

EFIKASNOST CJEPIVA I BACANJE NOVČIĆA

Tvrtko Tadić, Redmond, USA

Godine 2020. i 2021. obilježila je pandemija koronavirusa. Otkriveno je više cjepiva različitih proizvođača koji iznose različite brojke o uspješnosti svoga rješenja za koronavirus.

Pogledat ćemo brojke koje se vezuju uz cjepivo farmaceutske tvrtke Pfizer. 18. studenog 2020. objavljen je članak u medicinskom časopisu *New England Journal of Medicine*¹ u kojemu navode da njihovo cjepivo protiv koronavirusa ima **efikasnost od 95 %**. U ovome članku pokušat ćemo razjasniti kako se testiraju cjepiva te što znači efikasnost.

Kako se testira cjepivo

Kod Pfizerovog cjepiva testiranje je izvršeno na dvije grupe sudionika:

- kontrolna grupa koja je dobila *placebo sredstvo*²,
- pokusna grupa koja je zaista primila cjepivo.

Obje grupe brojile su otprilike isto ljudi. Rezultati su bili sljedeći:

grupa	broj sudionika	postotak (broj) korona pozitivnih
kontrolna (dobila placebo)	17 511	0.925 % (162)
pokusna (dobila cjepivo)	17 411	0.046 % (8)



Vidimo da je postotak oboljelih od koronavirusa otprilike 20 puta manji.

Što je efikasnost?

Kao što vidimo, postotak zaraženih u kontrolnoj grupi *osjetno* je veći. Odnos tih dviju veličina numerički se izražava kao **efikasnost**:

$$\text{efikasnost} = 1 - \frac{\text{postotak zaraženih u testnoj grupi}}{\text{postotak zaraženih u kontrolnoj grupi}}$$

$$\text{efikasnost} = 1 - \frac{0.046 \%}{0.925 \%} \approx 1 - 4.967 \% = 95.033 \%$$

¹Naslov članka je Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. Članak je besplatno dostupan na internetu pa zainteresirani čitatelj može tamo naći više informacija.

²Placebo sredstvo je sredstvo koje nema nikakav učinak. Koristi se kako bi se utvrdio učinak uzimanja stvarnog sredstva u odnosu na psihološki sugestivan učinak uzimanja bilo kojeg sredstva.



Uočimo da efikasnost može biti negativna, naprimjer ako bi efekt cjepiva bio smanjenje imuniteta, a rezultat povećanje broja zaraženih zbog toga.

Kako tumačimo efikasnost? Svaki sudionik pokusa odnosno testiranja ima određenu vjerojatnost da bude izložen koronavirusu i da bude korona pozitivan. Efikasnost cjepiva otkriva koliko se vjerojatnost obolijevanja izloženih smanjila.

Ima li cjepivo učinka?

Izgleda poprilično očito da je upotreba cjepiva smanjila broj zaraženih, no kako to egzaktno utvrđujemo? Za to koristimo statističke testove. Ovdje ćemo prikazati pojednostavljenu ideju kako to izgleda.

Na temelju rezultata kontrolne skupine možemo pretpostaviti da vjerojatnost da osoba dobije koronavirus (bez cijepljenja) iznosi $p = \frac{162}{17511} \approx 0.925\%$.

Na pitanje je li cjepivo imalo učinka, odgovorit ćemo na sljedeći način. Pretpostavimo da cjepivo nije imalo nikakvog učinka, te da je u pokusnoj skupini vjerojatnost zaraze koronavirusom pojedinca također p . Kolika je vjerojatnost da broj korona pozitivnih bude 8 ili manje u pokusnoj skupini? Ukoliko je ta vjerojatnost *izrazito mala*, očito je da naša pretpostavka o neučinkovitosti cjepiva nije vjerojatna.



Ilustracija na primjeru novčića

Usporedbe radi, kada dobijete novčić, pretpostavit ćete da je simetričan, da je vjerojatnost pada pisma i glave jednaka i iznosi $\frac{1}{2}$. No kod izvođenje pokusa možemo doći da zaključka da ta pretpostavka ne mora biti točna:

- U dva bacanja pale su dvije glave. Ovo je moguće, te naša pretpostavka još uvijek vrijedi.
- U 100 bacanja pale su same glave. Ovo je već nevjerojatno i čini se očito da naša pretpostavka o bacanju novčića ne vrijedi.



Simulacija broja zaraženih

U primjeru testiranja cjepiva modeliramo da je ishod testiranja rezultat bacanja novčića. Glava znači da je sudionik testiranja dobio koronavirus, dok pismo predstavlja vjerojatnost da ga nije dobio. Ovdje se radi o nesimetričnom novčiću pa je vjerojatnost da padne glava p .

Od 17 411 cijepljenih sudionika njih 8 je dobilo koronu. Kolika je vjerojatnost toga ako cjepivo nema učinka? Naš problem svest ćemo na problem bacanja novčića. Koliko je vjerojatno da u bacanju nesimetričnog novčića padne 8 glava?





Kako bi dobili bolju ideju, Matkači mogu pokušati izvesti simulaciju na računalu:

BROJ_POKUSA = 1 000 000

BROJ_SUDIONIKA = 17 411

ZA redni_broj = 1...BROJ_POKUSA:

Baci BROJ_SUDIONIKA novčića s vjerojatnošću da padne glava p ;

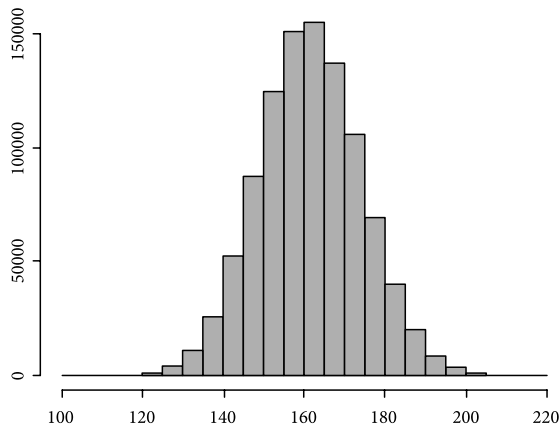
Zabilježi broj glava;

Nacrtaj histogram.

Izračunaj minimum, maksimum, medijan i aritmetičku sredinu.

Naprimjer, 160 oboljelih imamo u čak 31 448 pokusa, dok 8 nismo dobili ni jednom. Tablica nam daje sažetak rezultata ove simulacije:

minimum	medijan	aritmetička sredina	maksimum
103	162	162	227



Slika 1. Pojavljivanje broja oboljelih u milijun simuliranih pokusa

Zaključak

Uočimo da se u milijun pokusa, među 17 411 sudionika, broj od 8 zaraženih nije pojavio **nijednom!**

Bacanje novčića, na koje smo sveli ovaj problem, dobro je istražen matematički problem. Vjerojatnost, uz ove pretpostavke, da broj zaraženih u pokusnoj skupini bude 8 ili manje zaraženih decimalni je broj koji ima **57 nula ispred decimalne točke**. Dakle, naša pretpostavka nije točna, a cjepivo ima utjecaj na broj zaraženih. U ovom ih slučaju smanjuje.

