

# Bayes and the Law

21. februar 2023

## Povzetek

Čeprav se je v zadnjih štiridesetih letih uporaba statističnih podatkov v sodnih postopkih precej povečala, so se uporabljale predvsem klasične statistične metode in ne Bayesove. Vendar naj bi se Bayesovi pristopi izognili številnim težavam klasične statistike.

Članek opisuje potencialno in dejansko rabo Bayesa v pravu in pojasnjuje glavne razloge za njegov pomankljiv vpliv na pravno prakso. Ti vključujejo napačne predstave prave o Bayesovem izreku, pretirano zanašanje na uporabo razmerja verjetnosti in pomankanje sodobnih računskih metod.

## 1 Uvod

Uporaba statistike v pravnih postopkih ima dolgo, ampak ne ugledne, zgodovine. Prvi prijavljeni primer podrobne statistične analize, ki je bila uporabljena kot dokaz, je bilo leta 1867 v pravnem primeru Howland. Sodišče je sicer našlo izgovore, da teh dokazov niso uporabili.

Zgodovinska zadržanost pri uporabi statistične analize kot primeren in veljaven dokaz, ni brezpomenska. Leta 1894 so v pravnem primeru Dreyfus sicer uporabili statistično analizo, ampak se je izkazala za napačno. Šele leta 1968 je bil dobro dokumentira pravni primer, v katerem je statistična analiza odigrala glavno vlogo. V tem primeru je še en napačen statistični argument dodatno zavrnil statistiko na sodišču. V primeru sta se pojavili dve napaki, ki ju lahko zasledimo še v kar nekaj primerih kasneje.

Čeprav je v zadnjih 40 letih prišlo do precejšnjega porasta uporabe statistike v sodnih postopkih, je bila njena uporaba omejena na malo primerov, kjer je bilo za verjetnostno sklepanje uporabljeno testiranje hipotez z uporabo  $p$  - vrednosti in intervalov zaupanja. Tudi ta vrsta statistične analize

ima omejitve. Slabe izkušnje in težave pri interpretaciji s klasično statistiko pomenijo tudi močan odpor do kakršnih koli alternativnih pristopov. Zlasti se ta odpor razširi na Bayesov pristop, kljub dejstvu, da je primeren za širok spekter pravnega sklepanja. Obstaja mnogo razlogov o družbenih in logičnih ovirah za uporabo Bayesa v sodnih postopkih ali splošnem političnem odločanju, a prevladujoči razlog je najbrž ta, da je večina primerov Bayesovega pristopa preveč poenostavila temelje prava, ki so bili modelirani, da so se izrčuni lahko izvajali ročno.

## 2 Osnove Bayesa za pravno sklepanje

**Definicija 1:** HIPOTEZA je izjava (običajno logična), katere resnično vrednost želimo določiti, vendar je na splošno neznana - in je morda nikoli ne bomo vedeli z gotovostjo. ☐

**Definicija 2:** ALTERNATIVNA HIPOTEZA je izjava, ki je negacija hipoteze. ☐

**Definicija 3:** DOKAZ je izjava, ki, če je resnična, podpira eno ali več hipotez. ☐

Predpostavimo, da je:

- dokaz  $E$  sled DNK, najdena na kraju kaznivega dejanja (zaradi poenostavitve predpostavimo, da je bilo kaznivo dejanje storjeno na otoku z 10000 ljudmi, in te predstavljajo celoten nabor možnih osumljencev);
- bil obtoženec aretiran in odvzet ter analiziran je bil njegov DNK.

Smer vzročno - posledične strukture je tu smiselna, saj  $H$ , ki je resničen(oz. neresničen), povzroči, da je  $E$  resničen(oz. neresničen), medtem ko  $E$  ne more povzročiti  $H$ . Sklepanje je lahko v obeh smereh. Če opazimo, da je  $E$  resničen(oz. neresničen), se naše prepričanje, da je  $H$  resničen(oz. neresničen), poveča. Prav ta zadnja vrsta sklepanja je osrednjega pomena za celotno pravno sklepanje, saj odvetniki in porotniki običajno neformalno uporabljajo naslednji splošno sprejeti postopek za sklepanje o dokazih:

- z neko (brezpogojno) predhodno predpostavko o končni hipotezi  $H$  (npr. „predpostavka nedolžen, dokler se mu ne dokaže krivda“ je enaka prepričanju, da „verjetnost, da je obtoženec kriv, ni večja kot pri katerem koli drugem človeku v populaciji“);

- posodobitev našega predhodnega prepričanja o hipotezi  $H$ , ko opazimo dokaz  $E$ . Pri tem posodabljanju se upošteva verjetnost dokazov.

To neformalno razmišljanje se popolnoma ujema z Bayesovim sklepanjem, kjer sta predhodna predpostavka o  $H$  in verjetnost dokaza  $E$  zajeti z verjetnostnimi tabelami (tabela 1 in tabela 2).

Napačno	0,999
Pravilno	0,001

Tabela 1: Tabela verjetnosti za hipotezo  $H$ .

$H$ : obtoženčev DNK je DNK iz kraja kaznivega dejanja	Napačno	Pravilno
Napačno	0,999	0.0
Pravilno	0,001	1.0

Tabela 2: Verjetnostna tabela za  $E|H$ .

To so tabele za predhodno verjetnost hipoteze  $H$ , zapisano kot  $P(H)$  in pogojno verjetnost dokaza  $E$  glede na hipotezo  $H$ , ki jo zapišemo kot  $P(E|H)$ . Bayesova teorija določa formulo za posodobitev našega predhodnega prepričanja o hipotezi  $H$  glede na dokaz  $E$ , da dobimo naknadno prepričanje o  $H$ , kar zapišemo kot  $P(H|E)$ :

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) * P(H)}{P(E)} = \frac{P(E|H) * P(H)}{P(E|H) * P(H) + P(E|\text{not } H) * P(\text{not } H)}.$$

Tabela 1 (tabela verjetnosti za  $H$ ) zajema, da je obtoženec eden od 10000 ljudi, ki bi lahko bili vir DNK-ja iz kraja zločina. Tabela 2 (verjetnostna tabela za  $E|H$ ) vsebuje predpostavke, da:

- verjetnost pravilnega ujemanja sledi DNK je ena (torej ni možnosti lažno negativnega ujemanja DNK). Ta verjetnost  $P(E|H)$  se imenuje verjetnost obtožbe za dokaz  $E$ ;
- verjetnost ujemanja pri osebi, ki ni pustila svojega DNK-ja na kraju dogodka (torej „verjetnost naključnega ujemanja DNK“), je 1 proti 1000. Ta verjetnost  $P(E|\text{not } H)$  se imenuje verjetnost obrambe dokaza  $E$ .

S temi predpostavkami iz Bayesove teorije sledi, da je v našem primeru posteriorno prepričanje v hipotezo  $H$  po gotovitvi, da je dokaz  $E$  resničen,

približno 9%, tj. naše prepričanje, da je otoženec vir DBK s kraja zločina, se iz verjetnosti 1 proti 10000 premakne na vrednost 9%. Druga možnost je, da se naše prepričanje, da je obtoženec vir DNK s kraja zločina, premakne z vrednosti 99% na 91%.

Upoštevati je potrebno, da se posterirna verjetnost, da obtoženec ni vir DNK, zelo razlikuje od verjetnosti naključnega ujemanja. Napačna predpostavka, da sta verjetnosti  $P(\text{not } H|E)$  in  $P(E|\text{not } H)$  enaki, je značilna za tožilčevo zmoto (imenovano tudi napako prenesenega pogoja). Tožilec lahko na primer izjavi, da je „verjetnost, da obtoženec ni bil vir DNK dokaza, 1 proti 1000“, čeprav je dejansko 91-odstotna. Ta preprosta napaka verjetnostnega sklepanja je vplivala na številne primere, vendar se ji je vedno mogoče izogniti z osnovnim razumevanje Bayesove teorije. Tesno povezana, vendar manj poosta napaka verjetnostnega sklepanja je napaka obtoženca, pri kateri obramba trdi, da ker je  $P(\text{not } H|E)$  po upoštevanu predhodnik in dokazanih dejstev še vedno nizka, je treb dokaze zanemariti.

Ker je Bayesova teorija težko razumljiva, nam enakovredna formulacija Bayesove teorije, imenovana različica Bayesove teorije „kvot“, omogoča razlago vrednosti dokaza  $E$ , ne da nam bi bilo potrebno upoštevati predhodno verjetnost hipoteze  $H$ . Natančneje, ta različica Bayesove teorije nam pove:

posteriorna verjetnost  $H$  je predhodna verjetnost  $H$ , pomnožena z razmerjem verjetnosti

pri čemer je razmerje verjetnosti(LR) preprosto verjetnost obtožbe dokaza  $E$ , deljena z verjetnostjo obrambe dokaza  $E$ , tj.

$$\frac{P(H|E)}{P(E|\text{not } H)}.$$

### 3 Kontekst in pregled Bayesove metode v sodnih postopkih

Da lahko definiramo Bayesovo sklepanje v sodnih postopkih, klasificirajmo primere, kjer se je uporabilo Bayesovo sklepanje na sodišču, ki vključujejo:

- Preverjanje hipotez o določenem "dvomljivem" vedenju.

- Ugotavljanje, v kolikšni meri dokaz o "lastnosti"pomaga pri identifikaciji.
- Uporaba forenzičnih dokazov za sklepanje o vzroku posledic.
- Združevanje več statističnih dokazov.
- Združevanje več različnih dokazov.

### 3.1 Prevrejanje hipotez o določenem "dvomljivem" vedenju

Večina poročenih primerov izrecne uporabe statističnih podatkov v sodnih postopkih spada v to klasifikacijo, ki jo nadalje delimo na:

- Vse oblike diskriminacije in pristranskosti.
- Kakršne koli oblike goljufige/izigravanja.
- Posedovanje nezakonitih materialov/snovi.

Običajno se je, kadar je na voljo dovolj ustreznih podatkov, namesto Bayesovega testiranja hipotez uporabilo klasično statistično testiranje hipotez, da se ugotovi, ali ali je mogoče hičelno hipotezo "ni dvomljivega vedenjažavrniti na ustrezni ravni pomembnosti, kljub težavam pri razlagi  $p$  - vrednosti in intervalov zaupanja, ki se jim sicer z uporabo Bayesovega pristopa lahko izognemo. Možnost napačne razlage je ogromna in statistiki se premalo zavedajo, da sodobna orodja omogočajo enostavno izvedbo potrebnih analiz za Bayesovo testiranje hipotez.

### 3.2 Ugotavljanje, v kolikšni meri dokaz o "lastnosti"pomaga pri identifikaciji

Ta klasifikacija se nanaša na vse primere, v katerih se uporabljajo statistični dokazi o 'lastnostih' v najširšem pomenu. lastnosti segajo od forenzičnih fizičnih lasnosti, kot je DNK, prstnih odtisov, do bolj osnovnih lastnosti, kot so barva kože, višina, barva las... Lahko se nanašajo tudi na nečloveške značilnosti, povezane z zločinom ali prizoriščem zločina, kot so oblačila in druga lastnina, avtomobil, orožje, steklo...

Vsaka statistična uporaba dokazov o lastnostih zahteva določeno oceno (na podlagi vzorčenja ali kako drugače) pojavnosti lastnosti v ustrezni populaciji. Velik del odpora proti uporabi takšnih dokazov je posledica pomislekov

glede starosti in veljavnosti teh ocen. Kljub temu je hitra rast forenzične statistike v zadnjih 25 letih povzročila ustrezno povečanje uporabe statističnih dokazov o lastnostih. Zato ni presenetljivo, da se skoraj vsa objavljena uporaba Bayesa v sodnih postopkih nanaša na to vrsto.

### **3.3 Združevanje večih statističnih dokazov**

Kadar je v primer vključenih več delov statističnih dokazov, je potrebna natančna analiza ob upoštevanju morebitnih odvisnosti med različnimi dokazi. Bazyesova teorija je idelana za takšno analizo, a na žalost se odvisnoti med dokazi niso dobro zavedali pri številnih primerih.

## **4**

Zakaj ima Bayes v pravu minimalen vpliv V tem razdelku opisujemo, kaj so razlogi za nadaljni odpor do Bayesovih metod v pravu.

### **4.1 Modeli LR so preveč poenostavljivi**

Velik del pravnega odpora do Bayesovega modela je posledica zmede, nerazumeanja, prevelike poenostavitve in pretiranega poudarjanja vloge LR. Najpogostejša in najpreprostejša uporaba LR, ki vključuje en sam forenzični dokaz, sledi za hipotezo o enem samem viru. LR je zelo težko ali celo nemogoče izračunati, ker moramo pri hipotezi  $H_d$ (obtoženec ni vir sledi DNK) nekako upoštevati vse osebe, ki niso obdolženec in bi lahko bili vir.