

IX

Jak poznám,
že se pletu?

Po této kapitole nebudeš vědeckou metodu vnímat jako katedrálu, ale jako debugger — a každou hypotézu, svou i modelovou, postavíš před jedinou otázkou, která odděluje vědce od věřícího. Od téhle stránky ji knize klade každá kapitola.

Kritériem vědeckého statusu teorie je její falzifikovatelnost, vyvratitelnost, testovatelnost.

— Karl R. Popper, „The criterion of the scientific status of a theory is its falsifiability...“. *Conjectures and Refutations*, 1963

Lékař, který počítal mrtvé

Ve vídeňské všeobecné nemocnici stály vedle sebe dvě porodnické kliniky a rodičky se před tou první děsily. Na první rodili lékaři a medici; na druhé porodní báby. Byla to jediná znatelná odlišnost mezi nimi — a přesto na první umíralo na horečku omladnic mnohem víc matek než na druhé. Ženy o tom věděly a na kolenou prosily, aby je nechali родit u bab; některé raději porodily na ulici cestou do špitálu. Roku 1846 zaplatila první klinika za sázku o dveře jedenáct matek ze sta; druhá necelé tři.

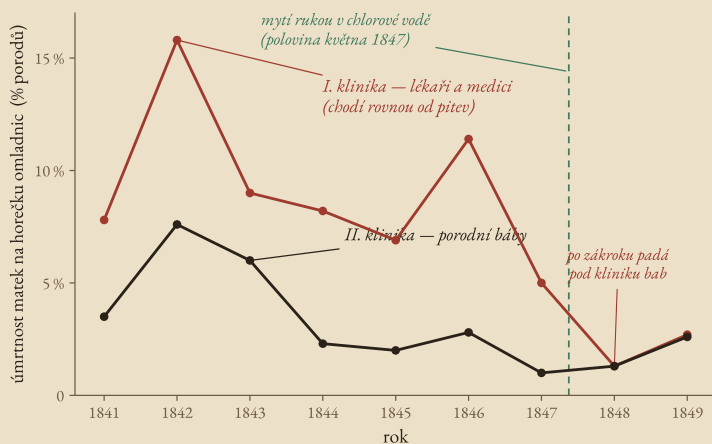
Mladý lékař Ignác Semmelweis ta čísla nesnesl a udělal jedinou správnou věc: začal je vážně počítat. Vedl si tabulky úmrtnosti měsíc po měsíci, rok po roce, a hleděl na ně, dokud z nich nezačala mluvit otázka. Proč zrovna první klinika? Vyzkoušel a zamítl každé dobové vysvětlení, které mu přišlo pod ruku: přeplněnost — stejná na obou; podnebí — stejné; dokonce i pověru, že matky děsí kněz s umíráčkem procházející oddělením — nechal ho chodit jinudy, úmrtnost se nehnula. Každé zamítnuté vysvětlení byla informace: ubývalo cest, kterými pravda mohla utéct.

Odpověď mu dala smrt přítele. V březnu 1847 zemřel profesor soudního lékařství Jakob Kolletschka poté, co se student při pitvě zařízl skalpelem a poranil mu prst. Semmelweis četl pitevní nález a strnul: bylo to totéž, na co umíraly rodičky. Z toho jediného

pozorování složil hypotézu, kterou uměl vyslovit tak, aby mohla být vyvrácena: na první klinice roznášejí smrt ruce lékařů a mediců, kteří chodí k porodům rovnou od pitev a nesou na prstech „mrtvolné částice“. Báby k žádným pitvám nechodí — proto na druhé klinice umírá méně.

A hypotéza dala předpověď, kterou šlo změřit: když si budou lékaři mýt ruce v roztoku chlorového vápna, dokud nepřestanou páchnout po pitevně, úmrtnost na první klinice klesne. V polovině května 1847 to nařídil. Nemusel nikomu věřit; stačilo dál počítat. Do konce roku spadla úmrtnost první kliniky z jedenácti procent na pět, příští rok na jedno celé tři — pod kliniku bab. Semmelweis změnil jeden vstup a změřil výstup; svět dostal černé na bílém, že se pletl v tom, koho vinil.

Bílé na tom je, jak to dopadlo s ním. Kolegové jeho čísla odmítli; vysvětlení bez viditelného mechanismu — bakterie nikdo ještě neznal — se špatně prodává, a on je navíc prodával nevrle. Antiseptickou chirurgii postavil na choroboplodných zárodkách až Joseph Lister roku 1867, dva roky poté, co Semmelweis roku 1865 zemřel; širšího přijetí se ta myšlenka dočkala až v osmdesátých letech. Metoda, kterou používal, mu dala pravdu za života. Doba mu ji přiznala až po smrti. To jsou dvě různé věci — a jen o té první je tahle kapitola.



Prameny: I. Semmelweis, Die Aetiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kindbettfiebers (1861); roční úmrtnost obou klinik dle Semmelweisovy vlastní tabulky. Víceleté průměry 1841–46: I. klinika ≈ 9,8 %, II. ≈ 4,0 %. Kolletschka † 13. 3. 1847. Mytí rukou v chlorovém vápně zavedeno v polovině května 1847.

Faktická oprava proti oblíbené legendě: Lister publikoval antisepsi 1867, dva roky PO Semmelweisově smrti (1865) — ne „dvacet let předtím“. Širší přijetí teorie zárodků (Koch) přišlo až v 80. letech 19. století.

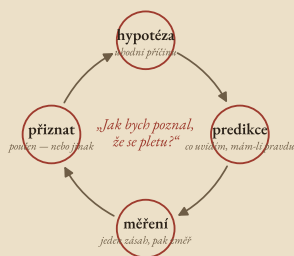
Semmelweisova vlastní roční čísla, ne legenda. Do poloviny května 1847 drží první klinika (lékaři od pitev) sanguine křivku vysoko nad druhou (báby). Po zákroku — svislice — spadne pod ni a zůstane tam. To je celý důkaz: hypotéza „mrtvolné částice“ předpověděla přesně tenhle pád; kdyby se křivka nehnula, byla by vyvrácena.

Zapamatuj si, co Semmelweis udělal, protože to je celá tahle kapitola v jednom příběhu — a není to hrdinství, je to *postup*. Uhodl příčinu. Z domněnky odvodil předpověď, která mohla dopadnout špatně. Změnil jediný vstup — mytí rukou — a čekal, co udělá výstup. A výstup přiznal, ať vyšel jak chtěl. Kdyby úmrtnost neklesla, tabulka by ho o jeho

omylu zpravila stejně neúprosně. O to jde: postavil svou domněnku tak, aby ji svět mohl shodit.

Metoda není katedrála, je to debugger

Když se řekne „vědecká metoda“, většina lidí si představí něco vznešeného: katedrálu poznání, mramorové sály, muže v pláštích, kteří v tichu odhalují zákony vesmíru. Zapomeň na to. Vědecká metoda je něco mnohem přízemnějšího a mnohem užitečnějšího — je to **debugger**. Přesně ten postup, kterým hledáš, proč ti program dělá něco jiného, než mělo. Uhadneš příčinu. Řekneš si, co uvidíš, pokud máš pravdu. Uděláš jediný zásah. Změříš. A podle výsledku buď oslavíš, nebo — častěji — zjistíš, že se pleteš, a jdeš znovu, o jednu slepou uličku chytřejší.



Debuggerova smyčka — a přesně tatáž smyčka je Semmelweisova metoda. V každém kole ji roztáčí jediná otázka uprostřed: jak bych poznal, že se pletu? Bez ní se z kola stane modlitba: hypotéza, kterou nic nemůže shodit, se točí donekonečna a nic se z ní nedozvíš.

Semmelweis nebyl v katedrále. Byl v debuggeru. Program (porodnice) hlásil chybu (mrtvé matky), on tipoval příčinu, měnil po jednom vstupu — kněz jinudy, pak ruce do chlóru — a četl výstup v tabulce. To umíš taky. Nikdo tě nemusí pouštět do žádné svatyně; laboratoř máš v hlavě a měřicí přístroj v počítači.

A teď to jádro. Ze všech těch kroků je jeden, na kterém všechno stojí, a schovává se v otázce uprostřed smyčky: **jak bych poznal, že se pletu?** Kdo si ji položí a umí na ni odpovědět něčím konkrétním — „úmrtnost by neklesla“, „ten test by spadl“, „to číslo by vyšlo jinak“ —, ten dělá vědu. Kdo na ni odpovědět neumí, protože jeho tvrzení se nedá žádným výsledkem shodit, ten nedělá vědu; ten věří. A víra může být krásná i pravdivá, ale nepozná svůj vlastní omyl — a to je přesně ta schopnost, kvůli které je celá tahle kniha.

Tady tu otázku pokřtíme a dáme jí místo, které jí patří po zbytek knihy. Od téhle kapitoly končí každá kapitola blokem, který se ptá přesně tohle: **„Jak bych poznal, že se pletu?“** — a nabídne ti konkrétní test, kterým můžeš tvrzení té kapitoly shodit. Není to rétorická otázka na okrasu. Je to *refrén*, záměrně opakovaný nástroj: kdykoli ti někdo — člověk, kniha, nebo model — něco tvrdí, obrať to na tuhle otázku a hledej odpověď v podobě měřitelného výsledku, který by mohl

Popperův test slovy pro batole: tvrzení, které nedokáže zakázat vůbec nic, ti taky nic neslíbí. „Zítřka bude počasí“ nemůže selhat — a proto je bezcenné. „Zítřka nebude pršet“ selhat může — a proto něco znamená.

dopadnout špatně. Když žádný takový výsledek neexistuje, nedostal jsi poznatek, dostal jsi dojem.

A tady je ta dobrá zpráva, kvůli které to celé stojí za práci: měřicí přístroj, na který Semmelweis potřeboval kliniku, roky a vlastní tabulky, ti dnes leží v počítači. Hypotézu odzkoušíš za odpoledne, ne za dekádu; jeden experiment stojí pár řádků. Nikdy v dějinách nebylo tak levné položit si otázku „jak bych poznal, že se pletu“ — a dostat na ni poctivou odpověď.

Stroj na výrobu užitečných omylů

Zbývá vyřešit jednu věc, kterou většina lidí o vědecké metodě chápe naruby. Myslí si, že metoda je stroj na výrobu pravd. Není. Je to **stroj na výrobu užitečných omylů** — a to je mnohem silnější. Semmelweis se dopracoval k pravdě tak, že postupně *mýlil*: přeplněnost ne, podnebí ne, kněz ne. Každý zamítnutý pokus nebyl prohra; byla to zaplacená informace, o kterou se svět zmenšil na straně možných příčin. Kdo se bojí omylu, nezaplatí za tu informaci — a zůstane v nevědění, která nikdy nekončí dobře.

Řekněme to jako pravidlo, protože to je jedna z nosných vět celé knihy: *metoda tě nechrání před omylem — dělá z omylu palivo*. Vědec se od věřícího neliší tím, že se méně mýlí; liší se tím, že své omyly staví tak, aby je mohl přistihnout brzy a levně, dokud ještě stojí pár řádků a ne dva roky. K téhle myšlence se vrátíme v kapitole devatenáct, kde se z ní stane každodenní řemeslo: test je omyl, který přistihneš dřív, než tě to bude bolet. A to už je most z vědy do inženýrství.

Troji rozlišení, které kniha drží (viz glosář): chyba = číslo, které model tlačíš dolů (kap. 10); bug = vada v programu; omyl = zamítnutá hypotéza, zaplacená informace. Tady mluvíme o omylu — a ten je nejcennější z té trojice, protože se nekupuje zadarmo.

Metoda v denní praxi vývojáře

Pěkně se to čte o Vídni. Teď to přelož do jazyka, ve kterém pracuješ ty. Bug se objevil, kód se chová divně, nebo ti model vrátil odpověď, která vypadá skvěle a možná je celá vedle. Debuggerova smyčka se přepíše do pěti kroků, které dělají rozdíl mezi hledáním a bloumáním.

Metoda jako denní postup — od „něco je špatně“ k „vím proč“:

- | | |
|----------------|--|
| 1. REPRODUKUJ | ať to selže spolehlivě, na povel
(co nejde vyvolat, nejde ani
opravit) |
| 2. MINIMALIZUJ | osekej vstup, dokud nezůstane
nejmenší případ, který ještě padá |
| 3. HYPOTÉZA | napiš JEDNOU větou, co je příčina
(„čítač přeteče při rychlém
zadávání“) |
| 4. PREDIKCE | zapiš PŘED zásahem, co uvidíš,
máš-li pravdu („po opravě test
projde“) |
| 5. JEDEN ZÁSAH | změň PRÁVĚ JEDNU věc → změř →
porovnej |
| | s predikcí; příznnej výsledek, ať
je jaký chce |

Pravidlo jednoho zásahu je Semmelweisovo: měnil po jednom (kněž, pak ruce), jinak by nevěděl, co zabralo. Změníš-li tři věci a chyba zmizí, neopravil jsi ji — jen ji přestal vidět a nevíš proč.

Všimni si kroku čtyři, protože je nejméně oblíbený a nejdůležitější: *predikci zapiš dřív, než uděláš zásah*. Ne v hlavě — na papír, do komentáře, do commit message. Důvod je krutý a znáš ho z kapitoly čtvrté: jakmile uvidíš výsledek, paměť ti šalebně přepíše, cos čekal, na to, co se stalo, a budeš mít pocit, že jsi to věděl. Tomu se ubráníš jediným způsobem — máš to napsané černé na bílém dřív, než realita promluví. Zapsaná predikce je nejlevnější z paktů z kapitoly osmé a splníš ji poprvé naostro v kapitole čtrnácté, u tří dveří: napiš odhad, *pak* pust simulaci.

A logy? Metriky? To jsou tvoje Semmelweisovy tabulky. Semmelweis neviděl bakterie — viděl *čísla*, a ta mu příčinu prozradila dřív, než jí kdokoli rozuměl. Ty taky nevidíš dovnitř běžícího systému; vidíš log, čítač, graf latence. Kdo neměří, ten nediskutuje o příčinách — ten hádá a věří svému poslednímu dojmu. Změřit stav před zásahem a po něm je ten nejlevnější způsob, jak se přistihnout při omylu, a proto je i ten nejcennější.

Poslední kámen do téhle dílny je nepříjemný a Semmelweise stál pověst: *vysvětlení bez mechanismu se hůř prodává*. On měl pravdu a čísla — a prohrál, protože neuměl říct PROČ ruce zabíjejí; teorie zárodků ještě neexistovala. Z toho si vezmi dvojí ponaučení. Za prvé: když ti někdo ukáže, ŽE něco funguje, ale neumí říct PROČ, není to důvod tomu nevěřit — Semmelweis měl pravdu i bez mechanismu. Za druhé, obráceně a pro tvůj vlastní prospěch: budeš-li chtít přesvědčit ostatní, samotné „mně to vyšlo“ nestačí; přidej mechanismus, nebo

→ kap. 4: bez zapsané predikce ti zpětný pohled („to jsem tušil“) sebere z experimentu veškerou důkazní sílu — pocit dřiny ani jistoty nic nedokazuje.

→ kap. 8: predikce zapsaná předem je pakt se sebou samým; tady je jeho denní provozní podoba.

aspoň předpověď, kterou si můžou ověřit sami. Data přesvědčí opatrně; mechanismus přesvědčí zbytek.

Věť: falzifikace, síla testu a co by dnes Semmelweisovi spočítal graf

Zatím jsme metodu popisovali obrazem. Teď jí dáme kostru — a uvidíš, proč pouhá korelace mezi klinikou a smrtí Semmelweisovi nestačila a co by dnes jeho tabulku dokázalo přechýšit přesněji.



EINSTEIN · MATEMATIKA — přeskočitelné

Popper: asymetrie potvrzení a vyvrácení. Vezmi tvrzení „všechny labutě jsou bílé“. Kolik bílých labutí uvidíš, nikdy ho *nedokážeš* — příští labuť může být černá. Ale jediná černá labuť ho *vyvrátí* s konečnou platností. V tom je celá Popperova věc: mezi potvrzením a vyvrácením není symetrie. Obecné tvrzení nelze verifikovat konečně mnoha případy, ale lze ho falzifikovat jediným protipříkladem.

$(\forall x : P(x))$ nevyvratíš potvrzeními, vyvrátíš jediným $\exists x : \neg P(x)$.

Proto Popper klade jako *kritérium vědeckosti* ne to, kolik důkazů pro teorii máš, ale zda vůbec existuje pozorování, které by ji shodilo. Teorie, která zakazuje hodně (a přežije), říká hodně; teorie slučitelná s čímkoli neříká nic. Refrén „jak bych poznal, že se pletu“ je tahle věta přeložená do první osoby: *co konkrétního by muselo nastat, aby mé tvrzení padlo?*



EINSTEIN · MATEMATIKA — přeskočitelné

Síla testu a p-hodnota — a kde má meze. Statistický test klasické školy staví *nulovou hypotézu* H_0 („mezi klinikami není rozdíl, čísla jsou náhoda“) a ptá se: kdyby H_0 platila, jak nepravděpodobná by byla data, co vidím? To číslo je **p-hodnota** — $P(\text{data tak extrémní} \mid H_0)$. Malé p znamená „za předpokladu, že žádný rozdíl není, by taková data byla vzácná“, a nulovou hypotézu tím *zamítneme* — falzifikace v hávu počtu pravděpodobnosti.

Dvě meze, které se běžně přehlíží. Za první, p *není* pravděpodobnost, že se pleteš: $P(\text{data} \mid H_0) \neq P(H_0 \mid \text{data})$ — zaměnit to je klasický omyl (vrací se v Bayesovi kap. 12). Za druhé, i pravý efekt ti unikne, když je vzorek malý; schopnost testu odhalit rozdíl, který tam skutečně je, se jmenuje **síla testu**. U Semmelweise byl efekt tak veliký a vzorek tak obří (tisíce porodů ročně), že o síle nemusel ani přemýšlet — jenže to je výjimka. Slabý test, který „nic nenašel“, není důkaz, že tam nic není; je to jen tupý přístroj.

→ kap. 12: záměna $P(\text{data} \mid H_0)$ za $P(H_0 \mid \text{data})$ je táž chyba, na které stojí paradox medicínského testu — pozitivní test $\neq$ „skoro jistě nemocný“.

Bayesovský pohled tutéž věc nezamítá, ale aktualizuje míru přesvědčení: data posunou pravděpodobnost hypotézy, místo binárního „zamítáme / ne“.



Bayesovský update místo verdiktu. Falzifikace zní binárně: teorie padla, nebo přežila. V praxi ale málokdy máš jednu čistou černou labuť; máš data, která hypotézu činí pravděpodobnější či méně pravděpodobnou. Bayesova věta z toho dělá plynulý přístroj:

$$P(H \mid D) = \frac{P(D \mid H) \cdot P(H)}{P(D)}.$$

Nová evidence D přenásobí tvé předchozí přesvědčení $P(H)$ poměrem, jak dobře ho hypotéza předpovídala. Semmelweisův pád úmrtnosti po mytí rukou nebyl „jedna černá labuť“, ale mohutný update: data, která hypotéza „mrtvolné částice“ předpovídala skvěle a soupeřící hypotézy („podnebí“, „přeplněnost“) vůbec. Refrén přeložený do Bayese zní: *která pozorování by mou hypotézu srazila, a jak silně?* Čím ostřeji hypotéza předpovídá — čím víc zakazuje —, tím větší update dostaneš, když se trefí.



Co by dnes Semmelweisovi spočítal kauzální graf. Semmelweis měl jen *korelaci*: klinika lékařů ↔ vyšší úmrtnost. Korelace sama o sobě nerozliší příčinu od společné příčiny — a přesně to mu kritici předhazovali. Dnešní jazyk pro tenhle problém je **kauzální graf (DAG)**: nakreslíš šipky, kdo koho způsobuje, a graf ti řekne, co musíš držet konstantní, aby ses díval na skutečnou příčinu, a ne na přízrak.

pitva → částice na rukou → infekce → smrt

Jeho zásah — mytí rukou — přešel graf přesně na jedné šipce (*částice na rukou*) a nechal ostatní být. To z korelace udělalo *intervenci*: nečekal, až se kliniky náhodou porovnají, sám zvenčí změnil jeden uzel a měřil následek. Právě proto jeho tabulka po roce 1847 dokazovala příčinu, ne jen souběh. Kreslení téhle šipkové kostry *před* tím, než na data pustíš statistiku, je řemeslo celé kapitoly třinácté — a Semmelweis ho dělal v hlavě, sto let předtím, než dostalo jméno.

→ kap. 13: kauzální graf (DAG) se kreslí tužkou před regresí; tam se naučíš, jak korelace lže, i když čísla sedí (nevrácená letadla, kouřící matky). Semmelweisova klinika je jeho první, intuitivní podoba.

DAG = orientovaný acyklický graf; zde „kdo koho způsobuje“, šipky bez cyklu.

Co si odnést

Semmelweis neměl mikroskop, neměl teorii zárodků, neměl na své straně jediného vlivného kolegu. Měl jednu otázku a odvahu na ni poctivě odpovídat: *jak bych poznal, že se v příčině pletu?* Odpovědí byla pokaždé měřitelná předpověď, kterou nechal svět potvrdit nebo shodit — a svět mu dal za pravdu v číslech dřív, než mu dal za pravdu potleskem. Ta dvě „za pravdu“ nesměšuj: metoda ti může dát jistotu za odpoledne i tehdy, když uznání nepřijde nikdy.

Odnes si tři věci. První, malá: měň po jednom vstupu a měř — jinak nevíš, co zabralo. Druhá, větší: predikci zapiš *před* zásahem, protože paměť je podvodník a po výsledku ti namluví, žeš to věděl. Třetí, největší a od téhle stránky nesená celou knihou: ke každému tvrzení — svému, cizímu, modelovu — si polož otázku *jak bych poznal, že se pletu*, a nevěř ničemu, co na ni neumí odpovědět konkrétním, měřitelným výsledkem. Tvrzení, které nemůže selhat, ti taky nic neslibuje.

■ DEMO

lesk-a-bida-vibecodingu.gaussalgo.com/d/semmelweis

Přehraj si Semmelweisovu tabulku: posuň rok zavedení mytí rukou a sleduj, jak (a jestli) úmrtnost první kliniky padá pod druhou — hypotéza, kterou ročenka mohla shodit, ale neshodila.



„Jak bych poznal, že se pletu?“

Tímhle blokem od teď končí každá kapitola — a tady se křtí. Konkrétní test k této kapitole: vezmi kterékoli tvrzení, kterému právě věříš — svůj závěr o bugu, cizí radu, nebo odpověď modelu —, a než podle něj jednáš, dopiš k němu jednu větu: *co konkrétního bych musel naměřit, aby se ukázalo, že je špatně?* Tvrdím, že když tu větu nedokážeš napsat, nemáš poznatek, máš dojem — a dojem se nedá odladit. A druhá, tvrdší půlka: než pustíš opravu nebo experiment, zapiš predikci *předem* a změň právě jednu věc. Vyjde-li výsledek proti tvé predikci, právě jsi levně koupil omyl, který by tě jinak stál dva roky; vyjde-li podle ní, poprvé víš, že to nebyl jen pocit. A jestli měníš tři věci najednou a „ono to funguje“, kapitola tvrdí, žeš nic neodladil — jen přestal chybu vidět, a chci vidět, který z těch tří zásahů to byl.