to u pasivu, a koristi se prošlo vreme. U sažetku se ne navode skraćenice, grafički prikazi (tabele, slike i grafikoni), citati niti bibliografski podaci. Jedini izuzetak su tzv. grafički apstrakti, koje pojedini časopisi zasebno traže uz klasičan (tekstualni) sažetak, a čiji je cilj da dodatno privuku pažnju čitaoca. U tom slučaju, treba staviti što atraktivnije ilustracije, fotografije i grafikone koji su povezani sa radom i koji bi zaitrigirali potencijalnog čitaoca. Sažetak može imati formu neprekidnog teksta (jednog paragrafa) i u zavisnosti od časopisa (INSTRUKCIJE ZA AUTORE), definisan je ukupan broj reči (najčešće do 250) ili karaktera koji su maksimum. Druga moguća varijanta izgleda apstrakta je tzv. strukturirani apstrakt koji imamo posebno naznačene sve delove rada: uvod (Background), ciljevi (Objectives), materijal i metode

(Material and methods), rezultati (Results), zaključci (Conclusions). Svaki od delova se objašnjava sa jednom, maksimalno dve rečenice, a celokupan tekst se takođe mora uklopiti u dozvoljeni maksimum.

Sažetak se piše na zasebnoj strani i pored glavnog teksta, on sadrži naslov, autore i njihove institucije, glavni tekst i ključne reči. Ključne reči se navode na kraju apstrakta i njihova svrha je da se definišu reči čijim će se ukucavanjem dobiti baš taj rad na internet pretrazi. Zbog toga je veoma važno odrediti dobre ključne reči, koje treba da budu što opštije, a u isto vreme u vezi sa člankom. Pri njihovom izboru se treba postaviti na mesto nekoga ko traži takav članak i odabrati reči koje bi neko takav najverovatnije ukucao pri pretrazi.

#### UVOD (eng. Introduction)

U uvodnom delu se izlažu predmet istraživanja, ciljevi rada, hipoteza i značaj istraživanja. U ovom delu treba čitaoca naučnom prozom uvesti u problem istraživanja i to tako što se u par rečenica najpre predstavi problem koji se do kraja ovog dela sužava na naš predmet istraživanja. U okviru uvoda se tokom ovog procesa (uvođenja čitaoca u problematiku) vrši pregled literature usko povezane sa našim istraživanjem kako bi se predstavilo šta se o predmetu istraživanja zna. Zatim se navodi šta se o tom problemu ne zna (problem našeg istraživanja) i navodi hipoteza, ukoliko ona postoji, kao i ciljevi našeg istraživanja. Za naučne članke, treba voditi računa da uvod (posebno njegov prvi deo koji citira literaturu) ne bude preopširan i da nema „rasplinjavanja“ već da sve što je navedeno u njemu treba da bude usko povezano sa predmetom istraživanja. U ovaj deo treba ubaciti podatke iz literature koja je dala ideju za rad, koja se uklapa sa našom ili je protivna našoj hipotezi, a treba izbegavati navođenje kompletne literature koju je autor pročitao pri izradi istraživanja i pisanju rada. Ovo se najbolje može postići tako što se citira literatura novijeg datuma koja je prethodila našem istraživanju. Kod master teza i doktorskih disertacija, uvodni deo je drugačiji od onog u naučnim člancima, prevashodno zbog znatno veće obimnosti literaturnih podataka (pa je ujedno i mnogo veći), pa se struktura uvoda sastoji iz navođenja problema istraživanja, hipoteze, predstavljanja dizajna, ciljeva i značaja istraživanja koje u radu biti predstavljeni, a tek onda se u potpoglavlju Pregled literature (u okviru poglavlja Uvod) vrši opis dosadašnjih istraživanja o svim aspektima koje teza proučava. Na kraju Uvoda master ili doktorske teze, na posebnoj strani se kao poglavlje CILJEVI RADA taksativno nabrajaju svi ciljevi istraživanja. Ovaj deo ne treba da bude duži od dve stranice, pošto se ciljevi u ovom delu ne objašnjavaju jer je to već izvršeno u poglavlju UVOD.

Pregled literature treba pripremiti tako da pružaju informacije o tome šta je zajedničko prethodnim istraživanjima, a zatim i šta još treba istraživati i rešiti na osnovu informacija koje su predočene ovim pregledom. On treba da pruži jasnu ideju šta je istraženo a šta nije, koji su problemi koje dalja istraživanja treba da reše. Podaci iz literature se navode na osnovu onoga što je zajedničko i opšte a zatim da idu ka sužavanju tematike na konkretan problem. Pri ovom procesu nikako se ne sme samo suvoparno dati hronološki redosled ljudi koji su se bavili tom



problematikom, već predočiti i ukratko suštinu tih radova jer se samo na taj način može adekvatno predstaviti problematika nekog predmeta istraživanja.

## CITIRANJE RADOVA U TEKSTU

Citiranje literature predstavlja standardizovan metod navođenja izvora podataka koji se pojavljuju u rukopisu naučnog napisa. Način koji se pri tome koristi je standardizovan i ima za cilj lako pronalaženje ovih izvora. Ciljevi citiranja literature su odavanje priznanja autorima iz kojih je citat uzet, pružanje informacije čitaocu gde može naći tu informaciju, kao i prezentovanje činjenica na kojima je zasnovano naše istraživanje - uvod ili diskusija. Za citiranje radova postoji više načina, koji zavise od toga kakva su pravila časopisa ili institucije u kojoj će teza biti publikovana, tj. koji je sistem citiranja prihvaćen u toj ustanovi. U okviru dokumenta INSTRUKCIJE ZA AUTORE, a koji se nalazi na sajtu svakog časopisa, navodi se sistem citiranja po kome ono mora da bude izvršeno i po kome se reference navode u listi na kraju rada. Što se tiče master ili doktorske teze, ukoliko ne postoji pravilo institucije, sistem citiranja se definiše u dogovoru sa mentorom ili na osnovu sistema koji je korišćen u prethodnim publikacijama Institucije.

Pravila citiranja literature su takva da se rad koji je citiran **OBAVEZNO** pojavljuje u rukopisu bar dva puta - prvi put kada se citira, a drugi put u listi referenci. Pri citiranju, citat se može navesti na dva načina: doslovno, kako se pojavio u originalu i navodi se isto od reči do reči, a taj citat se stavlja pod navodnike. Druga varijanta je parafraziranje teksta koji u tom slučaju ne stoji pod navodnicima, ali se pri tome mora voditi računa da se suština misli tog autora ne promeni pri ovom procesu.

Sistemi citiranja su brojni i koriste se svaki za određene grane nauke, pri čemu se svi odlikuju citiranjem tačnih podataka i jednoobraznošću. Ovo znači da odabrani sistem citiranja mora biti korišćen u celom rukopisu, tj. da su sve reference citirane na isti način.

Postoje Chicago, Harvard, Turabian, APA - American Physiological Association, MLA - Modern Language Association, AMA- American Medical Association i drugi sistemi, a časopisi u sve ove sisteme uvode svoje varijacije, pa ih ima još više. Svi oni se uklapaju u dva osnovna sistema, a to su Harvardski i Vankuverski stil citiranja.

**Vankuverski stil citiranja** je dobio naziv po mestu gde je nastao (Vankuver 1978. godine), a to je na prvom sastanku International Committee of Medical Journal Editors – ICMJE. Ova pravila usvojilo je Međunarodno udruženje urednika medicinskih časopisa (ICMJE) kao deo jednoobraznih zahteva za pripremu rukopisa koji se podnose biomedicinskim časopisima. Prema ovom sistemu citiranja, Reference su označene arapskim brojevima u zagradi i to prema redosledu pojavljivanja u tekstu «Kardiovaskularne bolesti su vodeći uzrok smrtnosti u većini razvijenih zemalja (1) kao i značajni uzrok invalidnosti, gubitka radne sposobnosti, prevremene smrtnosti i sve veći troškovi zdravstvene zaštite (2-5).» Pored klasične zagrade, često se koristi i uglasta zagrada. Ovi brojevi mogu biti i bez zagrade u superskriptu ili subskriptu. Svaka

referenca dobija svoj broj kada se prvi put pojavi u tekstu, a ako se ista referenca citira kasnije u tekstu, navodi se pod istim brojem. U listi referenci se reference ređaju po redosledu njihovog prvog pojavljivanja u tekstu rukopisa. U njoj se navode svi autori, a ukoliko ih je preko šest, navodi se prvih šest i dodaje «et al» ili «i dr». Glavna prednost ovog sistema je jednostavnost referenci u tekstu, a nedostatak je otežano ubacivanje ili izbacivanje novih referenci.

#### STRUKTURA REFERENCE U LISTI PO VANKUVERSKOM SISTEMU CITIRANJA:

Prezime autora inicijali, Prezime autora inicijali. Naslov članka. Naziv časopisa [skraćeni]. Godina publikacije; broj volumena (broj sveske); brojevi stranica (Početna i završna strana).

**Harvardski sistem citiranja** (autor-datum sistem) podrazumeva unošenje prezimena autora i godinu publikacije tog rada uz odgovarajući citat u tekstu. Ako ima dva autora, unose se oba prezimena; ukoliko je broj autora veći od dva, u tekst se unosi samo prezime 1. autora sa dodatkom et al. (skraćeno od et alii, lat. “i drugi”, čita se et al) i godina publikacije. Prezime i godina treba da su u zagradi ukoliko prezime ne predstavlja deo rečenice; u slučaju da je prezime deo rečenice, posle njega se navodi godina u zagradi. Pri citiranju dve ili više referenci istog autora iz iste godine, na prvom citiranom mestu u tekstu, uz godinu publikovanja, dodaje se «a», zatim «b», itd. U spisku literature treba navesti sve autore, ako ih je 6 i manje, uz dodavanje navedenih slova iza godine. U konačnom spisku literature, redosled referenci se navodi abecednim redosledom, prema prezimenu prvog autora. Reference nisu numerisane, pa se relativno lako mogu ubaciti, odnosno izbaciti iz teksta, ali je komplikovano navođenje referenci u tekstu, kao i njihovo pronalaženje u popisu literature.

**Kombinovani sistem** predstavlja kombinaciju prethodna dva, numeričkog i abecednog sistema, prema kome se redosled referenci u spisku literature pravi prema abecedi prezimena prvog autora uz istovremeno označavanje rednog broja koji se uz odgovarajući citat navodi u tekstu. Ovaj sistem je kraći od Harvardskog. Reference se takođe moraju tražiti po abecednom redu u popisu literature, ali je kraće navođenje referenci u tekstu koje su numerisane.

Korisni softveri za citiranje literature • Bibloscape • Citation • EndNote • GetARef • JobRef • Library Master • Nota Bene • Papyrus • ProCite • Reference Manager • Refworks

**Mendeley -njega obrađujemo na vežbama**

## MATERIJAL I METODE

Materijal i metode su svakako izbor za najlakši početak pisanja rada jer se radi o delu u kome se navodi materija koja je već dobro obrađena u fazi planiranja naučnog istraživanja iz koga nastaje rad. Ovo je tako jer je rad zapravo izveštaj o sprovedenom istraživanju i rezultatima koje smo iz njega dobili. Suština ovog poglavlja jesu proverljivost, ponovljivost i egzaktnost, jer je u njemu neophodno postići opis metoda i korištenog materijala na način toliko detaljan da drugi naučnici mogu ponoviti naše istraživanje na osnovu tih informacija. Organizacija ovog poglavlja zavisi od tipa istraživanja i različita je za laboratorijska i ekološka (i bilo koja druga terenska) istraživanja. I kod jednih i kod drugih istraživanja, ovo poglavlje se navodi po redosledu materijal, pa metode, a na kraju (statistička) obrada rezultata, a u okviru njih mogu postojati druga potpoglavlja ako se tako dobija na preglednosti i razumevanju istraživanja.

Kod svih istraživanja, u okviru materijala navode se sastav, receptura i proizvođač svih hemikalija (rastvora, reagenasa i podloga) koje se u istraživanju koriste. Takođe, kao materijal se navode aparati koji su korišćeni u istraživanju i opisuje sva preostala oprema (instrumenti, alati i dr.) uz navođenje proizvođača i tipa (broja modela) te opreme. Ukoliko je tokom istraživanja korišćen pomoćni materijal poput priručnika, protokola, ključeva za determinaciju i slične literature, ona se u ovom poglavlju obavezno navodi. Tokom opisa vrste, zajednice ili populacije na kojoj se radi, neophodno je obezbediti detaljne i tačne taksonomske informacije. Rad sa biljkama i životinjama zahteva precizne informacije o:

### 1) biljke

- a) taksonomske informacije
- b) težina i/ili broj jedinki
- c) stanište - u okviru informacija o staništu, obično je dobro obezbediti geografsku kartu sa mapiranim staništem, kao i GPS koordinate staništa. Takođe se navode specifičnosti staništa koja su od značaja za istraživanje - tip i sastav zemljišta, tip biljne zajednice, nadmorska visina i slični podaci.
- d) nakon sakupljanja od svake istraživane vrste mora se uzeti primerak za herbarijum, koji se zatim deponuje u neki priznati herbarijum, gde se dobija tzv. vaučerski broj. Ovaj broj se obavezno navodi u radu.
- e) ako se biljke nakon sakupljanja naknadno obrađuju u laboratoriji, to se objašnjava u potpoglavlju koje opisuje konkretnu metodu, gde se obično navodi i način transporta i priprema za analizu, kao i broj jedinki ili njihova ukupna težina, tj. težina biljnog materijala na kome je analiza vršena

### 2) životinje

- a) taksonomske informacije, a ukoliko se radi o eksperimentalnom istraživanju na laboratorijskim životinjama, tada se navode soj, linija, vrsta, pol, telesna masa, starost i uslovi čuvanja – temperatura prostorije, trajanje perioda svetlo-mrak, ishrana itd. Za eksperimente na životinjama, neophodno je navesti i broj dozvole Etičkog komiteta i adekvatne Pravilnike o radu kojih su se istraživači prodržavali.
- b) karakteristike staništa
- c) broj sakupljenih životinja
- d) uzrast, pol i stanje sakupljenih životinja
- e) detalji o staništu - isto kao za biljke
- f) način transporta i priprema za analizu

Za sva TERENSKA istraživanja, potrebno je navesti i vreme kada je ono rađeno.

U okviru dela Metode, navode se istraživačke tehnike, procedure i postupci koji su izvođeni prilikom istraživanja. Ukoliko je korišćena opšte poznata metoda, njen opis nije potreban, već se samo citira literatura gde je ona prvi put opisana. Detaljan opis eksperimentalne procedure daje se samo kada je osmišljena potpuno nova tehnika, metoda ili procedura (usled nedostatka postojeće), ili je u postojeću uneta neka modifikacija. U drugom slučaju, pruža se detaljan opis modifikacije, njen značaj i razlog za nju.

U trećem delu, tj. na kraju ovog poglavlja, daje se opis ili se navode metode kojim je vršena obrada podataka, tj. čitaoci se obaveštavaju o metodama analize dobijenih podataka. Ovde se iznose razlozi i kriterijumi za odabir određenih parametara u analizi rezultata (srednja vrednost, SD, SE), kao i statističke metode (ANOVA, Studentov t-test, obavezno se navodi nivo signifikantnosti pri kome je analiza rađena, itd...). Ukoliko postoje neke formule kojima se vrši neki proračun iz rezultata merenja, one se obično daju u okviru adekvatnog potpoglavlja (npr. u okviru potpoglavlja Ispitivanje klijavosti semena, nakon opisa eksperimenta, navodi se formula za računanje stope germinacije koja je kvantitativna mera klijavosti). Za razliku od ovih formula, u poslednjem delu se navodi samo statistička analiza koja je korišćena za analizu podataka, kao i programski paket u okviru koga je ova analiza urađena. Uz naziv programa, navode se i godina i proizvođač.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Ova dva poglavlja mogu da budu spojeni ili odvojeni. Poglavlje REZULTATI su u oba slučaja ono što se prvo piše i čiji je redosled u radu prvi u odnosu na diskusiju. Oni su logičan nastavak pisanja, jer se zapravo radi o prezentaciji podataka čije je dobijanje obrađeno tokom planiranja istraživanja. Pisanje ovog dela rada se svodi na izbor rezultata i izbor načina prezentacije rezultata istraživanja, a predstavljaju najbitniji deo naučnog napisa jer se u njemu iznose naši rezultati (svrha našeg istraživanja). Ovo poglavlje je uglavnom veoma kratko, a praćeno je grafičkim prikazima – tabelama, grafikonima i drugim ilustracijama. Svaka tabela i bilo koji grafički prikaz mora da bude citiran u tekstu. Kod iznošenja srednjih vrijednosti poželjno je da su one praćene merom njihove varijabilnosti (standardnom devijacijom ili standardnom greškom). Tekst koji se nalazi u ovom poglavlju opisuje najznačajnije rezultate i on služi da ukaže čitaocu na njih. Pri pisanju treba izbegavati detaljno ponavljanje informacija koje se nalaze u tabelama i grafikonima, već treba skrenuti pažnju na uočene pravilnosti, zakonitosti i relacije između rezultata i na njihovu suštinsku važnost. Ovde se rezultati ne komentarišu niti upoređuju sa rezultatima drugih autora. Takođe, u ovom poglavlju se shodno tome ne citira nikakva literatura, niti se donose zaključci.

**DISKUSIJA** je znatno obimnija od poglavlja Rezultati, a pisana je naučnom prozom. U poglavlju diskusija se nikada ne ponavlja prikaz rezultata!!! Ona predstavlja najkreativniji deo naučnog rada, jer se u njoj dobijeni rezultati stavljaju u kontekst ukupnog naučnog saznanja o predmetu istraživanja. U okviru ovog poglavlja, vrši se citiranje literaturnih podataka i porede prethodno dobijeni rezultati sa rezultatima našeg istraživanja, a na osnovu toga se daju

objašnjenja. Autori diskutuju moguće razloge zbog čega su u svojim istraživanjima dobili navedene rezultate, u kojoj su meri korišćene metode uticale na rezultate, kao i da li bi neke druge metode dale drugačije rezultate. Ovde se takođe komentariše kako se dobijeni rezultati uklapaju u širi kontekst naučnog znanja o predmetu istraživanja. U ovom poglavlju se mogu navesti i uočeni nedostaci metoda ili pristupa istraživanju koje je u radu izvršeno. Ako se rezultati ne slažu sa dosadašnjim, treba pokušati da se to objasni na adekvatan način (greške metode, merenja, ekstremne vrednosti, razlike u ekološkim faktorima, itd.). Autori nikada ne treba da izbegavaju prikaz negativnih rezultata ili rezultata koji se ne slažu sa prethodnim istraživanjima, jer su oni takođe izuzetno bitna naučna informacija.

U diskusiji se daje objašnjenje dobijenih rezultata, tj. naučna interpretaciju konstatovanih činjenica, gde autori izlažu ono što sami misle o značenju njihovih rezultata. Cilj diskusije je da pokaže u kojoj meri dobijeni rezultati podržavaju ili osporavaju postavljenu hipotezu i zašto? Diskusiju treba završiti naglašavanjem novog i važnog u radu, davanjem preporuka i predloga, ili izlaganjem nove hipoteze.

Poglavljje **ZAKLJUČCI** nisu obavezno poglavljje u svim časopisima (glavni zaključci rada se vrlo često iznose u poglavlju *Diskusija*, tako da nema posebne potrebe za poglavljem *Zaključci*). Sa druge strane, u master tezi i doktorskoj disertaciji obavezno na posebnoj strani/stranama u okviru ovog poglavlja izložiti najbitnije zaključke do kojih su autori došli na osnovu dobijenih rezultata. *Zaključke* vrlo često nalazimo u kratkim radovima, kod kojih su *Rezultati* i *diskusija* spojeni u jedno poglavljje, ili u vrlo obimnim radovima koji imaju vrlo dugu i kompleksnu *Diskusiju* tako da postoji opravdana potreba da se glavni zaključci još jednom sumiraju i ponove. Ovo je uvek vrlo kratko poglavljje u kome se glavni zaključci rada vrlo sažeto i taksativno (ponekad se numerišu ili stavljaju pod teze) navode jedan za drugim. Isticanje suštine istraživanja na jasan i koncizan način. U njemu se navodi samo ono što je novo i važno, a povezano je isključivo sa našim istraživanjem i rezultatima. Zaključci treba da predstavljaju sud tj. presudu hipotezi na osnovu dobijenih rezultata i njihove argumentovane interpretacije.

**ZAHVALNICA.** Ovo se poglavljje najčešće stavlja između *Diskusije* (ili *Zaključaka* ako ih ima) i *Literature*. U ovom se poglavlju autori zahvaljuju svima onima koji su im na bilo koji način pomogli bilo tokom njihovih istraživanja, bilo tokom pisanja rada. Naučna etika nalaže da se nikome ne zahvaljuje prije nego što se ta osoba konsultuje i za to dobije odobrenje.

Ukoliko se zahvalnica navodi u časopisu (Acknowledgements), ovo je mesto u kome se navode pre svega finansijeri istraživanja (Ministarstva, projekti, Instituti itd.), ali se može izraziti zahvalnost i pojedincima koji su doprineli istraživanju.

## LITERATURA/REFERENCES

Ovo poglavljje predstavlja popis svih reference (*citata*) navedenih (*citiranih*) u tekstu.

*Svi citati u tekstu moraju biti navedeni u Literaturi (popisu na kraju rada) i obrnuto, svi citati iz popisa moraju biti citirani u tekstu!* Reference se u *Literaturi* mogu navesti abecednim redom (prema prezimenu prvog autora), ili se mogu navesti prema redosledu citiranja u tekstu (u ovom se slučaju citati numerišu rednim brojevima). Poglavlje *Literatura* se sastoji isključivo od referenci citiranih u tekstu.

**Bibliografija je popis svih referenci upotrebljenih u tekstu, ali i svih drugih referenci relevantnih za datu problematiku koje nisu bile citirane u tekstu.**

Svaki časopis ima svoja uputstva za pisanje referenci u *Literaturi*, ali bez obzira na redosled i način pisanja u časopisima, referenca mora sadržati sledeće elemente:

- prezimena i inicijali autora,
- godina publikovanja rada,
- naslov rada,
- naziv časopisa (puno ime ili službena skraćenica, italik ili ne),
- volumen i broj (broj nije uvek obavezan),
- stranice.

U pojedinim časopisima, u referencama se izostavlja naslov rada.

### **OPŠTA PRAVILA PISANJA NAUČNE PROZE**

1. STIL PISANJA NAUČNE PROZE JASNO SE RAZLIKUJE U ODNOSU NA STIL I JEZIK U KNJIŽEVNIM DELIMA!!!
2. PISATI ŠTO JEDNOSTAVNIJE I JASNIJE. Izbegavati kitnjaste i duge rečenice, kao i upotrebu opisa.
3. JEDNOOBRAZNOST - isti izraz (termin) kroz ceo tekst može biti upotrebljavan samo u jednom istom kontekstu.
4. IZBEGAVATI PRVO LICE. Pisanje rada treba vršiti pisanjem u trećem licu uz korišćenje prošlog vremena i pasiva.
5. KORISTITI OPŠTEPRIHVACĀENU NAUČNU TERMINOLOGIJU.
6. Latinski nazivi se pišu italikom, kao i nazivi rodova.
7. Za specifične simbole koristiti odgovarajuću opciju iz programa MS Word (Insert - Symbol - ...)
8. Procenti se uvek pišu uz broj bez razmaka
9. Decimale se pišu bez korišćenja zareza, već tačke (umesto 2,57 piše se 2.57)
10. Svi brojevi treba da imaju isti broj decimala (2.57 i 5.00 a ne 2.57 i 5)
11. Koristiti SI jedinice za jedinice merenja koje su korišćene i odvojiti ih razmakom od broja (2.57 g a ne 2.57g; 36 m a ne 36m)
12. Za hiljade pojedini časopisi zahtevaju korišćenje zareza (10,000 a ne 10000)
13. Stepeni celzijusovi se pišu sa razmakom od broja (37 °C a ne 37°C)

## **STRUKTURA MASTER RADA**

- Naslovna strana
- Zahvalnica
- Biografija
- Sadržaj
- Uvod
- Tekst (Pregled literature, Ciljevi, Materijal i metode, Rezultati i diskusija, Zaključci)
- Spisak literature
- Prilozi
- Ključna bibliotečka dokumentacija