

UZORAK I POPULACIJA

POPULACIJA

- osnovni skup
- skup svih jedinica promatranja (entiteta) opisanih varijablama (atributima)

UZORAK - dio jedinica populacije (osnovnog skupa)

TEORIJA UZORAKA

- ustanovljava svojstva populacije iz svojstava uzorka
- procjenjuje parametre populacije na temelju parametara uzorka i ocjenjuje pouzdanost te procjene

UZORAK I POPULACIJA

UOBIČAJENE OZNAKE

	OCJENA PARAMETRA (STATISTIKA)	PARAMETAR POPULACIJE
ARITMETIČKA SREDINA	\bar{X}	μ
STANDARDNA DEVIJACIJA	s	σ
PROPORCIJA	p	π

OSNOVNI POJMOVI

Koja je skupina na koju želimo generalizirati?

TEORETSKA
POPULACIJA

Koja je populacija dostupna?

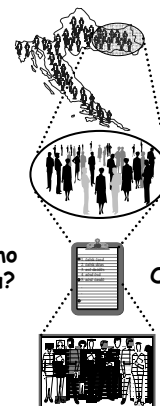
POPULACIJA
KOJU
ISTRAŽUJEMO

Na koji način možemo obuhvatiti populaciju?

OKVIR IZBORA

Tko je uključen u istraživanje?

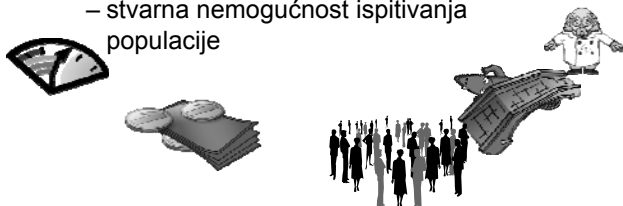
UZORAK



UZORAK

● zašto uzorak?

- brzina dobivanja rezultata
- cijena istraživanja
- dostupnost (materijala ili ispitanika)
- stvarna nemogućnost ispitivanja populacije



UZORAK I POPULACIJA

Kvaliteta ocjene parametara ovisi o:

- REPREZENTATIVNOSTI UZORKA
- ODABRANOJ VJEROJATNOSTI

REPREZENTATIVNI UZORAK

- uzorak koji dobro opisuje populaciju

Na reprezentativnost uzorka utječu:

1. Vrsta uzorka (prema metodi odabira)
2. Veličina uzorka
3. Varijabilnost promatranog obilježja

VRSTE UZORAKA

PROBABILISTIČKI (probability samples)

- svaka jedinica promatranja u populaciji ima jednaku vjerojatnost izbora u uzorak koja je različita od 0

NEPROBABILISTIČKI (non-probability samples)

- vjerojatnost izbora jedinica promatranja iz populacije je različita i nepoznata (može biti i 0)

PROBABILISTIČKI UZORCI

JEDNOSTAVNI SLUČAJNI
SUSTAVNI SLUČAJNI (SISTEMATSKI)
SLOJEVITI (STRATIFICIRANI)
UZORAK SKUPINE ("CLUSTER", GROZD)
VIŠEFAZNI

JEDNOSTAVNI SLUČAJNI UZORAK (simple random sample)

svojstva:

- *svaki element* populacije ima *jednaku šansu* da bude izabran
- *svaki uzorak* ima *jednaku šansu* da bude izabran

način izbora:

- lutrijska metoda
- pomoću tablice slučajnih brojeva
- pomoću programske podrške koja ima funkciju generatora slučajnih brojeva

SUSTAVNI SLUČAJNI UZORAK (systematic sample)

- jedinice koje ulaze u uzorak odabiru se po nekakvom pravilu

postupak:

- numerirati jedinice populacije od 1 do N
- odrediti potrebnu veličinu uzorka (n)
- odrediti veličinu intervala $k = N/n$
- slučajno odabrati broj između 1 i k (početna jedinica)
- uzimati svaku k-tu jedinicu

SLOJEVITI (STRATIFICIRANI) UZORAK

- primjenjuje se u slučajevima kad je promatrano obilježje heterogeno u populaciji
- dobiva se uzimanjem jednostavnih slučajnih uzoraka iz stratumata određenih obzirom na promatrano obilježje

postupak:

- podijeliti populaciju na disjunktne skupine od n_1, n_2, \dots, n_s jedinica, pri čemu je $n_1 + n_2 + \dots + n_s = N$
- uzeti jednostavni slučajni uzorak od $f_i = n_i/N$ jedinica iz svake skupine

UZORAK SKUPINE (CLUSTER)

- primjenjuje se u slučajevima kada treba uzeti uzorak iz populacije koja se sastoji od skupina jedinica (ulice, popisni krugovi, škole, općine, ...)

postupak:

- podijeliti populaciju na skupine jedinica
- jednostavnim slučajnim izborom odabrati skupine
- ispitati SVE jedinice unutar odabranih skupina

VIŠEFAZNI UZORAK

- uzimanje "uzorka iz uzorka"
- kombinacija više metoda odabiranja uzorka

Npr. jedan od mogućih načina dobivanja uzorka iz populacije učenika osnovnih škola u Hrvatskoj:

- podijeliti osnovne škole u stratum s obzirom na županijsku pripadnost
- iz svakog stratuma jednostavnim slučajnim izborom odabrati škole (prva faza)
- unutar odabranih škola, jednostavnim slučajnim izborom odabrati razrede (druga faza)
- unutar odabranih razreda, jednostavnim slučajnim izborom odabrati učenike (treća faza)

NEPROBABILISTIČKI UZORCI

PRIGODNI (convenience)
UZORAK KOJI SLUŽI SVRSI (purposive)
UZORAK UDJELA (quota)

PRIGODNI UZORAK (convenient sample)

- u uzorak se biraju jedinice populacije koje su "pri ruci" (npr. prolaznici, pozvani dobrovoljci, prvih 50 pacijenata u nekoj ambulanti)

UZORAK KOJI SLUŽI SVRSI (purposive sample)

- u uzorak se biraju jedinice populacije koje imaju traženo svojstvo

UZORAK UDJELA (quota sample)

- u uzorak se bira određeni broj jedinica odabranih dijelova populacije

U kojem od sljedećeg se koristi jednostavni slučajni uzorak:

- igra "Bingo",
- popis stanovništva,
- izbori za lokalnu samoupravu?

Koje metode odabira uzorka se koriste u ovim primjerima?

a) igra "Bingo" – jednostavni slučajni uzorak

b) popis stanovništva - ne koristi jednostavni slučajni uzorak jer SVE jedinice populacije moraju biti obuhvaćene popisom

c) izbori za lokalnu samoupravu – neprobabilistički uzorak; na izbore izlaze oni koji to žele ("dobrovoljci")

VELIČINA UZORKA

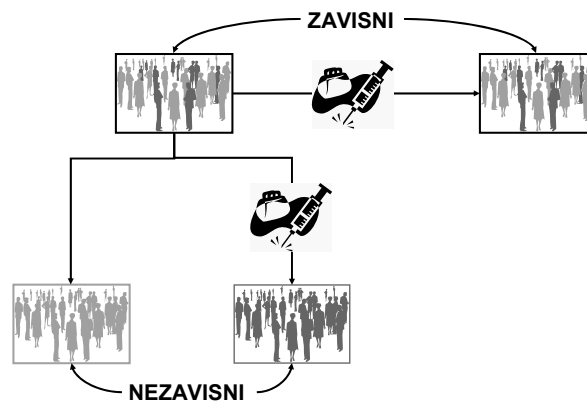
dovoljno veliki uzorak:

- uzorak pomoću kojeg s razumnom pouzdanošću možemo prihvatiti ili odbaciti neku hipotezu i ocijeniti parametar populacije

ovisit će o:

- homogenosti populacije s obzirom na promatrano obilježje
- učestalosti promatranog obilježja (obrnuto proporcionalno)

ZAVISNI I NEZAVISNI UZORCI



Unos podataka o mjerjenjima na nezavisnim skupinama

- nezavisne skupine = različiti ispitanici
(ispitanici koji pripadaju nekoj skupini ne pripadaju niti jednoj od preostalih skupina)
- za unos podataka o nekom mjerjenju na nezavisnim skupinama ispitanika UVIJEK imamo **2 varijable** (bez obzira koliko je skupina ispitanika):
 1. varijabla koja određuje **pripadnost** ispitanika pojedinoj skupini
 2. varijabla u koju unosimo **vrijednost mjerjenja** za danog ispitanika

Unos podataka o mjerjenjima na nezavisnim skupinama

- npr. mjerjenje dobi; skupine po spolu
- broj mogućih skupina: 2

	Dob	Spol
ispitanik1	35	M	
ispitanik2	37	M	
ispitanik3	32	M	
ispitanik4	33	Z	

Unos podataka o mjerjenjima na nezavisnim skupinama

- npr. mjerjenje visine; skupine po razredu (osnovna škola)
- broj mogućih skupina: 8

	Visina	Razred
ispitanik1	110	2	
ispitanik2	140	2	
ispitanik3	100	1	
ispitanik4	176	7	

Unos podataka o mjerjenjima na zavisnim skupinama

- zavisne skupine = ponavljana mjerjenja na ISTIM ispitanicima
- SVAKO mjerjenje = JEDNA varijabla



koliko mjerjenja toliko varijabli

Unos podataka o mjerenjima na zavisnim skupinama

- npr. praćenje dnevnih varijacija sistoličkog tlaka; mjerenja u 6h, 10h, 14h, 18h, 22h

po jedna varijabla za svako mjerenje

	ST6	ST10	ST14	ST18	ST22
ispitanik1	120	135	140	180	160
ispitanik2	115	120	120	125	120
ispitanik3	140	145	150	150	180
ispitanik4	118	110	110	115	120

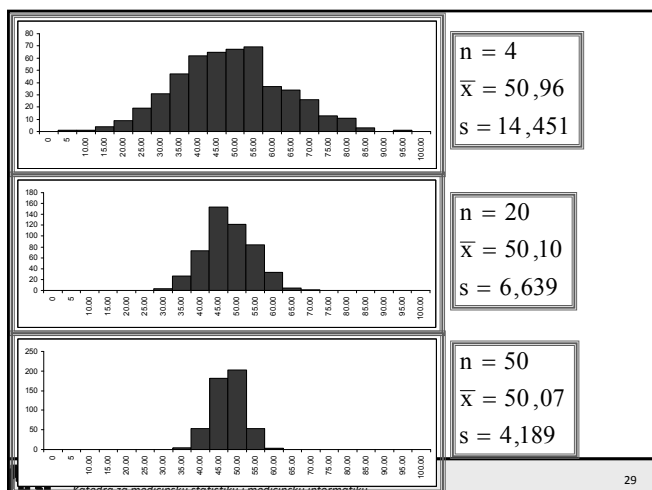
UTJECAJ VARIJABILNOSTI

- varijabilnost je često nepoznata
- poznata, a velika varijabilnost ugrožava reprezentativnost uzorka
- utjecaj varijabilnosti se smanjuje s povećanjem uzorka

STANDARDNA POGREŠKA

POKUS 1. Napraviti razdiobe aritmetičkih sredina 500 uzoraka veličine $n = 4$, $n = 20$ i $n = 50$ osnovnog skupa $N = 101$ brojeva od 0 do 100.

aritmetička sredina osnovnog skupa $\mu = 50$
standardna devijacija osnovnog skupa $\sigma = 29,15$



N veličina osnovnog skupa
 n veličina slučajnih uzoraka
 $\binom{N}{n}$ broj svih mogućih uzoraka veličine n uzetih iz osnovnog skupa veličine N

1. uzorak $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}$ sa sredinom \bar{x}_1
2. uzorak $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}$ sa sredinom \bar{x}_2
3. uzorak $x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3n}$ sa sredinom \bar{x}_3
-
- k -ti uzorak $x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}$ sa sredinom \bar{x}_k

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_k$ slučajna varijabla
(*sampling distribucija*)

OČEKIVANJE $E(\bar{X}) = \mu$

VARIJANCA $V(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{n}$

standardna devijacija $S_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ **STANDARDNA POGREŠKA**
(SE, standard error)

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 31

- za slučajne i dovoljno velike uzorke

$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$ **STANDARDNA POGREŠKA**
(SE, standard error)


- standardna pogreška aritmetičke sredine (SEM, *standard error of the mean*)
- pogreška kojoj se izlažemo pri zaključivanju o populaciji na temelju uzorka

$s \uparrow \Rightarrow S_{\bar{X}} \uparrow$ **povećava se** s povećanjem *varijabilnosti obilježja*

$n \uparrow \Rightarrow S_{\bar{X}} \downarrow$ **smanjuje se** s povećanjem *veličine uzorka*

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 32

CENTRALNI GRANIČNI TEOREM



Razdioba aritmetičkih sredina uzoraka teži normalnoj razdiobi s očekivanjem μ i varijancom $\sigma_{\bar{x}}^2 [N(\mu, \sigma_{\bar{x}}^2)]$ kad veličina uzorka n teži u beskonačnost.

\Rightarrow za *dovoljno velike uzorke* razdioba aritmetičkih sredina uzoraka bit će **normalna**, bez obzira na razdiobu vrijednosti promatranog obilježja

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 33

za proporciju:

$S_p = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$ **STANDARDNA POGREŠKA PROPORCIJE**

$p \uparrow \Rightarrow S_{\bar{x}} \downarrow$ **smanjuje se** s povećanjem *homogenosti obilježja*

$n \uparrow \Rightarrow S_{\bar{x}} \downarrow$ **smanjuje se** s povećanjem *veličine uzorka*

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 34

STANDARDNA POGREŠKA
vs
STANDARDNA DEVIJACIJA

STANDARDNA POGREŠKA:

- procjenjuje "kvalitetu" ocjene parametra (statistike)
- velika standardna pogreška => ocjena parametra (ar. sredina, proporcija) je neprecizna

STANDARDNA DEVIJACIJA:

- opisuje varijabilnost podataka
- velika standardna devijacija => velika varijabilnost podataka

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 35

RASPON POUZDANOSTI

MF Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku 36

RASPON POUZDANOSTI

- confidence interval (CI)
- uobičajeno tumačenje:
raspon unutar kojega se, s određenom vjerojatnošću, nalazi prava vrijednost (parametar) populacije

RASPON POUZDANOSTI ARITMETIČKE SREDINE

$$\bar{x} - z \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + z \cdot s_{\bar{x}}$$

RASPON POUZDANOSTI PROPORCIJE

$$p - z \cdot s_p \leq \Pi \leq p + z \cdot s_p$$

z - standardizirana vrijednost normalne raspodjele (ovisi o pretpostavljenoj vjerojatnosti)

Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku

RASPON POUZDANOSTI

PRIMJER. Koliki je raspon pouzdanosti ako želimo obuhvatiti m sa:

- 99 % pouzdanosti
- 95 % pouzdanosti
- 90 % pouzdanosti

uz pretpostavku normalne razdiobe?

a) $z_{0,005} = 2,576 \approx 2,58$ $\bar{x} - 2,58 \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + 2,58 \cdot s_{\bar{x}}$

b) $z_{0,025} = 1,96$ $\bar{x} - 1,96 \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + 1,96 \cdot s_{\bar{x}}$

c) $z_{0,05} = 1,65$ $\bar{x} - 1,65 \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + 1,65 \cdot s_{\bar{x}}$

Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku

RASPON POUZDANOSTI

PRIMJER. Od 1000 ljudi koji su cijepljeni, 200 ih je pokazalo alergične reakcije. Koliku proporciju alergičnih očekujemo u populaciji cijepljenih uz vjerojatnost od 95 %?

$$z_{0,025}=1,96 \qquad p-1,96 \cdot s_p \leq \Pi \leq p+1,96 \cdot s_p$$

$$p=0,20; \quad q=0,80;$$

$$s_p = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,8}{1000}} = \sqrt{\frac{0,16}{1000}} = \sqrt{0,00016} = 0,0126$$

$$0,2 - 1,96 \cdot 0,0126 \leq \Pi \leq 0,2 + 1,96 \cdot 0,0126$$

$$0,2 - 0,025 \leq \Pi \leq 0,2 + 0,025$$

$$0,175 \leq \Pi \leq 0,225$$

Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku

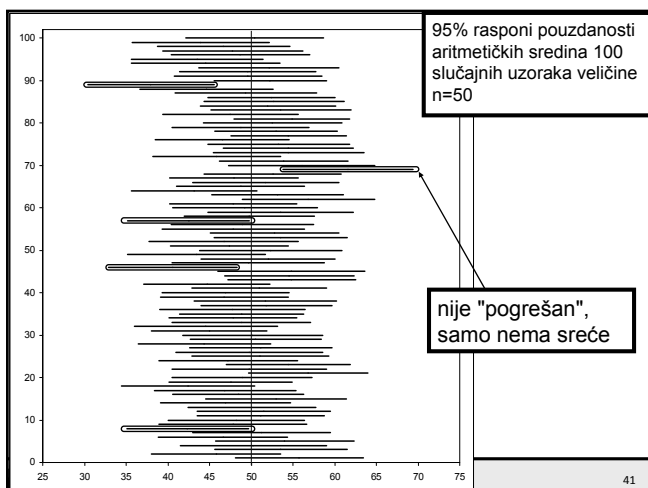
39

95% raspon pouzdanosti aritmetičke sredine izračunat iz nekog uzorka:

- **uobičajeno** se tumači kao raspon vrijednosti unutar kojeg se s 95% pouzdanosti nalazi prava vrijednost aritmetičke sredine (aritmetička sredina populacije)
- **u stvari znači** da očekujemo da 95% takvih intervala dobivenih iz uzoraka iste veličine dane populacije uključuje pravu vrijednost aritmetičke sredine

Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku

40



41

95% raspon pouzdanosti:

Slučajan interval čije granice se mogu izračunati iz podataka o uzorku, takav da 95 od svakih 100 takvih intervala obuhvaća pravu vrijednost parametra koji se procjenjuje.

- također i raspon poželjnih vrijednosti parametra populacije (prihvatljiva nul-hipoteza)

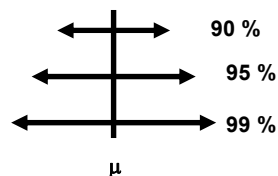
Medicinski fakultet Osijek
Katedra za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku

42

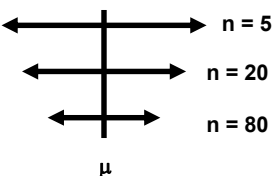
Širina raspona pouzdanosti ovisi o:

- pretpostavljenoj vjerojatnosti
- varijabilnosti promatranog obilježja
- veličini uzorka

širi se s povećanjem pouzdanosti



sužava se s povećanjem uzorka



POTREBNA VELIČINA UZORKA za procjenu aritmetičke sredine

Ovisit će o:

- pogrešci procjene koju ćemo tolerirati
- stupnju pouzdanosti
- pretpostavljenoj varijabilnosti

$$E = z \cdot s_{\bar{x}} = z \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{POGREŠKA PROCJENE}$$

$$n = \left(\frac{z \cdot s}{E} \right)^2 \quad \text{POTREBNA VELIČINA UZORKA}$$

PRIMJER. Koliko ispitanika treba izabrati u uzorak kako bi se procijenila prosječna starost stanovnika nekog sela u 95 % rasponu pouzdanosti od 2 godine? Pretpostavlja se kako je standardna devijacija populacije 8 godina.

Koliki uzorak treba biti ako toleriramo pogrešku od najviše ± 10 mjeseci?

$$z_{0,025} = 1,96 \quad E = 1 \quad \sigma = 8$$

$$n = \left(\frac{z_{0,025} \cdot \sigma}{E} \right)^2 = \left(\frac{1,96 \cdot 8}{1} \right)^2 = 15,68^2 = 245,86 \approx 246$$

$$z_{0,025} = 1,96 \quad E = 10/12 = 0,83 \quad \sigma = 8$$

$$n = \left(\frac{z_{0,025} \cdot \sigma}{E} \right)^2 = \left(\frac{1,96 \cdot 8}{0,83} \right)^2 = 18,89^2 = 356,83 \approx 357$$

POTREBNA VELIČINA UZORKA za procjenu proporcije

Ovisit će o:

- pogrešci procjene koju ćemo tolerirati
- stupnju pouzdanosti
- pretpostavljenoj proporciji

$$E = z \cdot s_p = z \cdot \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}} \quad \text{POGREŠKA PROCJENE}$$

$$n = \left(\frac{z}{E} \right)^2 \cdot p \cdot q \quad \text{POTREBNA VELIČINA UZORKA}$$

PRIMJER. Studija provedena na Fakultetu javnog zdravstva na Harvardu utvrdila je da 19 % studenata nikada ne piju alkohol. Koliki uzorak vam je potreban za procjenu proporcije studenata koji ne piju alkohol na vašem fakultetu unutar raspona od 10 % uz pouzdanost od 95 %, vodeći se rezultatima harvardske studije?

$$z_{0,025} = 1,96 \quad E = 0,1/2 = 0,05 \quad p = 0,19$$

$$n = \left(\frac{z}{E} \right)^2 \cdot p \cdot q = \left(\frac{1,96}{0,05} \right)^2 \cdot 0,19 \cdot 0,81 = 39,3^2 \cdot 0,19 \cdot 0,81 = 236,49 \approx 237$$

p = 0.5 koristimo kada nemamo prethodnih saznanja o pretpostavljenoj proporciji

$$z_{0,025} = 1,96 \quad E = 0,1/2 = 0,05 \quad p = 0,5$$

$$n = \left(\frac{z}{E} \right)^2 \cdot p \cdot q = \left(\frac{1,96}{0,05} \right)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 39,3^2 \cdot 0,25 = 384,15 \approx 385$$