

Zákon, teória, explanácia

Juraj Halas

Katedra logiky a metodológie vied
Filozofická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Metodológia vied, LS 2014/2015, #9

Druhy výskumu

Podľa cieľa

- 1 exploračný
 - prieskum málo prebádanej oblasti; cieľom je napr. zistenie možností ďalšieho, podrobnejšieho výskumu (pilotná štúdia)
- 2 deskriptívny
 - cieľom je získať systematický opis určitého javu
- 3 korelačný
 - cieľom je objaviť, prípadne potvrdiť existenciu súvislosti či vzťahu medzi javmi
 - formulácia hypotézy o nezávisle a závisle premenných
- 4 explanačný
 - cieľom je objasniť príčinné súvislosti medzi javmi (napr. vysvetliť, *prečo* k javu dochádza)
 - formulácia hypotézy o nezávisle a závisle premenných

Podľa využitia

1 základný výskum

- realizuje sa bez toho, aby boli vopred známe možnosti praktického uplatnenia jeho výsledkov
- obvykle sa zameriava na fundamentálne (najzákladnejšie) aspekty skúmanej oblasti
- ako taký je predpokladom neskorších praktických aplikácií; zároveň je často zdrojom takých aplikácií ako svojich vedľajších produktov

2 aplikovaný výskum

- je koncipovaný tak, aby viedol k identifikácii riešení (aplikácií), ktoré sú prakticky realizovateľné
- má umožniť vedecky zdôvodnenú intervenciu vo svete (v prírode, resp. v spoločnosti)

Podľa charakteru dát a záverov

1 kvalitatívny výskum

- skúmaný jav opisuje pomocou nekvantifikovaných vlastností
- využíva nominálne (kategorické) alebo najvyššie ordinálne premenné

2 kvantitatívny výskum

- kvantifikuje skúmaný jav, napr. čo do miery prítomnosti určitých vlastností alebo čo do miery variácie (zmeny)
- využíva aj metrické premenné, čo je predpokladom uplatnenia štatistických metód

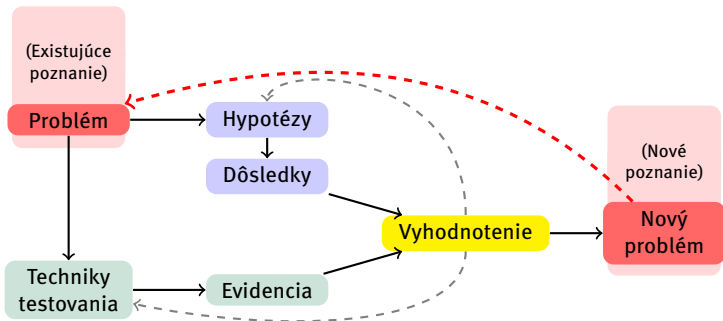
Hypotéza, zákon, teória

- 1 Čo je **hypotéza**? (z gr. *hypothesis*, „podklad“, „predpoklad“)
- 2 Čo je **zákon**? (v kontexte vedy)
- 3 Čo je **teória**? (z gr. *theoria*, „náhľad“, „nazeranie“)

Štruktúra vedeckého výskumu

Zákony a teórie

Kde je miesto zákonov a teórií v štruktúre vedeckého výskumu?



Obr. 1: Štruktúra vedeckého výskumu.

Štruktúra vedeckého výskumu

Zákony a teórie

- Už formulácia **vedeckého problému** predpokladá použitie jazyka – jazyka určitej teórie alebo „proto-teórie“.
- Už formulácia **hypotézy** sa spravidla opiera o existujúce poznatky, fixované v teóriách a zákonoch.
- **Výsledky** empirického výskumu môžu viesť napríklad k:
 - 1 potvrdeniu alebo vyvráteniu existujúcej hypotézy alebo teórie,
 - 2 rozšíreniu existujúcej teórie o nové poznatky.

Zákon a teória

Základná charakteristika:

- **Vedecký zákon** je všeobecný alebo štatistický výrok v jazyku určitej vedy, ktorý vyjadruje stálu, opakujúcu sa súvislosť javov istého typu.
- **Vedecká teória** je systém výrokov (vrátane zákonov), ktoré sú formulované v príslušnom vedeckom jazyku a usporiadané určitými vzťahmi podľa istých pravidiel.

Kauzálne poznanie

Poznanie príčin

Možno odlíšiť poznanie typu

- „vedieť, že...“

od poznania typu

- „vedieť, prečo...“

Druhé umožňuje hovoriť o **príčinnej (kauzálnej) súvislosti** medzi javmi.

Deskripcia vs. vysvetlenie

Rozlíšenie dvoch druhov poznania:

1 Vedieť, že $p...$

• Napríklad:

- že objekt a má vlastnosť i , nachádza sa na mieste l , je vo vzťahu r k objektu b ;
- že objektov druhu k je spolu x ;
- že udalosť u nastala v čase t , atď.

→ **deskripcie**, opisy

2 Vedieť, prečo $p...$

• Súvisí s dvomi základnými funkciami vedy:

- 1 **vysvetliť** javy, udalosti, fakty sveta okolo nás
- 2 **predvídať** budúce udalosti, resp. **rekonštruovať** vývoj v minulosti

→ **explanácie** (vysvetlenia), **predikcie** (predpovede), **retrodikcie**

Korelácia

- Súvislosť, spoluvýskyt dvoch javov $A, B =$ ich **korelácia**.

Príklad

- 90 % ľudí, ktorí zaspia v topánkach, sa ráno zobudí s bolesťou hlavy.
- Naproti tomu len 10 % ľudí, ktorí zaspia bosí, má ráno bolesť hlavy.
- Ranná bolesť hlavy **koreluje** s prítomnosťou topánok na nohách.

Korelácia verzus kauzalita

- **Korelácia \neq kauzalita!**
- Samotný spoluvýskyt javov nie je dostatočným dôvodom na to, aby sme usudzovali na kauzálny vzťah medzi nimi.

Príklad

- Ranná bolesť hlavy **nie je spôsobená** prítomnosťou topánok na nohách, hoci s ňou koreluje.
- Skutočnou príčinou bolesti môže byť napr. večerná konzumácia alkoholu, ktorá tiež vedie k tomu, že človek zaspí obutý.

Kauzalita verzus korelácia

Základný rozdiel

- Korelácia je symetrický vzťah:
Ak A koreluje s B , tak B koreluje s A .
- Kauzalita je asymetrický vzťah:
Ak A je príčinou B , tak B nie je príčinou A .


Kauzalita

V modernej epidemiológii

BRADFORD HILL bol spoluautorom priekopníckej štúdie o vzťahu medzi fajčením a výskytom rakoviny (1954), ktorá sa realizovala na fajčiaroch-lekároch.

Sformuloval nasledujúce podmienky, ktoré musí spĺňať príčinný vzťah:

- 1 **časová následnosť**: príčina predchádza účinok;
- 2 vysoká miera štatistickej **súvislosti** (korelácie);
- 3 **konzistentnosť** (prítomnosť vzťahu medzi premennými možno opakovane overiť);
- 4 **koherentnosť** (je známy mechanizmus, ktorým príčina vedie k účinku);
- 5 vzťah medzi **intenzitou** príčiny a **intenzitou** účinku;
- 6 existenciu príčinného vzťahu potvrdzujú **experimentálne dáta**.



He's one of the busiest men in town. While his door may say *Office Hours 2 to 4*, he's actually on call 24 hours a day.

The doctor is a scientist, a diplomat, and a friendly sympathetic human being all in one, no matter how long and hard his schedule.

According to a recent Nationwide survey:

MORE DOCTORS SMOKE CAMELS
THAN ANY OTHER CIGARETTE

Vedecký zákon

- Vedecké zákony možno spravidla zapísať v tvare **všeobecných kondicionálov**.
- Tzv. **základné zákony** majú platiť bez výnimiek vo všetkých oblastiach času a priestoru (sú „striktne všeobecné“).

Príklad

- „Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú.“
- „**Vždy a všade** (pre každé x) platí, že **ak x má vlastnosť F , tak x má vlastnosť G** .“
- Logická forma: $(\forall x) [F(x) \rightarrow G(x)]$

Vedecký zákon

Terminologická poznámka

- V niektorých textoch sa možno stretnúť s nasledujúcim rozlíšením:
 - 1 **zákon:** všeobecný podmienkový výrok o opakujúcej sa súvislosti javov;
 - 2 **zákonitosť:** to, čo je v zákone opísané (objektívne existujúca súvislosť).

Vedecký zákon

Základné a odvodené zákony

- Niektoré tvrdenia považujeme za vedecké zákony aj napriek tomu, že neplatia vo všetkých oblastiach času a priestoru (nie sú **striktne všeobecné**).
- Ide napr. o **odvodené zákony**, ktoré vyplývajú zo **základných zákonov**.

Vedecký zákon

Zákon vs. náhodná empirická generalizácia

- 1 „Všetky telesá z uránu majú hmotnosť menšiu ako 1000 ton.“
 - 2 „Všetky telesá zo zlata majú hmotnosť menšiu ako 1000 ton.“
- Sú oba výroky vedeckými zákonmi?

Vedecký zákon

Zákon vs. empirická generalizácia

- Z hľadiska logickej formy **nie je** medzi výrokmí nijaký rozdiel. Lenže:
 - Výrok **1** je **odvodený zákon**: žiadne uránové teleso nemôže dosiahnuť hmotnosť 1000 t, pretože by dávno dosiahlo kritické množstvo. To možno odvodiť z chemických zákonov a poznatkov o chemických vlastnostiach uránu.
 - Výrok **2** je len **náhodná empirická generalizácia**: zatiaľ sme sa nestretli so zlatým telesom, ktoré by vážilo 1000 alebo viac ton. Na základe našich poznatkov o chemických či iných vlastnostiach zlata však nemôžeme existenciu takého telesa (minulú, súčasnú, budúcu) vylúčiť.
- Jedna z možných odpovedí:
 - Výrok **1** je zákon, pretože korešponduje s určitou zákonitosťou (objektívne existujúcim „mechanizmom“).
 - Výrok **2** nekorešponduje s nijakou zákonitosťou.

Vedecký zákon

Idealizované vedecké zákony

- Podobne ako konceptuálne modely, aj mnohé vedecké zákony – vrátane základných zákonov fyziky – predpokladajú splnenie určitých **idealizujúcich predpokladov**.
- Pravidelnosť, ktorú opisujú, sa vyskytuje len v idealizovaných podmienkach. Tie **môžu**, ale **nemusia** byť prakticky realizovateľné.
- Uplatnenie takých zákonov napr. vo vysvetlení alebo predvídaní sa zakladá na ich **konkretizácii** – postupnej eliminácii idealizujúcich predpokladov.

Vedecký zákon

Príklad idealizovaného zákona

- Zákon matematického kyvadla:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

- Zákon opisuje vzťah medzi dĺžkou periódy kyvadla (T) a dĺžkou vlákna (l).

Vedecký zákon

Príklad idealizovaného zákona

- Takto sformulovaný zákon matematického kyvadla platí len pri splnení ôsmich predpokladov:
 - 1 kyvadlo sa pohybuje vo vákuu – odpor vzduchu je nulový;
 - 2 na vlákne je zavesený hmotný bod – teleso má nulový objem.
 - 3 ...
- Predpoklad 1 je možno neobvyklý, no je uskutočniteľný v laboratórnych podmienkach. Predpoklad 2 nie je prakticky realizovateľný.
- Zákon matematického kyvadla je teda len **aproximáciou** pohybu skutočných kyvadiel.

Vedecký zákon

Niektoré funkcie vedeckých zákonov

- **explanačná a predikčná**
 - Vedecké zákony umožňujú **vysvetliť** jednotlivé javy, resp. **predvídať** výskyt jednotlivých javov.
- **systematická**
 - Vedecké zákony vyjadrujú poznatky „v koncentrovanej podobe“, zjednocujú ich.
- **praktická (aplikačná, technologická)**
 - Vedecké zákony umožňujú (v ideálnom prípade) efektívnu praktickú kontrolu nad druhom javov, ktorý opisujú.

Vedecká teória

- **Vedecká teória** je systém **výrokov**, ktoré sú formulované v príslušnom vedeckom **jazyku** a usporiadané určitými vzťahmi podľa istých **pravidiel**.
- Výroky, tvoriace teóriu, nazývame **tvrdenia teórie**.

Vedecká teória

Kritériá „dobrej“ teórie

Základné:

- 1 logická konzistentnosť
- 2 zhoda s faktmi
- 3 testovateľnosť

Doplňujúce:

- 1 zrozumiteľnosť
- 2 úspornosť („jednoduchosť“ → Occamova britva)
- 3 kompatibilita s inými prijímanými teóriami
- 4 rozsah (explanačná sila)
- 5 heuristický potenciál + uplatniteľnosť v empirickom výskume

Niektoré **metódy výstavby teórií**:

1 axiomatická metóda

- uplatňuje sa najmä (ale nielen) v neempirických disciplínach
- hrá však úlohu aj v takých empirických vedách, ktoré intenzívne využívajú matematický aparát (súčasná ekonómia)

2 hypoteticko-deduktívna metóda

- uplatňuje sa v empirických disciplínach

Vedecká teória

Axiomatická metóda výstavby teórie (1)

Výstavba axiomatickej teórie:

- 1 presné stanovenie jazykových prostriedkov a definovanie kritérií správne utvorených výrazov jazyka teórie
 - 2 výber axióm z množiny výrazov
 - 3 stanovenie presných pravidiel odvodzovania
 - 4 stanovenie pravidiel definovania, ktoré umožňujú zaviesť do teórie nové výrazy
- Rozvíjanie teórie = odvodzovanie nových tvrdení (**teorém**) z axióm pomocou vopred známych pravidiel odvodzovania.

Vedecká teória

Príklad axiomaticky budovanej teórie

Euklidove Základy

- 23 **definícií** (bod, priamka, úsečka, rovina...)
- 5 základných **axióm** („postulátov“)
 - 1 Každými dvoma bodmi možno viesť práve jednu úsečku.
 - 2 Každú úsečku možno ľubovoľne predlžovať na priamku.
 - 3 Pre každú úsečku možno skonštruovať kružnicu takú, že úsečka je polomerom kružnice (jeden z bodov úsečky je stredom kružnice a druhý leží na kružnici).
 - 4 Každé dva pravé uhly sú zhodné.
 - 5 Ak priamka k pretína priamky m , n tak, že súčet vnútorných uhlov na jednej strane priamky k je menší ako dva pravé uhly, tak sa priamky m , n na tejto strane pretínajú.
- Spolu s hárstkou ďalších predpokladov umožňujú odvodiť (dokázať) stovky tvrdení geometrie (vystavať jej teóriu).

Vedecká teória

Hypoteticko-deduktívna metóda výstavby teórie (1)

- Štruktúra H-D teórií:
 - 1 hypotézy
 - 2 odvodzovacie (logické) pravidlá
 - 3 dôsledky odvoditeľné z hypotéz pomocou odvodzovacích pravidiel
- Stratégia: formulovanie hypotéz a empirické testovanie ich dôsledkov. Koroborované hypotézy sa stávajú súčasťou teórie.

Vedecká teória

Niektoré funkcie teórií

- **explanačná a predikčná**
 - Teórie umožňujú **vysvetliť** jednotlivé javy, resp. **predvídať** výskyt jednotlivých javov.
- **systematická**
 - Teórie zjednocujú výsledky empirického výskumu a vedecké zákony.
- **praktická (aplikačná, technologická)**
 - Teórie umožňujú (v ideálnom prípade) efektívnu praktickú kontrolu nad druhmi javov, ktoré opisujú.

Vedecká teória

Ďalšie funkcie teórií

- Teórie slúžia ako vodidlo výskumu:
 - umožňujú (re)formulovať problémy,
 - naznačujú druh dát a metód ich získavania, na ktoré sa má výskum zamerať,
 - zvyšujú testovateľnosť hypotéz,
 - umožňujú tvorbu konceptuálnych a empirických modelov.

Vedecké vysvetlenie a predvídanie

K funkciám zákonov a teórií, ktoré sme uviedli, patrí

- 1 **explanácia** (vysvetlenie)
- 2 **predikcia** (predvídanie)

Vzniká teda otázka, čo tieto funkcie obnášajú.

Explanácia, predikcia, retrodikcia

Základná charakteristika funkcií

- Funkcie vedeckej **explanácie** (vysvetlenia)
 - objasnenie príčin javov
- Funkcie vedeckej **predikcie** (predvídania)
 - predvídanie, plánovanie a kontrolovanie javov
 - testovanie hypotéz a odhaľovanie kauzálnych vzťahov
- Funkcie vedeckej **retrodikcie** (postdikcie)
 - rekonštrukcia minulých javov, hľadanie príčin súčasných javov

1 Explanácia

Deduktívno-nomologický model vedeckého vysvetlenia

Induktívno-štatistický model vedeckého vysvetlenia

2 Predikcia

3 Retrodikcia

Explanácia

(1)

- Čo robíme, keď niečo vysvetľujeme?
- Príklad:
 - Otázka:** Prečo zhaslo svetlo?
 - Odpoveď:** Ďakujem, už som raňajkoval.

 - Otázka:** Prečo zhaslo svetlo?
 - Odpoveď:** Nieкто stlačil vypínač.
- Ktoré z vysvetlení považujete za racionálne? Prečo?

Explanácia

(2)

- Druhé vysvetlenie možno prepísať do podoby argumentu:

(Ak stlačíme vypínač, svetlo zhasne.)
Nieкто stlačil vypínač.

Svetlo zhaslo.

- Čo teda robíme, keď niečo vysvetľujeme?

Explanácia

(3)

- Jednoduchá odpoveď: **uvádzame dôvody**, prečo sa niečo stalo.
- Vo vysvetlení teda ide o to, uviesť určitý konečný počet výrokov na podporu iného výroku.
- (Racionálne) vysvetľovanie je teda druhom **argumentácie**; vysvetlenie je argumentom o „očakávateľnosti“ vysvetľovaného javu vzhľadom na uvedené dôvody.
- **Vedecké vysvetlenie** je špecifickým druhom racionálneho vysvetlenia, a teda aj argumentácie.

Explanácia

Explanandum a explanans

Explanandum: „to, čo je vysvetľované“

- Výrok, ktorý opisuje vysvetľovaný jav.
- V našom príklade: „Svetlo zhaslo.“

Explanans: „to, čím vysvetľujeme“

- Sú to
 - 1 výroky opisujúce súvislosť javov určitého druhu;
 - 2 výroky opisujúce iné javy.
- V našom príklade:
 - 1 „Ak stlačíme vypínač, svetlo zhasne.“
 - 2 „Nieko stlačil vypínač.“

Explanácia

Explanandum a explanans

(Ak stlačíme vypínač, svetlo zhasne.)
Niekto stlačil vypínač.

} **explanans**

Svetlo zhaslo.

explanandum

Niektoré modely vedeckého vysvetlenia

Vedecké vysvetlenie sa od bežného (racionálneho) vysvetlenia bude líšiť určitými nárokmi na

- charakter jeho zložiek (premís a záveru),
- charakter vzťahu týchto zložiek (teda „podpory“, ktorú premisy poskytujú záveru).

Dva klasické modely vedeckého vysvetlenia sú:

- 1 deduktívno-nomologický model (D-N model)
- 2 induktívno-štatistický model (I-Š model)

D-N model vysvetlenia

Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú.
Tento kus kovu bol zahriaty.

Tento kus kovu sa rozťahol.

$$(\forall x) [F(x) \rightarrow G(x)]$$
$$F(a)$$

$$G(a)$$

- Explanans tvoria:
 - výrok tvaru vedeckého zákona,
 - výrok o počiatkových podmienkach.
- Explanandum tvorí:
 - výrok o jave, ktorý chceme vysvetliť.

D-N model vysvetlenia

Kritériá adekvátnosti vysvetlenia

- 1 Explanandum musí byť deduktívne odvoditeľné z explanansu (musí z neho logicky vyplývať).
- 2 Explanans musí obsahovať aspoň jeden výrok tvaru vedeckého zákona, nevyhnutný na odvodenie explananda.
- 3 Explanans musí obsahovať len empirické (syntetické) výroky.
- 4 Explanans musí obsahovať len pravdivé výroky.

D-N model vysvetlenia

Ako vysvetľujeme?

- Nastal jav, ktorý chceme vysvetliť, a ktorý možno opísať výrokom „Kus kovu a sa roztiahol.“
- Aby sme ho vysvetlili, musíme:
 - 1 Identifikovať všeobecný, pravdivý zákon, ktorý umožňuje vysvetlenie tohto druhu javu.

„Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú“, t. j. „Ak je kov x zahriaty, tak kov x sa roztiahne.“
 - 2 Overiť (nejakou empirickou metódou), či nastal jav, ktorý opísaný v antecedente zákona, ktorý sme identifikovali.

T. j.: je pravda, že „Kus kovu a bol zahriaty“?
 - 3 Ak je to pravda, tak môžeme výrok „Kus kovu a sa roztiahol“ podradiť (**subsumovať**) ako záver pod premisy pozostávajúce z uvedeného všeobecného zákona a tzv. počiatkových podmienok.

I-Š model vysvetlenia

Pravdepodobnosť ochorenia
na rakovinu za predpokladu,
že človek fajčí, je 90 %.
Osoba XY je fajčiar.

Osoba XY ochorela na
rakovinu.

$$Pr(G/F) = 0,9$$

$$F(a)$$

$$G(a)$$

- V explananse vystupuje **štatistický zákon**.
- Úsudok nie je deduktívny, ale **induktívny**. Záver nevyplýva z premís!

I-Š model vysvetlenia

Problémy

Niektoré problémy uplatnenia induktívno-štatistického vysvetlenia:

- 1 Aká pravdepodobnosť je dosť vysoká na spoľahlivé vysvetlenie?
- 2 Štatistický zákon nemusí vyjadrovať kauzálnu väzbu, ale len koreláciu.

Predikcia

Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú.
Tento kus kovu zahrejeme.

Tento kus kovu sa rozťahne.

$(\forall x) [F(x) \rightarrow G(x)]$
 $F(a)$

$G(a)$

- Predikcia má rovnakú logickú štruktúru ako explanácia (pre explanáciu podľa I-Š modelu by sme mohli sformulovať podobnú predikciu).
- Jediný rozdiel je v tom, že jav, opisovaný záverom úsudku (teda jav, ktorý predvídame), ešte nenastal.
- Explanans, explanandum → **predikans, predikandum.**

Retrodikcia (postdikcia)

Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú.
Tento kus kovu sa rozťahol.

$(\forall x) [F(x) \rightarrow G(x)]$
 $G(a)$

Tento kus kovu bol zahriaty.

$F(a)$

- Pri retrodikcii rekonštruujeme pravdepodobný priebeh udalostí v minulosti.
- Z výroku o fakte, že daný kus kovu je rozťahnutý (prípadne viditeľne deformovaný), a zo všeobecného zákona o rozťažnosti kovov, usudzujeme na to, že kus kovu bol zahriaty.
- Retrodikcia má charakter **abduktívneho úsudku**. Záver nevyplýva z premís!

Retrodikcia (postdikcia)

Ako postupujeme pri retrodikcii?

- Dostal sa nám do rúk zvláštno predĺžený kus kovu. Tento fakt možno opísať napr. výrokom „Kus kovu a sa roztiahol“.
- Aby sme vysvetlili, ako mohlo k tejto deformácii dôjsť, musíme:
 - 1 Identifikovať taký všeobecný a pravdivý zákon, ktorého konzekvent zodpovedá nášmu výroku:

„Všetky kovy sa zahrievaním rozťahujú“, t. j. „Ak je kov x zahriaty, tak **kov x sa roztiahne.**“
 - 2 Abduktívne usúdiť na pravdepodobný priebeh udalostí v minulosti:

„Kus kovu a bol zahriaty.“
- (Platí tu to, čo platí pre všetky abduktívne úsudky: opierame sa o širší kontext poznania, v tomto prípade o vedecký zákon; vychádzame z toho, že nie sú k dispozícii lepšie alternatívne vysvetlenia.)