

Statistika — Predavanje 2.0

Eksperiment

Dizajn, logika i ograničenja eksperimenta

Eksperiment · Randomizacija · Kauzalnost · Statistička značajnost

Pitanje koje pokreće priču

Istraživačko pitanje

Da li su online kursevi jednako dobri kao nastava u učionici?

Ako da — fakulteti mogu uštedjeti prelaskom na online format.

Jedna studija: isti predmet, isti instuktor, isti ispiti.

Jedna sekcija online, jedna u učionici.

Da li je ovo bila **dobra studija**? Šta bi moglo poći po krivu?

Neočekivani twist

Zbog greške administracije, nijedna sekcija **nije bila označena** kao online.

Online studenti su bili *iznenađeni* kad su otkrili format kursa.

Je li to bila dobra studija?

Prednosti

- Isti instruktor za oba dijela
- Isti zadaci i ispiti
- Standardizovani završni ispit
- Prilagođavanje za sposobnosti i pol

Slabosti

- Studenti *sami birali* format
- Online studenti bili spremniji: 40/70 vs. 27/64 na ulaznom testu
- Efekat okruženja **pomiješan** s predznanjem

Suština problema

Kada se efekti ne mogu razdvojiti, zaključci su nepouzdana — ovo je problem **zbunjujuće (confounding) varijable**.

Dva načina prikupljanja podataka

Opservacijska studija

Pasivno prikupljamo podatke.
Posmatramo, snimamo, mjerimo —
ali se **ne miješamo**.

Primjer: pratimo šta studenti jedu i bilježimo težinu.

Eksperiment

Aktivno namećemo tretman i vidimo
šta se dešava.

Eksperimentator *intervenira* — bira ko
prima koji tretman.

*Primjer: nasumično dodjeljujemo
studente online ili učionici.*

Oba pristupa zanima **efekat jedne varijable na drugu**. Razlika: ko kontroliše dodjelu tretmana.

Ključni pojmovi eksperimenta

- **Varijabla odgovora** — mjeri **ishod** studije
(*npr. ocjena na ispitu, broj dana migrene*)
- **Objašnjavajuća varijabla** — ono za šta mislimo da **uzrokuje** promjenu
(*npr. online vs. učionica, lek vs. placebo*)
- **Subjekti** — individue koje proučavamo
- **Tretman** — specifično eksperimentalno stanje koje se primjenjuje
(*kombinacija vrijednosti objašnjavajućih varijabli*)

Napomena o terminologiji

Stari nazivi “nezavisna” i “zavisna” varijabla se izbjegavaju jer *nezavisno* ima sasvim drugačije značenje u statistici.

Prikrivene varijable i zbunjenost

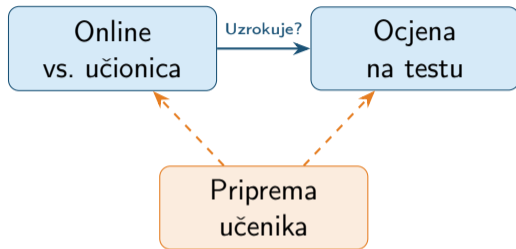
Prikrivena (lurking) varijabla

Ima **važan uticaj** na odnos između varijabli, ali *nije jedna od varijabli koje proučavamo*.

Zbunjenost (confounding)

Dvije varijable su zbunjene kada se njihovi efekti *ne mogu razdvojiti* jedna od druge.

Online studenti u studiji imali su daleko bolje predznanje — pa je nemoguće reći koliko je doprinos okruženja, a koliko znanja.



Primjer: Fremanezumab i migrena

Fremanezumab — lijek za prevenciju migrene.

Naivni dizajn (jedan kolosek):

Dati lijek → Mjeriti broj dana migrene

Problem: Ako se broj dana smanji, je li to efekat lijeka *ili* samo placebo efekat?

Oba efekta su **pomiješana** — ne možemo ih razdvojiti.

Rješenje: **dvostruko slijepi (double blind) eksperiment** — ni subjekti ni ljekari ne znaju ko prima šta.

Placebo efekat

Mnogi pacijenti pozitivno reaguju na **lažni tretman** — samo zbog povjerenja u doktora i iščekivanja izlječenja.

Efikasan tretman mora biti **bolji od placeba**.

Dvostruko slijepi eksperiment

- 1 Nasumično podijeliti ispitanike u **dvije grupe**
- 2 Grupa 1: fremanezumab
- 3 Grupa 2: placebo (izgleda identično)
- 4 Ni subjekti *ni* ljekari ne znaju koji tretman je ko primio

Ovako placebo efekat djeluje *podjednako* na obje grupe i više nije zbunjujuća varijabla.

Moć placeba — primjeri iz prakse

- 42% ćelavih muškaraca **zadržalo kosu** na placebo
- Otvoreni placebo (pacijent *zna* da je placebo) smanjio bol za **30%** — naspram 9% na pravom lijeku!
- Placebo izazvao osip od navodno bezopasne supstance

Zašto randomizacija radi?

- 1 **Randomizacija** \Rightarrow grupe su *slične u prosjeku* po svim karakteristikama
- 2 **Uporedni dizajn** \Rightarrow sve grupe imaju iste uslove *osim tretmana*
- 3 Dakle, razlike u varijabli odgovora mogu biti samo zbog **tretmana**

Kontrola
izostavljenih
varijabli

Nasumičnost
(randomizacija)

Dovoljno
subjekata

Ova tri principa čine **osnovu statističkog dizajna eksperimenata**.

Primjer: Hidroksiurea i anemija srpastih ćelija

Dizajn: 299 pacijenata nasumično podijeljeno:

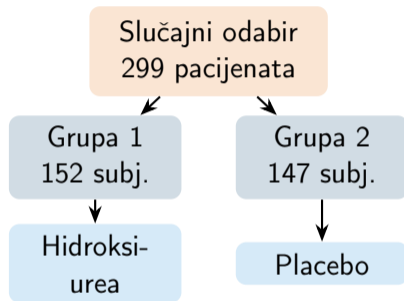
- 152 → hidroksiurea
- 147 → placebo (kontrolna grupa)

Rezultat

Studija prekinuta *prije roka* jer je hidroksiurea grupa imala **znatno manje epizoda bola**.

Prosjek: **2.5 vs. 4.5** epizoda godišnje.

Razlika **visoko statistički značajna**.



Statistička značajnost

Definicija

Efekat koji bi se **rijetko desio slučajno** naziva se **statistički značajnim**.

Srpaste ćelije

Razlika 2.5 vs. 4.5 bila **visoko statistički značajna** — gotovo se ne bi mogla desiti slučajno.

Praktično *i* statistički važna.

Pažnja!

- Mali efekat može biti stat. znač. uz veliki n
- Veliki efekat možda nije stat. znač. uz mali n
- **Statistička \neq praktična važnost**

Razlika 2.50 vs. 2.51 može biti statistički značajna uz dovoljno velik n — ali praktično je **beznačajna**.

Blok dizajn i upareni subjekti

Zašto ne samo potpuna randomizacija?

Varijabilnost *između* subjekata može “zaglušiti” efekat tretmana. Blok dizajn to rješava kontrolisanjem poznatih izvora varijacije.

Dizajn parova

- Biramo **parove sličnih subjekata**
- Unutar para: jedan dobija A, drugi B (nasumično)
- Ponekad isti subjekt prima oba tretmana — **vlastita kontrola**
- Redosled tretmana se nasumično bira

Blok dizajn

Grupa subjekata za koje se zna da su slični po karakteristici koja utiče na odgovor.

Randomizacija se vrši *unutar* svakog bloka.

Dizajn parova je poseban slučaj blok dizajna.

Hawthorne efekt — Kada posmatranje mijenja ponašanje

Hawthorne Works, 1920–30-e:

Istraživali vezu između osvjetljenja i produktivnosti radnika.

Otkriće: produktivnost je rasla *bez obzira* na promjenu osvjetljenja.

Zaključak: Radnici su radili bolje jer su znali da ih *neko posmatra*.

Hawthorne efekt

Kratkoročno poboljšanje performansi uzrokovano činjenicom da subjekti **znaju da se prate** — ne zbog stvarne promjene uslova.

Kasnija analiza (Čikago, 2009.) otkrila da je originalni efekt vjerovatno bio *preuveličan*.

Kada eksperiment nije moguć?

Etička ograničenja

- Da li zlostavljana djeca pate od depresije kao odrasli?
- Da li ljekari diskriminišu žene?
- Da li su e-cigarete bezbjene?

Ne možemo *namjerno zlostavljati djecu* da bismo dobili odgovor!

Opservaciona studija kao alternativa

- 1 **Komparativna** — sa kontrolnom grupom
- 2 **Uparivanje (matching)** — po karakteristikama
- 3 **Statistička kontrola** — smanjuje efekte zbunjujućih varijabli

Slabija od eksperimenta — ali dobra opservaciona studija daje vrijedne uvide.

Ključne poruke

- Eksperimenti **nameću tretman** — opservacije samo gledaju
- Randomizacija eliminiše sistematsku pristrasnost
- Dvostruko slijepi eksperiment kontroliše placebo efekat
- Statistička značajnost \neq praktična važnost
- Zbunjujuće varijable su prijetnja svakoj studiji
- Blok dizajn smanjuje varijansu i povećava preciznost

“Bez randomizovanog eksperimenta, korelacija nije kauzalnost.”