

KAUZÁLNA LOGIKA

(Pokračovanie)

VOJTECH FILKORN

V štúdiách uverejnených v našom časopise (číslo 2 a 3 z roku 1958) sme rozviedli niektoré pokusy riešiť problém kauzality v logike. Tieto pokusy sa dajú charakterizovať tým, že sa v nich kauzalita určuje niečím, čo je jej vonkajšie. Všetky tieto snahy môžeme považovať za pozitivistické. Jedným zo základných metodologických znakov nového pozitivizmu je snaha vyjadriť kauzálny vzťah výlučne aparátúrou matematickej logiky fregeovského typu. Matematickú logiku v jej širokom chápaní môžeme považovať za teóriu matematických systémov, v ktorých má zmysel hovoriť o rôznych formuláciách vzťahu totožnosti. Systémy, v ktorých o každom prvku platí vzťah definovaný troma nasledujúcimi axiómami (t. j. vzťah totožnosti)

(a) $R(a, a)$

(a) (b) $(R(a, b) \rightarrow R(b, a))$

(a) (b) (d) $(R(a, b) \ \& \ R(b, d) \rightarrow R(a, d)),$

môžeme volať nedynamickými. Systémy, v ktorých sa na operáciách (vzťahoch) a prvkoch nedá definovať vzťah totožnosti, voláme *dynamickými*. Po dôkladných prácach Hegla¹ a Engelsa² o totožnosti totiž môžeme dnes bezpečne tvrdiť, že totožnosť všetko izoluje, statizuje a aj pohyb vyjadrený elementárnou matematickou aparátúrou (pomocou funkcií) sa redukuje na priradenie stavov základného pohybu (času) ku stavom skúmaného pohybu. Preto hoci veľmi implicitne, predsa vari len jednoznačne môžeme proces, pohyb, zmenu charakterizovať logikou, v ktorej neplatí princíp identity, alebo v ktorej platí len relatívne. Ako príklad vezmeme číselný rad a rad „stavov“ pri pohybe. V číselnom rade ani jedno číslo nie je totožné s iným číslom, ale každé je totožné so sebou, čo spôsobuje, že číselný rad môžeme chápať ako statický, celo jestvujúci útvar. Ak máme diferencovaný jednotný rad, v ktorom ani jeden prvok, moment („stav“) nie je totožný so sebou, tak tento rad môže byť len radom diferencovaných momentov procesu, t. j. rad bude procesom. Keď je rad procesom, tak v ňom na

¹ G. W. F. Hegel, *Wissenschaft der Logik II*, Leipzig 1923 (vyd. Lasson), 23 a n.

² F. Engels, *Dialektika prírody*, Praha 1950, 182 a n.

nič nemôžeme aplikovať princíp totožnosti; pohybujúci sa alebo meniaci sa predmet totiž nemôže byť totožný so sebou, lebo nie je v sebe celý. To, čím bol, už nie je a čím bude, ešte nie je a predsa ide o jeden pohybujúci sa predmet, ktorý tak svojím pohybom spája identitu s neidentitou. Z toho vidno, že proces je realita, vo vnútri ktorej neplatí identita, je však formou jednoty, lebo pohyb je súdržnosť časovo pri sebe nejestvujúceho. Preto *jeden* (izolovaný) proces môžeme charakterizovať jednotou (identitou), v ktorej nič nie je totožné so sebou, t. j. konkrétnou identitou. Dynamický systém je množina procesov medzi sebou pospájaných. Kauzálna logika skúma dynamické systémy určitých vlastností, t. j. skúma povahu týchto systémov a najmä spôsoby, akými sa tieto systémy vo vede skúmajú, využívajú, resp. tvoria. Jedna časť kauzálnej logiky skúma chovanie sa množiny procesov (alebo jedného procesu), keď na ňu (naň) pôsobia prvky inej dynamickej množiny (alebo iná dynamická množina), t. j. skúma zmeny procesov.

V štúdií, ktorú predkladáme, budeme skúmať povahu dynamických kauzálnych systémov.

1. VLASTNOSTI KAUZÁLNYCH SYSTÉMOV

Najprv v krátkosti rozoberieme starší, substanciálny pohľad na kauzalitu, pričom vety, ku ktorým dôjdeme, budeme formulovať tak, aby ostali platné aj pri dynamickom chápaní kauzality.

Podľa substanciálnej teórie³ *príčina* je vždy nejaká vec (substancia) majúca určité vlastnosti (akcidenty), na základe ktorých pôsobí na iné (rovnako zložené) predmety. Predmet však nie je príčinou tým, že jestvuje, ale tým a len vtedy, že a keď je činný, keď teda spôsobuje zmenu iného predmetu. Účinok tiež nie je predmet, ale len zmena (nadobudnutá vlastnosť) predmetu. Zmenu však môže spôsobiť len aktívna substancia. Preto príčina je aktívna substancia, *naokoľko* je aktívna. Predmet môže byť aktívny vždy len vo vzťahu k nejakým predmetom. V jednej chvíli môže byť predmet *A* aktívny vzhľadom na predmet *B* (môže byť príčinou z hľadiska niečoho na *B*), v druhej chvíli môže byť aktívny vzhľadom na predmet *D*. Len čo však predmet *A* spôsobil zmenu predmetu *B*, t. j. len čo vznikol účinok, prestal aktívny vzťah *A* ku *B*, t. j. *A* prestalo byť príčinou vzhľadom na *B* a preto môžeme povedať, že keď vzniká účinok, zaniká príčina.⁴ Každá substancia je stále v *určitom* smere príčinou alebo čiastočnou príčinou.

Keďže zapríčiňujúci predmet *A* je aktívny, vplýva na predmet *B*, musí byť aj on vzhľadom na *A* pasívny. V opačnom prípade by *B* už mal vlastnosti, ktoré má dostať od *A*, čo nie je možné. Z toho nasleduje, že v účinku nemôže byť viac ako v príčine (lebo vtedy by to predmet *B* nemal od predmetu *A*), ale nemôže byť ani menej (lebo vtedy by príčina nezapríčiňovala, nebola by príčinou; v predmete *B* môže byť menej ako v celom predmete *A*, ktorý zo skúmaného hľadiska nie je

³ T. Hobbes, *Grundzüge der Philosophie I, Lehre vom Körper*, Leipzig 1915, 100 a n; Ch. Sigwart, *Logik II*, Tübingen 1924, 142 a n.

⁴ N. Hartmann, *Philosophie der Natur*, Berlin 1950, 326.

celý príčinou). Z toho nasleduje, že príčina sa celá prejavuje v účinku a celý účinok je prejavom príčiny, teda že príčina prechádza v účinok. To znamená, že „v príčine nemáme nič iné ako v účinku.“⁵ Z tohto hľadiska príčina sa rovná účinku,⁶ účinok preberá dokonalosť, aktivitu príčiny, ktorá sa celá premení v účinok. Tým, že vznikne účinok, t. j. že predmet *B* nadobudne dokonalosť, ktorou *A* uskutočnil zmenu na *B*, aj predmet *B* sa môže stať príčinou ďalších účinkov, zmien na ďalších predmetoch; tým sa predmet *B* stáva sprostredkujúcim členom medzi prvou príčinou a ďalším účinkom *D*. Predmet *B* je vzhľadom na *A* účinkom a vzhľadom na *D* príčinou. To isté platí aj o *D*, ktoré je príčinou vzhľadom na nejaký predmet *E* atď. Tak dostávame celý rad príčin a účinkov. Musíme skúmať povahu tohto radu. Keďže predmet *A* sa dostáva do radu len tým, že má určitú dokonalosť, vlastnosť, že je určitým smerom činný, predmet *B* zasa len tým, že sa na ňom robí nejaká zmena, nebudeme do radu dávať celé predmety *A*, *B*..., ale len tie ich aspekty, ktorými sa zúčastňujú kauzálneho vzťahu. Tieto aspekty predmetov *A*, *B* budeme označovať *a*, *b*..., pričom *a* je časťou predmetu *A* atď. Rad *a*, *b*... nemá ani prvý ani posledný člen. Keby rad mal prvého člena, jestvoval by účinok bez príčiny a keby mal posledného člena, jestvovala by príčina bez účinku. To nás vedie k predstave nekonečného sveta, t. j. k nutnosti dívať sa na svet ako na niečo nezničiteľné, čo sa mení, jedno v druhé prechádza, ale sa nestráca. Označme rad, do ktorého patrí *a*, *b*... a ktorý budeme volať *kauzálnym radom* Ser_c . Kauzálny rad je utvorený vzťahom R_c , t. j. vzťahom medzi príčinou a účinkom. To, že *a* patrí do Ser_c , označujeme $a \in Ser_c$. Z povedaného nasleduje platnosť vety

$$(a) a \in Ser_c \rightarrow (Eb) b \in Ser_c, \quad (4.1)$$

podľa ktorej z toho, že ľubovoľná časť ľubovoľného predmetu *A* patrí do Ser_c (že je príčinou alebo účinkom) nasleduje, že musí jestvovať nejaký predmet *B*, ktorý patrí do Ser_c . Z (4.1) nasleduje, že nemá zmyslu uvažovať *a*, *b*... v ich izolovanosti. Má zmysel hovoriť len o $R_c(a, b)$. Ale aj o $R_c(a, b)$ platí veta (4.1) takže dostávame

$$(a) (b) R_c(a, b) \rightarrow (Ed) R_c(b, d) \ \& \ (Ee) R_c(e, a), \quad (4.2)$$

v čom môžeme pokračovať. Zovšeobecnením vety (4.2) dostaneme vety

$$D R_c C \sqsubset R_c, \quad (4.3)$$

$$\sqsubset R_c C D R_c, \quad (4.4)$$

z ktorých prvá hovorí, že Ser_c nemá prvého člena a druhá hovorí, že Ser_c nemá posledného člena.⁷

Vieme, že ak *a* je prvkom radu Ser_c a ak *a* je príčinou *b*, tak aj *b* bude prvkom Ser_c , teda

$$a \in Ser_c \ \& \ R_c(a, b) \rightarrow b \in Ser_c, \quad (4.5)$$

⁵ G. W. F. Hegel, c. d., 192.

⁶ Túto vetu nachádzame u R. Meyera, ktorý ju vyvodzoval z vety, že z ničoho sa nič nestáva a niečo sa nemení v nič. O tieto vety sa opieral pri formulovaní princípu zachovania sily (energie).

⁷ Pozri V. Filkorn, *Metóda vedy*, 81 a n.

to znamená, že Ser_c je vzhľadom na R_c uzavretá a preto R_c môžeme chápať ako operáciu na a , teda ako $b = R_c(a)$. Keďže Ser_c spĺňa podmienky kladené na systém, a to najmä podmienku vyslovenú vetou

$$a \in M \ \& \ R_c(a, b) \rightarrow (b \in M \rightarrow M \in S),$$

bude platiť $Ser_c \in S$, t. j. Ser_c bude prvkom triedy systémov, bude teda systémom. Tento systém však nebudeme volať kauzálnym systémom (tento termín ponecháme na označenie niečoho iného), ale len kauzálnym radom. Z tohto hľadiska jedna z úloh kauzálnej logiky spočíva v určení pravidiel, pomocou ktorých sa pre danú zmenu a hľadá príslušný kauzálny rad alebo aspoň sa hľadajú zmeny d a e podľa vety (4.2), po prípade sa hľadajú všetky alebo niektoré rady, do ktorých môže patriť zmena a , alebo sa hľadajú rady, do ktorých patrí daný kauzálny rad. Vzťah $R_c(a, b)$, ktorým sa opisuje, že a je príčinou b a vzťah $R_c(a_1, a_2, \dots, a_n, b)$, ktorým sa opisuje, že čiastočné príčiny $a_1, \dots, a_n$ sú príčinou účinku b , sú atómové kauzálne vzťahy. Vzťahy tvaru $R_c(a, b) \ \& \ (Ed) \ R_c(b, d)$, v ktorých zadný člen jedného kauzálneho vzťahu sa stane predným členom iného kauzálneho vzťahu, voláme molekulové kauzálne vzťahy.

Vetu (4.5) môžeme zovšeobecniť a dostaneme

$$a, b, \dots, n \in Ser_c \ \& \ R_c((a, b, \dots, n), k) \rightarrow k \in Ser_c, \quad (4.6)$$

$$k \in Ser_c \ \& \ R_c((a, b, \dots, n), k) \rightarrow a, b, \dots, n \in Ser_c, \quad (4.7)$$

$$a, b, \dots, n \in Ser_c \rightarrow a \in Ser_c \ \& \ b \in Ser_c \ \& \ \dots \ \& \ n \in Ser_c. \quad (4.8)$$

Z toho, že v účinku je len toľko, čo v príčine, nasleduje, že účinok je v určitom zmysle *ekvivalentný* s príčinou. Táto ekvivalencia sa, ako ešte uvidíme, nedotýka ľubovoľnej vlastnosti, ale len pohybov (čím sa napr. guľa A rýchlejšie pohybuje a narazí na guľu B , tým sa bude aj guľa B rýchlejšie pohybovať). Túto ekvivalenciu medzi pohybmi (medzi „dynamikami“) budeme označovať $\equiv_c$ a volať kauzálnou ekvivalenciou. Platí potom

$$R_c(a, b) \rightarrow a \equiv_c b, \quad (4.9)$$

$$R_c(a, b) \ \& \ R_c(b, d) \rightarrow a \equiv_c d, \quad (4.10)$$

$$R_c((a, b, \dots, n), k) \rightarrow (a, b, \dots, n) \equiv_c k. \quad (4.11)$$

Z toho, že R_c je asymetrický, nasleduje

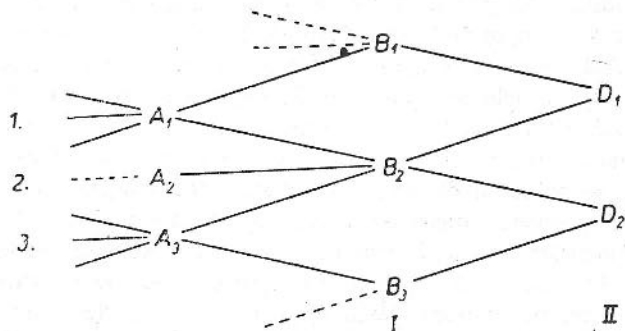
$$R_c(a, b) \rightarrow a \neq_c b. \quad (4.12)$$

S kauzálnou ekvivalenciou musíme narábať veľmi opatrne, a to z niekoľkých dôvodov. Účinok a príčiny sú ekvivalentné len čo do schopnosti; z iných hľadísk sú asymetrické (príčina zapríčiňuje účinok, ale nie naopak). To znamená, že v príčinnom vzťahu sa z rôznych hľadísk kumulujú aj symetrické (z ekvivalencie vyplývajúce) aj asymetrické (z jednosmernosti plynúce) vlastnosti. Okrem toho kauzálna ekvivalencia sa neustále mení. Ak nejaký účinok b_1 je spôsobený tromi príčinami a_1, a_2, a_3 , tak platí $(a_1, a_2, a_3) \equiv_c b_1$. Z jednoty sveta nasleduje, že nemôžeme nikdy prekaziť, aby ku a_1, a_2, a_3 v nasledujúcom okamihu nepribudla ďalšia čiastočná príčina a_4 , čím dostaneme $(a_1, \dots, a_4) \equiv_c b_2$, pričom samozrejme $b_1 \neq_c b_2$. Každou z týchto ekvivalencií sa určuje vždy nejaká vlastnosť. Hoci sa tieto ekvivalencie neustále menia, nemôžu sa, ako ešte neskôršie uvidíme, meniť úplne. Z druhej hlavnej vety o relatívne izolovaných systémoch (S_{ir}) odvodíme,

že všetky Ser_c sú charakterizované určitým stupňom nevariability a teda ekvivalencie, v oblasti ktorej však nič nie je ekvivalentné. Touto ekvivalenciou sa vyjadria vlastnosti celých oblastí.

Veľmi jednoduchá je situácia v symetrických Ser_c , t. j. v takých Ser_c , kde sa nemení množstvo pôsobiacich čiastočných príčin. V nich môžeme kauzálnu ekvivalenciu interpretovať ako prenášanie tej istej energie, pohybu, zmeny, v kauzálnom rade z jedného člena na druhého a preto hoci a a d sú rovnocenné, nie sú nahraditeľné, lebo ak jestvuje a , ešte nejestvuje d a ak jestvuje d , už nejestvuje a .

Ak by sme takto chápaný príčinný vzťah považovali za najvšeobecnejší princíp vysvetľovania vo vede, tak by sme zo zovšeobecnenia vety (4.10) dostali vetu (a) (b) (d) ... (v) (u) $R_c(a, b) \& R_c(b, d) \& \dots \& R_c(v, u) \rightarrow a \equiv_c u$, (4.13) čím sa vyjadruje uniformita kauzálného radu. Rozlišujeme jednoduchú (elementárnu) a zložitú (komplexnú) uniformitu. Jednoduchá uniformita je v takom Ser_c , v ktorom každý účinok je zapríčinený len jednou príčinou. Zložitá uniformita je v takom Ser_c , v ktorom každý účinok je zapríčinený väčším množstvom čiastočných príčin, po prípade je v takom Ser_c , ktorý spája viac Ser_c . Majme tri Ser_c 1, 2, 3.



Fotom stav I je ekvivalentný so stavom II, budúcnosť je ekvivalentná s prítomnosťou. Táto ekvivalencia sa dá však porovnať len s rovnakým tempom prúdu, toku rieky, teda s rovnomernosťou pohybu, v ktorom môže síce platiť $a \equiv_c b \equiv_c d \dots$, ale nemôže platiť $a = b = d \dots$, ani nemôže platiť $a = a, b = b, \dots$ V pohybe nikdy nie je ani a ani $b \dots$ izolovane chápané, ale sú len prechody od nie a ku a a od a ku nie a , pričom a je len z hľadiska pohybu vonkajškovo fixovaný moment.

Keď vetu (4.13) rozšírime na celú skutočnosť, dostaneme jednu z tých metafyzického materializmu, vetu o uniformnom chode prírody. Aby táto veta mala zmysel, museli by sme pripustiť, že svet sa skladá len z rôznych kombinácií základných príčin, alebo presnejšie hovoriac, pretože svet by bol kombináciou základných príčin, ktoré ako nemenné stavebné kamene už nepodliehajú zmenám (nie sú účinky⁸ a v tom smere nevstupujú do príčinných radov), preto je vo svete

⁸ „Všetky javy, ktoré začínajú jestvovať, t. j. všetky s výnimkou prvotných príčin,

možná uniformita a či opakovateľnosť. Keby základné kamene, dnes napr. elementárne častice, nemali len jeden spôsob existencie, ale keby sa aj oni mohli meniť, keby teda ich počet a kvalita boli premenné, vo svete by jestvovala neohraničená variabilita a o uniformite by sa nedalo hovoriť ako o charakteristike samej skutočnosti, ale len ako o aproximácii. Vedy jednoznačne poukazujú na túto druhú možnosť. Metodologicky môžeme princíp uniformity oslabiť aj tým, že prítomné a budúce stavy vesmíru nespájame komplexným vzťahom ekvivalencie, ale všeobecnejším vzťahom funkcie, ktorá, hoci odstraňuje uniformitu, umožňuje predvídanie. Prítomné a budúce stavy vesmíru by sa rovnali napr. bodom pospájaným nejakou funkciou. Boli by napr. podobné pomerom, aké vládnu v organickej chémii, kde v parafinovom rade zlúčenín nie sú žiadne dva členy radu ekvivalentné a predsa vieme z poznaných vlastností jedných členov radu určiť vlastnosti iných členov radu, alebo podobné pomerom v periodickej sústave prvkov.

Všetci teoretici a metodológovia považujú kauzálny vzťah za časový. Mnohí z toho uzatvárajú, že pomocou príčinného vzťahu sa dá definovať aj časový vzťah prv — potom. „Ak b je účinok príčiny a , tak b je neskoršie ako a .“⁹ Podľa toho by kauzálny rad bol usporiadaný radmi $a < b < d < \dots < \dots$. Proti možnosti definovať časový vzťah kauzálnym vzťahom boli vznesené námietky, ktoré sa dajú formulovať asi takto. Ak príčina je prv ako účinok, tak musí jestvovať určitý časový interval, v ktorom príčina už nejestvuje a účinok ešte nejestvuje. Vtedy by však účinok nebol zapríčinený spomínanou príčinou, ale buď nejakou inou príčinou (o ktorej, ak by bola prv ako účinok, by platilo to isté), alebo by vznikol z ničoho. Ak príčina je dostatočnou podmienkou, tak je nepochopiteľné, prečo by príčina jestvovala a účinok ešte nie. Vznik účinku by sme si mohli potom vysvetliť len tak, že pribudla ďalšia podmienka, ktorá umožnila začatie existencie účinku a že teda pôvodná dostatočná podmienka nebola dostatočná. Iní, aby sa vyhlili týmito ťažkosťami, tvrdia, že príčina je súčasne s účinkom, t. j. účinok vzniká súčasne vtedy, keď sú všetky podmienky splnené, teda keď vzniká príčina. No i toto chápanie má nedostatky. Nech $a, b, d, \dots, k \in \text{Ser}_c$ tak, že $R_c(a, b)$, $R_c(b, d), \dots$. Potom ak a je súčasne s b , b súčasne s $d \dots$, súčasne s k , kauzálny rad prestáva byť časový a čas sa stráca z dynamiky. Ťažkosti oboch koncepcií nás nútia zmeniť názor na kauzálny rad a vzťah ako aj na čas.

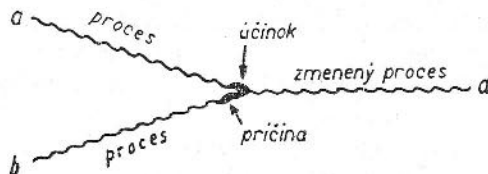
Pri tej príležitosti opustíme substanciálnu teóriu. Opustili sme ju vlastne už vtedy, keď sme miesto celých predmetov $A, B, \dots$ uvažovali len tie časti $a, b, \dots$, ktorými priamo vstupujú do kauzálnych vzťahov a radov. Sám pojem substancie sa dá definovať aj pomocou dynamickej koncepcie kauzality, kde však stráca absolútny charakter.¹⁰

sú... účinky spomínaných prvotných javov alebo ich kombinácie.“ J. S. Mill, *System der deductiven und inductiven Logik* I, 431. Vari tú istú okolnosť vyjadril Laplace tak, že „všetky účinky prírody sú len matematické výsledky malého počtu nemenných zákonov.“ *Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit* (Oswald's Klassiker, 156).

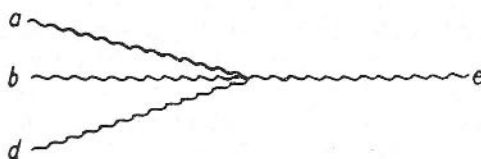
⁹ H. Reichenbach, *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlin 1928, 161.

¹⁰ Substanciu môžeme definovať ako jednotu procesu alebo jednotu jeho momentov. Vec môžeme považovať za jednotu procesov, ktoré podliehajú určitým, relatívne stálym podmienkam (napr. za jednotu procesov lokalizovaných do určitej časti časo-

Základný pojem dynamickej alebo dialektickej koncepcie je pojem pohybu, procesu,¹¹ v ktorom, ak ho berieme izolovane, ešte nemusí byť obsiahnutý pojem príčiny. Veď podľa zákona zotrvačnosti teleso bez pôsobenia vonkajších síl (vonkajších príčin) by sa pohybovalo neustále rovnomerne priamočiarno. Vonkajší zásah „len“ mení tento pohybový stav (proces). Podobne je to aj v iných prípadoch. Pomocou abstrakcie a izolácie dôjdeme k procesom, systémom, na ktoré za určitý čas „nič“ nepôsobí, takže žijú svojím „vlastným“ životom. Napr. ľudské telo izolované od okolia sa vyznačuje aj bez vonkajšieho zásahu množstvom vnútorných diferencovaných procesov, dynamikou. Čas sa definuje už pomocou diferenciácie týchto procesov. Udalosti sú momenty samého vnútorného procesu. Každá diferencovateľná stránka procesu sa môže chápať ako udalosť. Tým sa však pojem udalosti nevyčerpáva. Medzi udalosti patrí aj príčina aj účinok, čo si objasníme na príklade. Majme určitý proces *a* (pohyb telesa *A* v priestore, v ktorom nie je gravitačné pole). Majme ďalší proces *b* (k telesu *A* sa blíži teleso *B*). Teleso *B* ako vonkajší činiteľ zasiahne do chodu telesa *A* a zmení jeho smer. Príčina bude posledná časť procesu *b*,¹² ktorý sa stretne s procesom *a*. Účinok bude prvá časť nového a vzhľadom na *a* a *b* zmeneného procesu *d*.



Z toho nasleduje, že príčinný vzťah je aj v tomto najjednoduchšom prípade trojčlenný vzťah $R_c(a, b, d)$. Bežnejší prípad nastane, keď na *a* pôsobí viac procesov (dejav) *b*, *d*, a vznikne zmenený dej *e*.



$R_c((a, b, d), e)$.

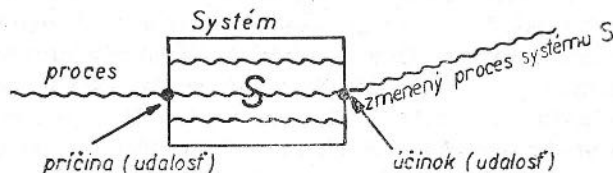
Keďže účinok sa prejavuje ako zmenený dej, môžeme povedať, že príčina je pred účinkom, takže časový vzťah môžeme využiť pri určovaní kauzálneho vzťahu a potom by mala význam aj spomínaná Reichenbachova veta. Podstatné na tom

priestoru). Pojem veci sa nedá správne chápať bez pojmu procesu, zmeny a nie naopak, ako myslel Sigwart, c. d., II, 180.

¹¹ „Dnes leží pred nami celá príroda ako systém súvislostí a procesov...“ Fr. Engels, c. d., 170.

¹² Alebo posledná hodnota, ktorú nadobudne proces *b*, kým sa stretne s určitou hodnotou procesu *a*.

však je to, že vonkajší zásah a jeho bezprostredná, teda posledná časť — príčina je vždy zásah do niečoho (do behu, života, deja a). Toto a však v prírode nikdy nebýva jednoduché, ale je zložitým komplexom procesov (napr. ľudské telo), t. j. zložitým systémom S , ktorý meníme tým, že ho zvonka zasiahneme a túto zmenu procesu voláme účinkom. Dostaneme tak schému



Kauzálny vzťah sa tak stáva vzťahom medzi systémom S procesov a procesom, ktorý je systému S vonkajší. Preto pojem vzťahu „príčina — účinok“ je systémovým pojmom. Preto, keď hovoríme o príčine, môžeme o nej hovoriť len z hľadiska určitého systému. Preto kauzálny vzťah bude mať formu $R_c((S, b, d), e)$ alebo $R_c((S_a, b, d), S_e)$, čo čítame: systém S_a , t. j. systém v stave a pod vplyvom príčin b a d ¹³ prejde v zmenený systém S_e , alebo v systém majúci stav e .

Určitý proces sa môže stať príčinou len z hľadiska určitého systému. Keby sa dve gule pohybovali paralelne v priestore bez gravitačného poľa, nikdy by sa nemuseli stať príčinami zmien svojho pohybu. Keď zmeníme systém S , tak proces a môže prestať byť príčinou, nemusí nastať účinok a pod.¹⁴ Procesy (deje, aktívne substancie) sa rôznym spôsobom stretávajú, na seba narážajú, do seba zasahujú, na seba nadväzujú a tak spôsobujú zmeny. No ani zmenené procesy, udalosti sa nemôžu rozvinúť v celé samostatné autonómne procesy, lebo sú, hneď ako vznikli, vystavené ďalším vonkajším vplyvom, ktoré ich ďalej menia atď. Z toho hľadiska sa na svet môžeme dívať ako na množstvo pôsobení, vplyvov, križovatiek dejov. A ak si v tomto množstve pôsobení, v tejto obrovskej križovatke a všestranného, všesmerného vplývania všimame len jednosmerné a jednostranné pôsobenie jedného na druhé, tak hovoríme, že jedna udalosť je príčinou druhej. Z tejto jednostrannosti kauzálneho pohľadu však nenasleduje, že by jestvoval konkrétny proces, ktorý by nebol kauzálne podmienený, naopak, je stvárný vplyvmi iných procesov a on sám stvární iné procesy. Keď sa raz proces (dej) zmení, je z hľadiska ďalších dejov, na ktoré pôsobí a ktoré mení, nie zmenou ale samostatným procesom. Konkrétna *tvárnosť* procesu je výsledok predchádzajúcich procesov, ktoré na daný proces pôsobili. Vlastnosti vecí sa kauzálne definujú ako forma procesov zjednotených v systéme. Bytie je *také*, do akých okolností sa dostane, aké príčiny naň pôsobia.¹⁵ Povaha procesov, pohy-

¹³ Nesmieme zabúdať, že aj príčiny b, d sú prejavy alebo procesy systémov S_b, S_d .

¹⁴ Týmito okolnosťami vlastne vyjadrujeme len dynamický a vzťahový charakter pojmu príčiny. Tento charakter nadobúda inú formu vtedy, keď sa v ňom mení aspoň jeden člen.

¹⁵ D. B o h m, *Causality and chance in modern physics*, London 1958, 15.

bov, systémov nie je teda určená nejakou ideou, ale okolnosťami, vplyvmi, ktoré ich stvárnil¹⁶ a ktoré ich môžu meniť.

Z toho môžeme uzatvárať, že príčinný vzťah je buď prejav, alebo forma, buď nutná okolnosť činnosti, aktivity (pohybov, dejov). Príčinný vzťah ako vyjadrenie určitých stránok vzťahov medzi pohybami prestáva byť tak základným vzťahom a jeho odraz vo vedomí základným pojmom. Základným sa stáva pojem procesu, pohybu, pomocou ktorého sa definuje pojem príčinného vzťahu.¹⁷

Takto definovaný pojem príčiny sa nemôže stotožniť s pojmom nutnej alebo dostatočnej podmienky. S nutnou a dostatočnou podmienkou sa stretávame aj pri skúmaní statických geometrických vzťahov. Príčina je faktor nutný alebo dostatočný na to, aby sa ním v dynamickom systéme¹⁸ niečo zničilo a niečo nového v ňom utvorilo; je aktívny zásah, ktorý narúša staré vlastnosti, jednotu a rovnováhu systému a produkuje novú jednotu a nové vlastnosti systému. Príčina je tvoriaci (meniaci) reálny faktor, t. j. je nutný alebo dostatočný faktor účinku z hľadiska nejakého dynamického systému. Je buď dostatočnou podmienkou zmeny pohybu, deja, alebo len doplnkovým faktorom, ktorým S_a prejde v S_b a bez ktorého by S_a neprešlo v S_b .

Ak príčinný vzťah je systémový, tak sa musíme pýtať na povahu systému, o ktorom sa hovorí v príčinnom vzťahu. Z hľadiska vonkajšieho jednosmerného vplyvu rozoznávame tri druhy systémov. *Systémy (úplne) izolované*, relatívne izolované a neizolované. Úplne izolovaný je taký systém, na ktorý nevlýva ani jeden (vonkajší) faktor. Také systémy sa dajú vytvoriť len umele, na veľmi krátku dobu a len aproximatívne. *Relatívne izolovaný* je taký systém, na ktorý vplýva určitý (presný) počet vonkajších faktorov a od ostatných faktorov je izolovaný, alebo ktorý reaguje len na určité vonkajšie vplyvy, a to presne určeným spôsobom, pričom sám systém na vonkajšie faktory nepôsobí. Izoláciu obsiahnutú v relatívne izolovanom systéme (v S_{ir}) môžeme tak chápať, že systém de facto izolujeme od vonkajšieho prostredia a necháme na systém pôsobiť len určitý počet faktorov. Môžeme ju však aj tak chápať, že systém neizolujeme, ale využijeme tú okolnosť, že systém sa nemení každým zásahom každého vonkajšieho činiteľa, ale buď len trvalými zásahmi, alebo len zásahom určitých faktorov, teda využijeme tú okolnosť, že systémy sú svojou povahou od určitých vplyvov imúnne.¹⁹ Nie každý vonkajší vplyv stvárni a zmení, alebo môže zmeniť vnútro každého systému. Jeden z cieľov kauzálnej logiky je určiť tie faktory, na ktoré systém určitých dynamických vlastností reaguje, alebo tie, ktoré menia vnútro sys-

¹⁶ Povaha je vyjadrením toho, ako sa jeden proces správa v spojitosti s inými procesmi.

¹⁷ Tým sa líši naše hľadisko od laplaceovského kauzálneho determinizmu, podľa ktorého sa svetový proces stotožňuje s jednosmernou a jednostrannou kauzalitou. „Prítomný stav vesmíru je účinok prvého a príčina nasledovného stavu.“ Laplace, c. d., 1. To znamená, že Laplace chtiac-nechtiac považuje kauzálne hľadisko spojené s vtedajšou (matematickou) analýzou za vyčerpávajúce.

¹⁸ Okolnosť, že ide o dynamický systém, je tu podstatná.

¹⁹ Pri pokusoch využívame všetky spomínané okolnosti.

tému, t. j. objaviť faktory, ktoré sú z hľadiska povahy systému nutné.²⁰ Z povahy S_{ir} nasleduje, že ak jestvuje S_{ir} , musí jestvovať niečo, čo do neho nepatrí, čo nie je jeho vlastné, čo mu je vonkajšie a od čoho je oddelený. Túto oddelenosť môžeme chápať aj tak, že *jestvujú* určité faktory, ktoré nemôžu byť príčinou niektorých zmien javov. Konečná rýchlosť šírenia sa vplyvov a zmien je zárukou takých izolovaných celkov. Ak v určitej oblasti nastávajú určité zmeny, tak na ne nemôžu mať vplyv faktory, ktoré sú tak vzdialené od oblasti, že ich vplyv, hoci sa začal šíriť ešte pred spomínanými zmenami, došiel k oblasti až po zmenách a tak už môže vplývať len na neskoršie zmeny.

Ak jestvuje *neizolovaný* systém, tak sa v hraniciach danej oblasti z toho nedá uzatvárať na existenciu niečoho, čo do neho nepatrí, t. j. na vonkajšie vplyvy. Ak sú tieto vplyvy v danej oblasti, tvoria súčiastku systému a prestávajú byť jednosmernými vonkajšími vplyvmi. Na neizolovaný systém nič jednostranne nevplyva, *všetko* do neho patrí. Taký systém vyčerpáva danú oblasť (alebo množinu oblastí) a preto z jeho hľadiska nejestvujú v pravom slova zmysle príčiny v danej oblasti. Vo vnútri dynamického systému nevystačíme s jednostrannou kauzalitou. Ak dynamický systém je dynamická množina majúca aspoň dva presným spôsobom vzájomne pôsobiť a ešte iným spôsobom sa ovplyvňovať. Pojem príčiny má teda zmysel len z hľadiska S_{ir} . Kauzálna logika sa tak stáva teóriou chovania sa S_{ir} .

Teóriu S_{ir} môžeme preto volať kauzálnou logikou, lebo táto teória je podmienkou a metodologickou formou každej experimentálnej vedy. To, že kauzalita sa môže dotýkať len relatívne izolovaných systémov, vedelo sa už dávnejšie. Tento poznatok je implicitne obsiahnutý v druhom Newtonovom pravidle, podľa ktorého rovnaké príčiny majú rovnaké účinky. Predpoklad rovnakých príčin sa môže totiž realizovať len za predpokladu, že skúmaný systém je čiastočne *vytrhnutý* z celosvetového prúdu. Celkom jasne vyjadril túto podmienku Hegel²¹, Engels²² a Lenin.²³ No systematická analýza relatívne izolovaných systémov sa začala vlastne až v našom období,²⁴ a aj to je ešte čiastočne zatažené mimo-vedeckými, pozitivistickými tendenciami. Podstatný rozdiel medzi týmito koncepciami a koncepciou, ktorá sa rozpracúva v tejto štúdii, spočíva v tom, že iné koncepcie v základe redukujú kauzalitu na funkčný vzťah, teda na jednoznačné

²⁰ Vo fyzike je častejšie bežná iná terminológia, majúca na zreteli sledovaný účinok. Faktory, ktoré sú z hľadiska sledovanej zmeny systému nutné, považujú sa za súčiastky samého systému. Kauzalita sa dotýka až takéhoto systému, ktorý potom samozrejme musí byť už izolovaný a *úplný*. Potom hľadať príčiny znamená doplniť neúplný systém inými systémami alebo fragmentami prírody (príčinami), až dôjdeme k úplnému celku (L. Silberstein, *Causality*, London 1933, VII. Porovnaj D. I. Blochincev, *Základy kvantovej mechaniky*, Praha 1956, 504.

²¹ G. W. F. Hegel, c. d., 202 a n.

²² Fr. Engels, c. d., 195 a n.

²³ V. I. Lenin, *Filosofické sešity*, 129 a n.; *Materializmus a empiriokriticizmus*, Bratislava 1957, 133 a n.

²⁴ Ide tu o spomínané práce Greniewského. Porovnaj S. Goldman, *Teoriju informacii*, Moskva 1957, 338.

priradenie, kým tu sa kauzalita chápe ako nutná okolnosť *dynamických* systémov, totiž ako závislosť medzi dynamikami. Táto obsahová rôznosť sa prejavuje aj „formálne“ pri budovaní axiomatik, a pri určovaní postupových pravidiel.

Podáme aspoň hlavné myšlienky o povahe S_{ir} a jeho vlastnostiach, keďže to budeme potrebovať pre určenie pravidiel hľadania príčin.

S_{ir} je dynamický systém, t. j. komplex, jednota pohybov vystavených vonkajším zásahom. Už vieme, že nie hocičo môže vplyvať na systémy, t. j. S_{ir} nie je otvorený ľubovoľnému zásahu, čiže S_{ir} nie je celý otvorený. Treba tomu aj tak rozumieť, že určité vplyvy sú do určitej miery pre skúmanie určitých javov, vlastností S_{ir} irrelevantné. To, čo v systéme odpovedá možnosti vplyvu na systém, t. j. „miesto“, ktorým je systém otvorený pre vonkajší vplyv, alebo relevantná okolnosť, ktorou je S_{ir} vystavený vonkajšiemu vplyvu, volá sa *vchod* systému. Na systém môže súčasne pôsobiť jeden alebo viac vplyvov, t. j. S_{ir} môže mať jeden alebo viac vchodov. Výsledok vplyvu alebo vplyvov sa môže v systéme prejaviť jedným alebo súčasne viac spôsobmi, t. j. S_{ir} má jeden alebo viac východov. Vchod a východ môže mať najmenej dve hodnoty (niečo vchodom na S_{ir} pôsobí, na vchode nastáva zmena, vchod je otvorený, má hodnotu 1) alebo vchodom na S_{ir} nič nepôsobí (vchod je uzavretý, má hodnotu 0),²⁵ no obyčajne má viac hodnôt.²⁶ Nejaký faktor môže pôsobiť intenzívnejšie alebo menej intenzívne, pričom hodnoty vyjadrujúce stupeň intenzity môžeme usporiadať buď topologicky alebo metricky. S_{ir} , v ktorých ak vchod má dve hodnoty, aj východ má dve hodnoty, v ktorých ak hodnoty vchodu sú metricky skúmané, aj hodnoty východov môžu byť metricky skúmané, slovom S_{ir} , v ktorých obory hodnôt vchodov a východov sú izomorfné, budeme volať symetrickými. Symetrické S_{ir} sú z hľadiska experimentu najjednoduchšie, ale nie najpoužívanejšie. Metodologicky najzaujímavejšie sú S_{ir} , ktoré majú n vchodov a jeden východ.

Pretože S_{ir} sú dynamické, časová stránka je v nich podstatná. Preto v nich vplyv na S_{ir} nesmie byť neskorší ako reakcia S_{ir} , t. j. ako výsledok vplyvu, čiže zmena na východe sa nesmie stať prv ako zmena na vchode. Preto keď hovoríme, že vchod a východ majú určitú hodnotu, musíme uviesť čas, v ktorom majú túto hodnotu. V určitom časovom momente vchod a východ môžu mať len jednu hodnotu, ktorá sa môže meniť zmenou času. Situácia (stav) na vchode (a to isté platí aj o východe) je teda funkciou času, preto keď hovoríme o stavoch na vchode a východe, tak hovoríme o dvoch funkciách.

Po týchto poznámkach môžeme vysloviť prvú *hlavnú* vetu o S_{ir} : zmena S_{ir} , t. j. zmena na východe systému je závislá od zmeny vchodu S_{ir} , z čoho nasleduje, že zmena na východe systému je funkciou zmeny na vchode systému.²⁷ Hlavná veta

²⁵ Preto funkcia, ktorou sa vyjadrí situácia na vchode a východe, nech je už hodnota času akákoľvek, môže mať len dve hodnoty, t. j. funkcia na vchode a východe priradzuje hodnote času buď hodnotu 0 alebo hodnotu 1.

²⁶ V tomto prípade funkcia na vchode alebo východe priradzuje hodnote času jednu z viac uvedených hodnôt.

²⁷ Zo závislosti, ktorá je nutnou sprievodnou okolnosťou stretávania sa viac procesov, odvodzujeme funkčnosť, ktorá je nutnou formou závislosti. U pozitivistov je to

sa dá dokázať nasledovne. Zmena na východe môže závisieť buď od okolia, alebo od samého systému, buď od ničoho, alebo od vplyvu na vchode. Ale nezávisí ani od okolia, ani od samého systému ani od ničoho. Teda závisí od vplyvu na vchode. Vrchná premisa sa zdá byť kompletnou disjunkciou. Spodnú premisu dokážeme per partes. Zmena na východe nezávisí od okolia, t. j. od niečoho, čo síce jestvuje, ale nevplyva na vchody, lebo vtedy by systém nebol S_{ir} , t. j. nebol by okrem vchodov izolovaný a úplný. Zmena na východe nezávisí ani od samého systému. O tom sa presvedčíme na kontrolnej skupine,²⁸ ktorá je nutnou zložkou každého experimentu. Pri kontrolnej skupine nepôsobíme na vchody a skúmame, či nastane účinok. V normálnom prípade účinok nenastane. Ak by však v kontrolnej skupine nastal ten istý účinok ako v experimentálnej skupine, tak sa z toho vyvodí dôsledok, že vovedené vplyvy nie sú vplyvy na vchodoch, t. j. že sú irrelevantné. Ak si uvedomíme, že kontrolné skupiny sú také isté S_{ir} ako experimentálne skupiny a ak na kontrolných skupinách sa neobjavia zmeny, ktoré sa objavajú na experimentálnych skupinách, tak z toho uzatvárame, že zmena na východe experimentálnej skupiny nie je spôsobená samým S_{ir} . Používanie kontrolnej skupiny a teda aj sám experiment má len vtedy význam, keď platí veta, podľa ktorej rovnaké príčiny majú rovnaké účinky (alebo rôzne príčiny majú rôzne účinky). Keby rôzne príčiny mali tie isté účinky alebo naopak, kontrolná skupina a sám experiment by boli zbytočné. Túto vetu voláme *druhou hlavnou vetou* o S_{ir} a formulujeme ju takto

$$(R_c(a_1, b_1) \ \& \ (a_1 \equiv a_2)) \rightarrow (R_c(a_2, b_2) \rightarrow (b_1 \equiv b_2)). \quad (4.14)$$

Druhá hlavná veta vyjadruje *lokálnu* alebo kauzálnu opakovateľnosť, ktorú nesieme rozšíriť na celú skutočnosť, lebo vtedy by sme S_{ir} stotožnili s dynamic-kým systémom vôbec. Negácia druhej hlavnej vety by viedla k dôsledku, že dané príčiny by spôsobili ľubovoľné účinky a bola by analogická vete, podľa ktorej z nepravdivej vety nasleduje hocičo. Aj najradikálnejší konvencionalisti obmedzujú platnosť spomínanej negácie, ktorá by znemožňovala akýkoľvek poriadok, systém a predvídateľnosť a tým aj samu vedu, techniku a život.

Pomocou kontrolnej skupiny zisťujeme aj rozdiel medzi vývinom, procesom samého S_{ir} a zmenou vývinu. Deje, ktoré prebiehajú v kontrolnej skupine, sú procesy. Deje, ktoré prebiehajú v experimentálnej skupine (pod vplyvom vonkajších faktorov), sú zmeny, samozrejme, že len z hľadiska príčin, ktoré máme k dispozícii. Preto rozdiel medzi obidvoma druhmi pohybov je len relatívny. Jestvuje veľké množstvo vplyvov, ktoré sú vzhľadom na S_{ir} (chápaný časopriestorove) vonkajšie, ale sú trvalé (rovnako trvalé alebo trvalejšie ako sám S_{ir}) a preto ako jeho trvalé pozadie sa od neho nedajú experimentálne oddeliť, takže sme nútení ich zaradiť do samého systému, t. j. nepovažovať ich za zmeny ale procesy. A keďže pojem trvalého pozadia sa v daných hraniciach nedá experimentálne vymedziť, nie je vymedzený ani sám pojem S_{ir} . Pojem S_{ir} je vymedzený len relatívne pomocou a v medziach kontrolnej skupiny. Existencia kontrolnej skupiny

naopak. Pozitivistí odvodzujú kauzalitu (závislosť) z funkčnosti, alebo tieto dva pojmy identifikujú.

²⁸ Pozri stať *Formy experimentu*.

implikuje existenciu alebo postulát aspoň dvoch rovnakých S_{ir} , t. j. S_{ir} , ktoré majú rovnaký počet vchodov a východov a ktoré v rovnakých časových intervaloch nadobúdajú rovnaké hodnoty. Toto ďalej predpokladá opakovateľnosť, čo je v určitom súvisi s uniformným chodom všetkých alebo niektorých skupín S_{ir} . Tým sa vylučuje aj tretia možnosť, že totiž zmena na východe závisí od ničoho, že je teda akauzálna. V tom prípade by sme totiž nemohli ten istý experiment viackrát opakovať, látka, s ktorou robíme experiment, by sa nám ľubovoľne strácala, alebo by z ničoho vznikala, čo by viedlo k čistému chaosu.²⁹

Po vylúčení troch možností ostáva štvrtá možnosť, podľa ktorej zmena na východe alebo východoch S_{ir} závisí od zmeny na vchode alebo vchodoch S_{ir} . Príčina je zmena na vchode, od ktorej závisí zmena na východe. Potom môžeme povedať, že *účinnok* je funkciou príčiny v S_{ir} . Príčina je teda hodnota 1 nezávisle premennej (na vchode) S_{ir} . Účinnok je hodnota 1 závisle premennej S_{ir} , pričom funkcia, o ktorej je tu reč, nesmie byť konštantná, teda taká, ktorá má pri rôznych hodnotách nezávisle premennej tú istú hodnotu závisle premennej (napr. $f(x) = 1$).³⁰ Funkčný aspekt príčinného vzťahu môžeme vyjadriť tým, že povieme, že príčina je funkcia (ktorou sa vyjadri situácia na vchode), od ktorej závisí funkcia (ktorou sa vyjadri situácia na východe). Preto príčinný vzťah je závislosť (alebo z úzkeho spomínaného hľadiska — je funkciou) medzi dvoma funkciami. Ak pojem funkcie predpokladá pojem nezávisle premennej, tak funkcia je v úzkej súvislosti s izolovanosťou, lebo v opačnom prípade by sa nezávisle premenná stala závisle premennou.³¹

Prvá hlavná veta o S_{ir} sa volá aj vetou o lokálnom, alebo *kauzálnom determinizme*; musíme ju veľmi starostlivo odlišovať od vety vyjadrujúcej všeobecnejší a či dialektický determinizmus. Kauzálny determinizmus hovorí len o S_{ir} a nie o celej prírode. Samy S_{ir} sú však do istej miery abstrakciou, vytrhnutím, úryvkovitým a neúplným vyjadrením všestrannosti svetovej súvislosti.³² O každom systéme môžeme len aproximatívne tvrdiť, že je S_{ir} . Táto aproximácia sa stáva bližšou skutočnosti vtedy, keď systém sami tvoríme, lebo vtedy my určujeme množstvo vchodov a východov. No ani vtedy nesmieme zabudnúť, že konáme zaťažení stálym pozadím. Že S_{ir} je len aproximáciou, najlepšie vidíme z toho, že nejestvujú také dva experimenty, ktoré by dali ten istý výsledok, ako neskoršie uvidíme.

Z povahy a z cieľov kauzálnnej logiky vyjadrených aj druhou hlavnou vetou o S_{ir}

²⁹ Sme si vedomí, že rozlišovanie termínov procesu, pohybu a zmeny nie je najšťastnejšie, lebo veď pohyb je neustála zmena. Myslíme však, že čitateľ chápe, že nám ide o to, rozlíšiť to, čo voláme samopohybom vyplývajúcim z vnútornej dynamiky systému (predmetu) od formy pohybu navodenej vonkajším činiteľom. Z vnútornej pospájanosti javov sveta nasleduje, že toto rozlíšenie je len relatívne.

³⁰ S. Jaśkowski, On the modal and causal functions in symbolic logic, *Studia philosophica* IV (1951), 77.

³¹ Musíme ešte raz pripomenúť, že kauzalita má svoju funkčnú stránku, ale sa ňou nevyčerpáva. Kauzálny vzťah vyjadruje závislosť určitých vlastností medzi pohybami, t. j. závislosť v oblasti, kde neplatí totožnosť. Funkcia vyjadruje len priradenie.

³² V. I. Lenin, *Filosofické sešity*, 129.

plynie, že kauzálny vzťah je jednojednoznačný, že teda rôzne príčiny nemôžu mať ten istý účinok. Prípady, v ktorých rôzne zranenia spôsobujú „tú istú“ smrť, v ktorých rôznym spôsobom získavame „také isté“ teplo, sú len prejavom povrchnej analýzy. Rôzne zranenia spôsobujú rôzne smrti, rôznym spôsobom dostávame rôzne množstvá tepla, po prípade javy, v ktorých teplo je len súčiastkou, tak ako horúčka je len súčiastkou celkového patologického stavu, rôzneho podľa rôznych príčin. Nazdávame sa, že veda sa usiluje vždy dôjsť k takej vymedzenej množine javov, ktoré sa dajú vysvetliť len jednou (i keď zložitou) príčinou.³³ Bez tohto by sa veda nevyhla mnohoznačnosťami, ktoré pre ňu skrývajú veľké nebezpečia. Ak medzi príčinou a účinkom je jednojednoznačný vzťah, tak ku každému S_{ir} môžeme priradiť iný S_{ir} , ktorý je ku prvému duálny, ktorého vchody odpovedajú východom prvého S_{ir} a východy vchodom a v ktorom je zmenený časový smer. Ak prvý S_{ir} umožňuje z príčin vyvodzovať účinky, druhý z účinkov vyvodzuje príčiny.³⁴

Z hľadiska S_{ir} môžeme úlohy jednej časti kauzálnej logiky určiť asi nasledovne. Vychádzajúc z potrieb experimentovania a techniky treba v prvom rade skúmať okolnosti, za ktorých sa dajú dosiahnuť účinky žiadaných vlastností. Aby sme to mohli urobiť, musíme poznať nielen príčiny, ale aj S_{ir} a ich štruktúru, lebo keď taká istá príčina pôsobí na rôzne S_{ir} , vznikajú rôzne účinky. Aby sme zachovali všeobecnosť vety, podľa ktorej rovnaké príčiny majú rovnaké účinky, musíme aj sám S_{ir} zaradiť do pojmu príčiny. Príčina je vplyv na S_{ir} , spôsobujúci jeho zmenu, účinok je zmena S_{ir} .³⁵ Môžeme povedať, že S_{ir} transformuje príčinu v účinok, alebo že S_{ir} sa pod vplyvom príčiny transformuje v účinok.³⁶ Povaha S_{ir} sa vyjadrí transformáciou príčiny v účinok³⁷ (jeden S_{ir} mení svetlo v teplo, iný v elektrinu atď.). Ak je však daný S_{ir} (čiastočne už prv preskúmaný jeho kauzálnym chovaním sa, t. j. jeho reakciou na príčiny), treba preskúmať možné súvislosti medzi príčinou a účinkom, t. j. množinu vplyvov, ktoré môžu byť v danom S_{ir} príčinou a množinu pohybov, ktoré môže daný S_{ir} nadobudnúť vonkajšími vplyvmi. Ak je zasa daná závislosť medzi príčinou a účinkom, tak treba nájsť všetky S_{ir} , ktoré môžu túto závislosť spĺňať. To znamená, že sa

z príčiny a S_{ir} vyvodí účinok,

z účinku a S_{ir} vyvodí príčina,

z príčiny a účinku sa vyvodí S_{ir} ,

z S_{ir} sa vyvodí trieda možných príčin a účinkov a naopak.

³³ Leclerc du Sablon, *L'unité de la science*, Paris 1929, 45 a n.

³⁴ Je mysliteľná metodológia, v ktorej príčinný vzťah je jednoducho funkčný a nie jednojednoznačný (t. j. obojstranne funkčný). Vzniknuté mnohoznačnosti sa vo vede však vždy ohraničujú a tak sa približujú k jednojednoznačnosťami.

³⁵ Príčina je stimul, aktívnosť na vchode, alebo vstupný signál. V popredí nášho výskumu je príčinný vzťah. No nesmieme zabudnúť, že vzťahy samy nejstávajú, ale že vždy niečo je vo vzťahoch a že aj vždy sa niečo pohybuje.

³⁶ S. Goldman, c. d., 358.

³⁷ Inou terminológiou hovoríme, že vlastnosť predmetu sa určí tým, ako predmet na určité vplyvy reaguje, t. j. ako sa za určitých okolností správa.

Všetky tieto možné postupy rozvíjajú pojem príčiny a aby sme v danom prípade mohli čím spoľahlivejšie objaviť príčiny zmeny nejakého javu, musíme využiť vedomosti plynúce z výskumu všetkých uvedených možností, ktoré medzi sebou vzájomne súvisia.

2. SKÚMANIE KAUZÁLNYCH SYSTÉMOV

Pri skúmaní kauzálnych systémov je prvoradou úlohou rozriešiť problém hľadania príčin. Jemu venujeme v tejto časti najviac pozornosti.

Z pojmu príčiny, ako sme sa ho pokúsili rôznymi spôsobmi objasniť, plynie aj kritérium zisťovania príčiny, ktoré Mill vyjadril vo forme axiomy: „Každá okolnosť, ktorá sa dá odstrániť bez toho, že by to malo vplyv na jav, alebo za prítomnosti ktorej môžeme odstrániť jav, nie je s javom v kauzálnom súvisi.“³⁸ Toto kritérium treba doplniť z hľadiska systémového charakteru príčinného vzťahu tak, že každá okolnosť, ktorú môžeme odstrániť bez toho, že by to malo vplyv na hociktorý stav východu S_{ir} , nie je s daným S_{ir} kauzálne spätá. Spomínané kritérium musíme rozšíriť aj v pozitívnom zmysle tak, že okolnosti nielen odstraňujeme, ale aj vovádzame. Takto rozšírené kritérium potom nasledovne aplikujeme.

Vieme, že kauzálne vzťahy, sa týkajú zmien, napnutí a pod. Preto ak sa mení (alebo ak my meníme) nejaký jav, proces, predmet alebo systém, t. j. ak nastane zmena stavu na východe systému, hneď skúmame jeho okolie, t. j. procesy, ktoré vystupujú pred alebo súčasne so skúmanou zmenou javu alebo systému. V množine M_c procesov, javov alebo častí javu $a_1, a_2, \dots, a_n$, do ktorej patrí aj meniaci sa jav b a ktorú voláme aj množinou *možných* príčin účinku b , postupne vylučujeme alebo meníme jednotlivé procesy, javy $a_1, a_2, \dots, a_n$ (alebo meníme časti javu) a pozorujeme, či sa tým odstraňuje alebo mení b . Ak odstránime a_1 a tým sa odstráni aj b , tak a_1 je *nutnou* podmienkou a či čiastočnou príčinou zmeny b . To znamená, že vylučovacia metóda je metóda určovania čiastočných príčin, lebo keď z celkovej príčiny chýba čo len jedna čiastočná príčina, účinok nenastane. Inými slovami: vylučovacia metóda je metóda určovania nutných podmienok. Že a je nutná podmienka pre b , znamená, že len vtedy, keď nastane a , nastane b a že sa nemôže stať, aby b nastalo bez a . Okrem vylučovacej metódy uplatňujeme aj metódu vovádzania, ktorou do M_c vovádzame jednotlivé prvky $a_1, a_2, \dots, a_n$ a pozorujeme, čo sa deje na b . Ak postupne zavádzame po jednom $a_1, a_2, \dots, a_n$ a b sa nemení (na východe S_{ir} nenastáva zmena), tak z toho ešte nenásleduje, že b nie je v kauzálnom vzťahu s a_1 , alebo s $a_2, \dots$, alebo s a_n . a_1 môže byť čiastočnou príčinou zmeny b . Aby sme to objavili, musíme, najmä ak nedisponujeme prostriedkami vylučovacej metódy, prvky množiny $a_1, \dots, a_n$ zavádzať a meniť po dvojiciach a_{ijk} , trojiciach $a_{ijk}, \dots$, n -ticiach $a_{ijk} \dots n$ a pozorovať, či a čo sa deje na b . Keď zavedieme a_1, a_2 po jednom $\dots$, a b nenastane, ale keď zavedieme $a_{ijk} \dots n$ a b nastane, tak vieme, že príčiny $a_1 \dots a_j, a_k, a_n$ sú dostatočnou podmienkou pre b , lebo majú všetko, čo je nutné, aby vzniklo b . Potom vždy, keď vzniknú $a_1 \dots j, k, \dots, n$, vznikne aj b . Tým dostávame jasnú predstavu o kauzál-

³⁸ J. S. Mill, c. d., 487.

nych pomeroch v danej dynamickej množine.³⁹ Pri celom tomto postupe sa prv mlčky predpokladalo, že odstránením alebo v uvedením príčiny a_1 sa síce môže meniť b , ale sa nemenia $a_2, a_3, \dots, a_n$, t. j. že čiastočné príčiny tým, že sa účastnia tvorby účinku, sa vzájomne neovplyvňujú, že teda pôsobia len na účinok ale nie na seba. Neskôršie uvidíme, že tento predpoklad nie je pre experiment nevyhnutný.

Ťažkosti ostávajú pri hľadaní okolností, ktoré by mohli prichádzať do úvahy, t. j. pri určovaní kauzálnej množiny M_c , ktorú musíme vždy aspoň hypoteticky vymedziť. Táto okolnosť patrí k podmienkam exaktnosti experimentálnych vied. V opačnom prípade totiž by sme o nejakom prvku nevedeli, či patrí do M_c , nebrali by sme ho pri vylučujúcej alebo vovádzacej metóde do úvahy, čím by sa náš kauzálny výskum stal veľmi neujasnený, a v prípade neúspechu by sme nevedeli, kde hľadať chybu. Pri tvorení hypotéz o povahe M_c sa musíme opierať o všetky poznatky, ktoré veda nadobudla pri úspešnom používaní oboch metód.

Prvý, kto v širšej miere⁴⁰ rozvinul metódy hľadania príčin, bol Herschel.⁴¹ Mill v podstate ku Herschelovi nič nového nedodal, len jeho bádania usústavnil. Z Millovej formulácie, ktorá je všeobecne známa, musíme uzatvárať, že jeho pravidlá platia len za určitých podmienok, len v určitých vymedzených systémoch

³⁹ Vovádzanie a odstraňovanie činiteľov je základným princípom experimentu vo všetkých experimentálnych vedách, atómovu fyziku z toho nevynímajúc. Preto tvrdenie, že v atomárnom svete „panuje“ akauzalita, je ekvivalentné s tvrdením, že atómový svet uniká nášmu experimentovaniu. Nesmieme zamieňať existenciu kauzálneho vzťahu s našimi dnešnými možnosťami matematického vyjadrenia jeho foriem, ako to často robia pozitivistickí fyzici.

⁴⁰ K starovekým príspevkom ku kauzálnemu bádaniu pozri K. Leśniak, *Filodemos traktat o indukci*, Studia logica II; T. Kotarbiński, *Wykłady z dziejów logiki*, Łódź 1957, 217 a n.

⁴¹ Herschel uviedol päť vlastností kauzálneho vzťahu: 1. Koľko razy nastane príčina, toľko razy nastane účinok; 2. Keď sa nezjaví (nenastane) príčina, nezjaví sa účinok; 3. Ak sa príčina stane menej alebo viac intenzívnou, tak sa takým stane aj účinok; 4. Medzi príčinou a účinkom je proporcionalita; 5. Účinok sa odstráni, keď sa odstráni príčina.

Tieto vlastnosti sa dajú metodologicky využiť vo forme pravidiel: 1. Ak sa v množine javov nájde jav, ktorý nemá, alebo má opačnú vlastnosť, než je tá, ktorá dané javy sprevádza, tak spomínaná vlastnosť (okolnosť) nemôže byť príčinou; 2. Každá okolnosť, v ktorej sa zhodujú všetky javy bez výnimky, môže byť príčinou alebo účinkom príčiny; 3. Nemusíme negovať existenciu príčiny, v prospech ktorej hovorí zhoda vážnych analogií, ak nám nie je jasné, ako príčina vyvoláva účinok; 4. Protikladné fakty sú rovnako poučné ako fakty súhlasné, keď ide o odkrytie príčin; 5. Ak nájdeme dva prípady, ktoré sa zhodujú vo všetkých okolnostiach (znakoch) okrem jednej, tak v tom prípade je vplyv tejto okolnosti na vyvolanie javu spozorovateľný... 6. Ak nemôžeme dosiahnuť negáciu alebo opak okolnosti, vplyv ktorej skúmame, tak sa musíme usilovať nájsť prípady, kde sa daná okolnosť čo do stupňa značne mení; 7. Zložité javy, v ktorých spoluúčinkujúce alebo nezávislé príčiny vytvárajú zložité účinky, môžeme zjednodušiť vyčlenením účinkov všetkých známych príčin. Potom treba vyjasniť len zvyšok javu.

Herschel uvádza až deväť pravidiel. Jeho druhé pravidlo sa stotožňuje s prvým Millovým pravidlom, piate s druhým, siedme s piatym atď.

(len v S_{ij}), lebo len v nich môžeme hovoriť o *jednej* spoločnej okolnosti. Vieme, že v skutočnosti musíme rátať vždy s viacerými okolnosťami. Preto naše skúmanie musíme tak *vymedziť*, aby sa uvedené podmienky mohli (samozrejme aproximatívne) splniť.⁴² Za podobných podmienok môžeme hovoriť aj o tom, že *jestvujú všetky okolnosti okrem jednej* spoločnej. Preto musíme uviesť Millovo pravidlá aj s presným vymedzením ich platnosti. Z toho nasleduje aj to, že množina možných príčin M_c nesmie byť nekonečná,⁴³ lebo vtedy by sa nedalo zistiť, či sme vylúčili všetky do úvahy prichádzajúce možnosti okrem jednej. Millove pravidlá sú aj z inej strany neurčené. Tak v prvom pravidle sa príčinný vzťah chápe ako dostatočná podmienka, kým v druhom ako nutná podmienka a v treťom ako nutná a dostatočná podmienka. Prvé pravidlo môžeme vyjadriť aj takto. Keď zavedieme a_1, a_2 , tak nastane b , keď zavedieme a_1, a_3 , nastane b . b nemohlo nastať zavedením a_2 , lebo toto v druhom prípade nie je a b nastalo. b nemohlo nastať zavedením a_3 , lebo toto v prvom prípade nejestvuje a b nastalo. b nastalo, lebo nastalo a_1 , čiže a_1 je dostatočnou podmienkou pre b . Keby však medzi okolnosťami bolo aj a_4 , situácia by mohla byť celkom iná, lebo vtedy by a_1 už nemusela byť dostatočnou (ale len nutnou) podmienkou pre b . Druhé Millovo pravidlo by sa dalo vyjadriť nasledovne. Ak nastane a_1, a_2, a_3 , tak nastane aj b . Ak z a_1, a_2, a_3 odstránime a_1 a ponecháme a_2, a_3 , tak sa odstráni aj b . Z toho nasleduje, že a_1 môže byť čiastočnou príčinou, že teda a_1 je síce nutná, ale nie dostatočná podmienka pre b .

A teraz podáme presnejšiu formuláciu Millových kánonov. Pre jednoduchosť predpokladajme len dve skupiny javov (alebo dve časti javu) $a_1, a_2, a_3; b_1$, takže M_c sa skladá zo štyroch prvkov.

1. Pravidlo zhody: Zmena javu b_1 nastáva aj po (pri) zmene a_1, a_2 aj pri zmene javov a_1, a_3 . Z toho za predpokladu, že ako podmienky prichádzajú do úvahy len a_1, a_2, a_3 , nasleduje, že medzi a_1 a b_1 je príčinný vzťah, že a_1 je dostatočnou podmienkou (celkovou príčinou) pre b_1 .

2. Pravidlo rozdielu: Zmena javu (systému, pohybu) b_1 nastane pri zmene javov a_1, a_2, a_3 , ale nie pri zmene a_2, a_3 (kde chýba len a_1). Za uvedenej podmienky z toho nasleduje, že a_1 je nutnou podmienkou (čiastočnou príčinou) pre b_1 .

3. Pravidlo zhody a rozdielu: Zmena javu b_1 nastáva pri zmene a_1, a_2 a pri a_1, a_3 , nie však pri a_2, a_3 . Z toho za uvedenej podmienky nasleduje, že a_1 je dostatočnou a nutnou podmienkou pre b_1 .

4. Pravidlo zvyškov: ak z predchádzajúcej kauzálnej analýzy vieme, že a_1 je podmienkou pre b_1, a_2 pre b_2 a ak pri objavení sa a_1, a_2, a_3 sa objavia b_1, b_2, b_3 , tak z toho uzatvárame, že a_3 je podmienkou pre b_3 .

5. Pravidlo sprievodných zmien: Ak tým, že sa určitým spôsobom mení a_1 , tak sa podobným spôsobom mení aj b_1 a ak sa a_2 a a_3 takým spôsobom nemenia, tak a_1 je nutnou a dostatočnou podmienkou pre b_1 .

Teraz pristúpime k podrobnejšiemu rozboru pravidiel, pomocou ktorých mô-

⁴² V tomto nesmieme vidieť nič mimoriadneho. Každý logický kalkul je možný len na základe (implicitného alebo explicitného) podobného vymedzenia.

⁴³ G. H. Wright, *The logical problem of induction*, Oxford 1957, 76.

žeme odкрыť kauzálnu súvislosť alebo nezávislosť. Pritom musíme spresniť našu symboliku. R_n bude označovať nutný vzťah, R_g dostatočný vzťah (podmienku). R_c bude označovať buď nutný, alebo nutný a dostatočný, alebo dostatočný vzťah. Preto $R_c = R_n \vee R_g$.

Medzi R_n a R_g platia nasledujúce vzťahy.

$$a R_n b \rightarrow \bar{a} R_g \bar{b}, \quad (4.15)$$

$$a R_g b \rightarrow \bar{a} R_n \bar{b}. \quad (4.16)$$

Ak prítomnosť kyslíka je nutnou podmienkou života, tak nedostatok kyslíka je dostatočnou podmienkou nedostatku života. Platí ďalej veta $a R_n b \leftrightarrow (a \text{ je čiastočnou príčinou } b) \vee (b \text{ je účinok } a)$. V našich pravidlách musíme rešpektovať tú okolnosť, že kauzálnu súvislosť majú význam len v S_{ir} . Vchody S_{ir} budeme označovať písmenami $a_1, a_2, \dots, a_n$, východy $b_1, b_2, \dots, b_n$.⁴⁴ To, že na vchode a_1 a na východe b_1 nastala zmena, označíme a_1^1, b_1^1 , že na nich nenastala zmena označíme a_1^0, b_1^0 . Jav alebo presnejšie zmena javu, procesu (objavenie alebo zaniknutie javu), ktorý skúmame, je z hľadiska S_{ir} vždy zmena východu b , teda b^1 a skúmaný jav sa často stotožňuje so samým S_{ir} . Množstvo vchodov je dané buď povahou systému alebo, a to je normálne, zameraním našich výskumov. Keď chceme preskúmať vplyv šiestich činiteľov na daný jav (S_{ir}) a zistiť, koľkí z nich môžu byť príčinou, tak skúmaný S_{ir} bude mať šesť vchodov. Tým je dané aj množstvo prípadov, v ktorých môžeme, alebo musíme zmenu javu skúmať. Tak napr. jeden prípad je daný tým, že pôsobíme na druhý a tretí vchod a východ sa nemení, druhý tým, že pôsobíme na prvý a druhý vchod a východ sa mení, tretí tým, že pôsobíme na prvý a na druhý nie a východ sa mení atď. Keď si na prípadoch všímame len situáciu na vchodoch, t. j. keď si všímame len to, či a že vchody majú hodnotu 1, tak si všímame vlastne okolnosti, za ktorých má nastať účinok. Výskum príčinného vzťahu sa uskutočňuje menením okolností a pozorovaním, čo sa deje na východe. Toto menenie sa môže týkať buď toho istého S_{ir} uvažovaného v rôznych dobách, čo sa dá zriedkavo uskutočniť, alebo viac rovnakých S_{ir} skúmaných súčasne. Keďže každý prípad sa týka stavu na vchode a východe, budeme ho označovať $a_1 b, a_1 a_2 b, a_1 a_2 a_3 b$ atď. Každý prípad, t. j. menenie vchodu a východu (alebo jeho nemenenie) nám prinesie určitý poznatok, ktorý vyjadríme vo forme $a_1^1 b^1, a_1^1 a_2^0 b^1$ atď. a ktorým sa dozvedáme, že keď sa mení stav a_1 na vchode (okolnosť), mení sa aj stav na východe, že keď sa mení stav na vchode a_1 , a nemení sa stav na vchode a_2 , tak sa mení stav na východe b atď.⁴⁵ Jednotlivé prípady píšeme buď pod sebou a uzávery oddeľujeme čiarou, alebo píšeme vedľa seba, pričom ich oddeľujeme znakom & a uzávery dáme za znak $\Rightarrow$.⁴⁶ Systémy

⁴⁴ Pretože pri každom pravidle pôjde o ten istý S_{ir} , nemusíme R_c považovať za troj- alebo n-členný vzťah, ale za dvojčlenný (pričom tretí člen, t. j. daný S_{ir} , sa samo sebou rozumie).

⁴⁵ $a_1^1 a_2^0 b^1$ čítame: ak nastala zmena na vchode a_1 a na vchode a_2 nenastala zmena, tak na b nastala zmena. Takéto značenie $a_1^1 a_2^0 b^1$ je nepresné. Mali by sme písať $R((a_1^1, a_2^0) b^1)$. Od tohto značenia upúšťame, lebo nehrozí nedorozumenie.

⁴⁶ Tým sme súčasne uskutočnili jednoznačné priradenie medzi terminológiou Milla a terminológiou S_{ir} .

o jednom vchode a jednom východe budeme označovať $S_{ir\ 1, 1}$, systémy o m vcho-
doch a n východoch $S_{ir\ m, n}$.

Začneme najjednoduchším systémom $S_{ir\ 1, 1}$.

$$\frac{a^1 b^0}{R_c(a, b)} \quad (4.17) \quad - \quad \frac{a^0 b^1}{R_c(a, b)} \quad (4.18) \quad \frac{a^1 b^1}{R_g(a, b)} \quad (4.19)$$

$$R_g = R_n = R_c \iff S_{ir\ 1, 1}. \quad (4.20)$$

(4.20) identifikuje $S_{ir\ 1, 1}$.

$$a^1 b^1 \& R_g(a, b) \implies a, b \in S_{ir\ 1, 1}. \quad (4.21)$$

$$a^1 b^0 \& a, b \in S_{ir\ 1, 1} \implies R_c(a, b). \quad (4.22)$$

Pravidlo (4.17) čítame: ak máme len jednu okolnosť a a ak táto nastala, pričom b nenastalo, a nemôže byť v príčinnom vzťahu ku b , alebo terminológiou S_{ir} : ak máme $S_{ir\ 1, 1}$ a ak na vchode nastala zmena, pričom na východe nenastala zmena, tak medzi nimi alebo nie je kauzálny súvis alebo predpokladaný $S_{ir\ 1, 1}$ nie je skutočne $S_{ir\ 1, 1}$. Prejdeme ku $S_{ir\ 2, 1}$.

$$\begin{array}{llll} \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^1 a_2^0 b^1} & \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^0 a_2^0 b^1} & \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^1 a_2^1 b^0} & \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^1 a_2^0 b^0} \\ (4.23) & (4.24) & (4.25) & (4.26) \\ R_c(a_1, b) & R_c(a_2, b) & R_c(a_1, b) & R_c(a_2, b) \end{array}$$

v (4.23) a v (4.24) $R_c = R_g$.

$$\begin{array}{ll} \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^1 a_2^0 b^0} & \frac{a_1^1 a_2^1 b^1}{a_1^0 a_2^0 b^1} \\ a_1^0 a_2^1 b^0 & a_1^0 a_2^1 b^0 \\ a_1^0 a_2^0 b^0 & \\ (4.27) & (4.28) \\ R_c(a_1, b) & R_c(a_1, b) \end{array}$$

$R_c((a_1, a_2) b)$

(4.23) odpovedá prvému Millovmu pravidlu, v ktorom sa hovorí, že keď sa skúmaný jav objavuje v dvoch alebo vo viac prípadoch, ktoré majú len jednu okolnosť spoločnú, tak táto je príčinou alebo účinkom daného javu. Jav, o zmenu ktorého ide, je otvorený stav východu a dva prípady, o ktorých sa hovorí, sú vyjadrené dvoma „premisami“ pravidla (4.23), kým spoločná okolnosť je otvorený stav vchodu a_1 . (4.25) odpovedá druhému Millovmu pravidlu, podľa ktorého, keď prípad, v ktorom sa skúmaný jav objavuje [prvá premisa v (4.25)] a prípad, v ktorom sa neobjavuje (druhá premisa, v ktorej je b^0), majú všetky okolnosti okrem jednej spoločné a táto je len v prvom prípade, tak okolnosť, ktorou sa prípady líšia (a líšia sa, čo sa týka vchodu a_1), je príčina alebo účinok. (4.25) by sme mohli považovať za odvodené, a to z pravidla

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^1 a_2^0 b^1 \implies R_c(a_2, b)$$

a zo základného pravidla platného pre každý $S_{ir\ 2, 1}$,

$$a_1, a_2, b \in S_{ir\ 2, 1} \& R_c(a_2, b). \implies R_c(a_1, b). \quad (4.29)$$

Pravidlo (4.28) odpovedá tretiemu Millovmu pravidlu, ktoré je kombinovaním prvých dvoch, ako to vidno aj z (4.23) a (4.25). Bude úspornejšie, keď podobne ako (4.29) budeme všetky pravidlá písať do riadkov. (4.27) bude mať potom nasledujúci tvar

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^1 a_2^0 b^0 \& a_1^0 a_2^1 b^0 \& a_1^0 a_2^0 b^0 \Rightarrow R_c((a_1, a_2) b). \quad (4.30)$$

(4.30) je pravidlo, ktorým sa zistí, že jav b má dve čiastočné príčiny a_1, a_2 , alebo že b je výsledkom konjunkcie dvoch príčin. Čítame ho nasledovne: V prvom prípade pozorujeme, že keď zmena nastáva aj na vchode a_1 aj na vchode a_2 , tak zmena nastáva aj na východe b . V druhom prípade pozorujeme, že na vchode a_1 zmena nastala, na vchode a_2 zmena nenastala a zmena nenastala ani na východe b , atď. . . z čoho uzatvárame na $R_c((a_1, a_2) b)$.

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^1 a_2^0 b^1 \Rightarrow \overline{R_c(a_2, b)}, \quad (4.31)$$

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^0 a_2^1 b^1 \Rightarrow \overline{R_c(a_1, b)}. \quad (4.32)$$

Podobné pravidlá vyjadrujúce kauzálnu negáciu by sme odvodili z (4.25) a (4.26).

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^1 a_2^0 b^1 \& a_1^0 a_2^1 b^1 \& a_1^0 a_2^0 b^0 \Rightarrow R_c(a, b) \vee R_c(a_2, b), \quad (4.33)$$

$$a_1^1 a_2^1 b^0 \& a_1^1 a_2^0 b^1 \& a_1^0 a_2^1 b^1 \& a_1^0 a_2^0 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b) \mid R_c(a_2, b), \quad (4.34)$$

pričom platí

$$A \mid B = (A \& \bar{B}) \vee (B \& \bar{A}). \quad (4.35)$$

(4.34) teda vyjadruje, že príčiny a_1 a a_2 sú nezlúčiteľné a sa vylučujú z hľadiska účinku b .

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \& a_1^1 a_2^0 b^1 \& a_1^0 a_2^1 b^1 \& a_1^0 a_2^0 b^1 \Rightarrow (Ea_3) R_c(a_3, b), \quad (4.36)$$

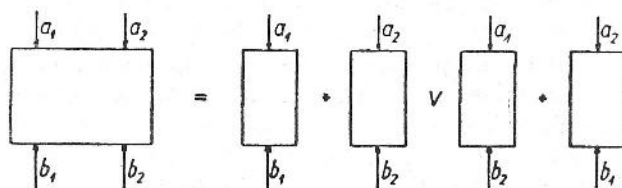
pričom tu $R_c = R_n$. Toto pravidlo je pravidlom *otvárania* systému. Ním zistíme, že systém, v ktorom platí ľavá strana implikácie,⁴⁷ nemôže byť $S_{ir\ 2, 1}$, ale napr. $S_{ir\ 3, 1}$ alebo $S_{ir\ 2+k, 1}$. (4.36) môžeme vyjadriť aj inou formou:

$$R_c(a, d) \& a^1 d^0 \Rightarrow R_c \in R_{c\ 1+k, 1}. \quad (4.38)$$

$$R_c((a_1, a_2, \dots, a_n) d) \& a_1^1, a_2^1, \dots, a_n^1 d^0 \Rightarrow R_c \in R_{c\ n+k, 1}. \quad (4.39)$$

Systém, v ktorom platia vety (4.23) — (4.35), ale neplatí veta (4.36), je $S_{ir\ 2, 1}$. Tým je tento systém aj nepriamo definovaný.

Systémy $S_{ir\ 2, 2}$ sa dajú rozložiť na dva systémy $S_{ir\ 1, 1}$, čo sa dá znázorniť schémou



⁴⁷ Ľavú stranu implikácie by sme mohli aj tak chápať, že zmena na b vždy nastane, alebo že je nutná. Na základe tejto nutnosti uzatvárame na novú zmenu opísanú na pravej strane implikácie. Kauzálnu nutnosť môžeme však interpretovať aj pozadím, ktoré pôsobí ako príčina, ktorá je stálejšia než stálosť systému $S_{ir\ 2, 1}$. Pravidlu (4.36) odpovedá pravidlo

$$a_1^1 a_2^1 b^0 \& a_1^1 a_2^0 b^0 \& a_1^0 a_2^1 b^0 \& a_1^0 a_2^0 b^0 \Rightarrow \overline{R_c((a_1, a_2) b)}, \quad (4.37)$$

v ňom ľavá strana implikácie vyjadruje to, že b nikdy nenastane, alebo, že b je v $S_{ir\ 2, 1}$ kauzálny nemožný. Touto nemožnosťou sa vyjadruje napr. okolnosť, že na vznik b nestačia dve čiastočné príčiny, alebo že na $S_{ir\ 2, 1}$ pôsobí pozadie, ktoré znemožňuje uskutočnenie b .

V systémoch typu $S_{ir\ m, 2}$ sa už dajú definovať pravidlá zvyškov.

$$a_1^1 a_2^1 b_1 \ \& \ R_c(a_2, b_2) \Rightarrow R_c(a_1, b_1), \quad (4.40)$$

alebo ešte presnejšie

$$a_1^1 a_2^1 b_1^1 b_2^1 \ \& \ R_c(a_2, b_2) \Rightarrow R_c(a_1, b_1). \quad (4.41)$$

Uvedieme niekoľko pravidiel pre $S_{ir\ 3, 1}$, v ktorom môžeme presne vyjadriť nami uvedenú formuláciu Millových kánonov.

$$a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^1 b \Rightarrow R_n(a_1, b), \quad (4.42)$$

$$a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \Rightarrow R_g((a_2, a_3) b), \quad (4.43)$$

$$a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 b^1 \Rightarrow R_g(a_1, b); \quad (4.44)$$

bodky medzi a_2^0 a b^1 a inde označujú, že vynechané a_3 môže nadobudnúť ľubovoľnú hodnotu (teda 0 alebo 1).

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^0 b^1 \Rightarrow R_g(a_1, b) \quad (4.45)$$

(4.45) je prvé Millovo pravidlo.

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b) \quad (4.46)$$

(4.46) je druhé Millovo pravidlo.

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b) \quad (4.47)$$

(4.47) je tretie Millovo pravidlo.

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^1 b^0 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^0 b^0 \Rightarrow R_c((a_1, a_2) b). \quad (4.48)$$

(4.48) ukazuje, že b má dve čiastočné príčiny. Môžeme ju nazvať aj pravidlom dvoch zhôd. Podobná je aj veta (4.49).

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^0 b^0 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^0 b^0 \Rightarrow R_c((a_1, a_3) b). \quad (4.49)$$

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^0 \leftrightarrow a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^0 a_3^1 b^0. \quad (4.50)$$

(4.50) vyjadruje vetu, podľa ktorej pravidlo jedného rozdielu je ekvivalentné pravidlom dvoch rozdielov.

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^1 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^0 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^1 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^1 a_3^0 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^0 a_3^1 b^1 \ \& \ a_1^0 a_2^0 a_3^0 b^1 \Rightarrow (Ea_4) R_n(a_4, b). \quad (4.51)$$

(4.51) je pravidlo otvorenia. Všetky doterajšie pravidlá charakterizovali takzvané bezpamäťové systémy, t. j. také systémy, chovanie ktorých je určené *vonkajšími* príčinami a nie je ovplyvnené vnútornými predchádzajúcimi skúsenosťami a schopnosťami, na základe ktorých zviera môže na ten istý popud reagovať rôznym spôsobom (reflexy). Pamäťové systémy sa nedajú vysvetliť jednostrannou kauzalitou, ale zložitejšími dynamickými súvislosťami.

Pri systéme $S_{ir\ 3, 2}$ sú dôležité pravidlá zvyškov kombinované napr. s pravidlom zhody alebo rozdielu. Napr.

$$a_1^1 a_2^1 a_3^1 b_1^1 b_2^1 \ \& \ R_c(a_3, b_2) \Rightarrow ((a_1^1 a_2^1 a_3^1 b_1^1) \Rightarrow (R_c(a_1, b_1))). \quad (4.52)$$

Podobne by sme určovali aj pravidlá zložitejších systémov, kde by sme si museli všimnúť najmä pravidlá, ktorými sa dokáže, že v $S_{ir\ m, n}$ účinok má k a len k čiastočných príčin, pričom $i \leq k \leq m$.

Pravidlá (4.17) — (4.52) nevyčerpali všetky možnosti, ale boli skôr len ukážkou, nadhodením teorémov, ktoré budeme musieť zjednotiť axiomatickým sys-

témom. Okrem toho mnohé pravidlá mali zbytočnú dĺžku. To znamená, že technický výskum robený podľa nich by bol neekonomický. Jednou z dôležitých teoretických a praktických úloh kauzálnej logiky je pre dané pravidlo nájsť najkratší ekvivalent. Túto úlohu tu však nebudeme riešiť. Všimneme si skôr inú okolnosť.

Doteraz spomínané pravidlá sa dotýkajú atómových kauzálnych vzťahov a sú určené na to, aby sa z množiny možných príčin M_c vyčlenila množina skutočných príčin, ktorá je jej podmnožinou. Vo vedeckej práci musíme niekedy skúmať molekulové kauzálne vzťahy, t. j. skúmať nielen elementy Ser_c ale aj jeho molekuly, t. j. nielen jednotlivé S_{ir} , ale aj kauzálne súvislosti medzi S_{ir} . Vieme, že a v $R_c(a, b)$ je prejav, dynamika jedného S_{ir} a b je modifikácia, zmena dynamiky druhého S_{ir} . Takto modifikovaný druhý S_{ir} , t. j. zmenený proces druhého systému mení proces tretieho systému atď., čím sa utvárajú vzťahy $R_c(a, b)$, $R_c(b, d)$, $R_c(d, e)$ atď. Ak a mení rovno b , tak a je bezprostrednou príčinou b . Ak a je príčinou b , b je príčinou d , tak a je sprostredkovanou príčinou d . Prvú budeme označovať R_c^1 , druhú R_c^2 , ..., R_c^n . Presne ich definujeme nasledovne

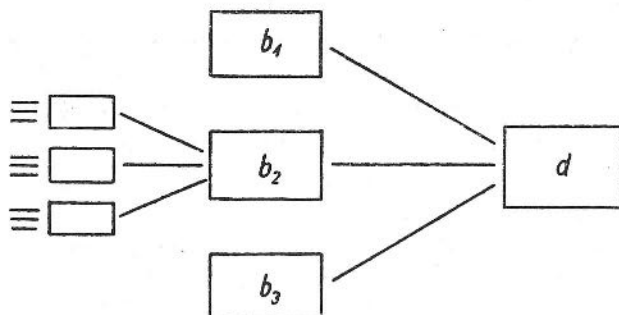
$$R_c^1(a, b) = \text{df } R_c(a, b) \ \& \ (\overline{Ed}) \ R_c(a, d) \ \& \ R_c(d, b), \quad (4.53)$$

$$R_c^2(a, b) = \text{df } R_c(a, b) \ \& \ (Ed) \ R_c^1(a, d) \ \& \ R_c^1(d, b). \quad (4.54)$$

Keď tieto definície zovšeobecníme, dostaneme

$$R_c^n(a, b) = \text{df } R_c(a, b) \ \& \ (Ed) \ R_c^1(a, d) \ \& \ \dots \ \& \ (En) \ R_c^1(m, n) \ \& \ R_c^1(n, b). \quad (4.55)$$

Pravidlá hľadania sprostredkovaných príčin, t. j. pravidlá hľadania vzťahov medzi väčším množstvom S_{ir} sú pomerne zložité a neprebádané. Ukážeme len jednu schému, v ktorej účinok je prvok $S_{ir} \ 3, \ 1$.



Všetky doterajšie pravidlá sa dotýkali len individuálnych príčin a účinkov. No sama kauzálna logika a teória experimentu predpokladala alebo existenciu viacerých rovnakých S_{ir} , na ktorých sa experimenty robia súčasne, alebo opakovateľnosť toho istého S_{ir} . V oboch prípadoch musíme predpokladať existenciu viacerých javov, procesov, ktoré môžu (za rovnakých daných okolností, t. j. v rovnakom danom S_{ir}) zapríčiniť rovnakú zmenu (účinkov). Nech je spomínaná zmena k . Potom platí $R_c(a, k)$, $R_c(b, k)$, $R_c(d, k)$, ..., $R_c(v, k)$. Z toho uzatvárame, že a môžeme nahradiť javom b , d , ..., v , t. j. že a , b , ..., v sú príčinné nahraditeľné a

preto sú medzi sebou ekvivalentné, tvoria *kauzálnu triedu* T_c , vyjadrujúcu určité kauzálne vlastnosti svojich prvkov $a, b, \dots, v$.

$$a \in T_{1,c} \ \& \ b \in T_{2,c} \ \& \ R_c(a,k) \ \& \ R_c(b,k) \rightarrow T_{1,c} = T_{2,c}, \quad (4.56)$$

$$a \in T_{1,c} \ \& \ b \in T_{1,c} \ \& \ R_c(a,d) \rightarrow R_c(b,d). \quad (4.57)$$

Kauzálna trieda sa chápe z hľadiska toho istého účinku a je duálna kauzálnnej triede, ktorá sa chápe z hľadiska tej istej príčiny. Pri Aristotelovej logike išlo práve o rozbor vlastností účinku chápaného nie ako účinok ale ako danosť. Kauzálna trieda je hlbšie pochopenie klasifikačných tried. Preto vzniklo viac individuí toho istého druhu, lebo sa vyvinuli pod vplyvom trvale pôsobiaceho takého istého prostredia. Všetky predchádzajúce pravidlá môžeme tak rozšíriť, že sa vzťahujú na celé kauzálne triedy.

Doterajšie čo ako zložené pravidlá boli až prílišnou idealizáciou. Predpokladali, že každý vchod a východ môže mať v ľubovoľnom čase len dve hodnoty. Situácie, ktoré by sa dali vyjadriť takými pravidlami, sú veľmi zriedkavé.

Oveľa častejšie sú prípady, v ktorých vchody a východy majú viac hodnôt ako dve. Pri experimentovaní nám totiž mnohokrát nezáleží len na tom, či nejaký faktor spôsobí alebo nespôsobí zmenu, ale v akej miere ju spôsobí a v akej miere spôsobí zmenu, keď ho zväčšujeme alebo zmenšujeme. Pre jednoduchosť predpokladajme, že vchody a východy môžu nadobudnúť tri hodnoty 0, 1, 2, kde 0 môžeme interpretovať ako nedostatok pôsobenia faktora, 1 ako stredné pôsobenie a 2 ako plné pôsobenie (napr. dvojnásobné pôsobenie z hľadiska 1). Uvedieme niekoľko pravidiel, ktoré vyjadrujú obsah piateho Millovoho kánonu.

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \ \& \ a_1^2 a_2^1 b^2 \ \& \ a_1^0 a_2^1 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b), \quad (4.58)$$

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \ \& \ a_1^2 a_2^2 b^2 \ \& \ a_1^0 a_2^2 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b), \quad (4.59)$$

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \ \& \ a_1^2 a_2^2 b^2 \ \& \ a_1^0 a_2^1 b^0 \Rightarrow R_c(a_1, b), \quad (4.60)$$

$$a_1^1 a_2^1 b^1 \ \& \ a_1^1 a_2^2 b^2 \ \& \ a_1^2 a_2^0 b^0 \Rightarrow R_c(a_2, b). \quad (4.61)$$

Je jasné, že pravidlá S_{ir} , ktorých vchody a východy majú tri hodnoty, sú o mnoho zložitejšie a je ich väčšie množstvo, než bolo pravidiel S_{ir} , kde vchody a východy mali len dve hodnoty. Podobne ako pri pravidlách (4.50) — (4.61) by sme postupovali aj pri tvorení pravidiel S_{ir} , vchody a východy ktorých majú viac ako tri hodnoty. Piate Millovo pravidlo predpokladá, že vchody a východy môžu nadobudnúť hodnoty, ktoré tvoria množinu mohutnosti alef s indexom 0, alebo 2 umocnené na alef s indexom 0.

Ani týmto sa však teória S_{ir} nevyčerpala. Skoro pri každom experimente sa stretávame s takou situáciou, že sa snažíme, aby na všetky skúmané S_{ir} pôsobili tie isté faktory (aby všetky vchody mali tie isté hodnoty) a aby na všetky kontrolné S_{ir} nepôsobili tie faktory, pričom zisťujeme, že hodnoty východov na oboch druhoch S_{ir} a na každom S_{ir} kôlišu, sú rôzne. Toto kolísanie sa dá vysvetliť len tým, že na S_{ir} pôsobia faktory, ktoré nemôžeme celkom identifikovať. Kauzálna logika stojí v tomto prípade pred úlohou analyzovať systémy typu $S_{ir\ m, n}$, kde m je konštantné a n premenné a odpovedať na otázku, v akej miere sa môže n meniť, ak chceme uzatvárať na kauzálny súvis medzi vchodom a východom. Tento problém si ešte všimneme v nasledujúcej kapitole.

Do problematiky skutočného experimentu najľahšie prenikneme, keď si ju ilustrujeme na príklade.⁴⁸

Chceme zistiť, či je za daných podmienok účelné používať umelé hnojivo obsahujúce P_2O_5 , t. j. či spomenutý kyslíčník fosforečný je faktorom, príčinou zvýšenia výnosov (úrody) alebo nie. Ide tu teda o pole, či určitý systém S_{ir} , v ktorom hodnota 1 vchodu a znamená aplikovanie hnojiva s P_2O_5 a hodnota 0 znamená neaplikovanie hnojiva. Východ S_{ir} znamená úrodu poľa. Zo skúsenosti vieme, že sa pritom nemôžeme obmedziť len na dva pokusy, a to na pokus, v ktorom vchod a má hodnotu 1 a v ktorom má hodnotu 0, lebo keby sme opakovali pokus s a^1 , zistili by sme, že aj pri najväčšej snahe zachovať ostatné podmienky nezmenené, by sme v každom prípade dostali inú hodnotu východu b (iný účinok). Z tohto hľadiska musíme náš S_{ir} považovať za $S_{ir\ 1, n}$ (kde $n = 1, 2, \dots$) a hodnotu východu b za náhodnú veličinu. Náhodnosť tejto veličiny sa vysvetľuje tým, že skutočné systémy nikdy nespĺňajú *všetky* podmienky kladené na S_{ir} , že teda S_{ir} sú aproximáciou, že na S_{ir} v našom prípade okrem umelého hnojiva vždy pôsobia ešte ďalšie činitele, ktoré buď nepoznáme, alebo vplyv ktorých (keďže je veľmi malý) nemôžeme danými pokusmi preskúmať.⁴⁹ Títo činitelia sú *vedľajší*. Činitelia, vplyv ktorých chceme pokusmi preskúmať, sú z hľadiska pokusov *hlavní*. Vedľajší činitelia spolupôsobia s hlavnými činiteľmi a zapríčiňujú kolísanie hodnoty premennej na východe S_{ir} .⁵⁰ Aby účinky vedľajších činiteľov neznemožnili urobiť kauzálne závery o účinkoch hlavných činiteľov, t. j. aby sa vplyv vedľajších činiteľov čím lepšie paralyzoval a ich účinky sa vyrovnali, musíme pokusy opakovať.⁵¹ No keďže každý opakovaný pokus dáva iný výsledok, musíme výsledky spracovať štatisticky. Tým sa súčasne realizuje Millovo pravidlo zvyškov. V tejto štúdii sa nebudeme zaoberať podrobným štatistickým spracovaním experimentu, ale podáme len kvalitatívnu analýzu celého postupu.

Pri už uvedenom skúmaní vplyvu umelého hnojiva na výšku výnosu urobíme desať pokusov s aplikovaním hnojiva (utvoríme experimentálnu skupinu) a desať pokusov bez aplikovania hnojiva (utvoríme kontrolnú skupinu). Každý pokus sa robí na rovnakom poli, teda na rovnakom S_{ir} . Vchody pri prvých desiatich po-

⁴⁸ O teórii experimentu jestvuje dnes už veľmi bohatá literatúra. Spomeniem len niektoré dostupné diela. V. Myslivec, *Statistické metody zemědělského a lesnického výzkumnictví*, Praha 1957. — E. Weber, *Grundriss der biologischen Statistik*, Jena 1957. — R. A. Fischer, *The design of experiments*, New York 1949. — D. J. Finney, *Primenenie statistiky v opitnom dele*, Moskva 1951. — M. Beneš — J. Likeš, *Faktorové experimenty v průmyslovém výzkumu*, Pokroky matematiky fyziky a astronomie 1957, č. 1, 2.

⁴⁹ Tento predpoklad sa vyvodí z jednojednoznačného vzťahu medzi príčinou a účinkom, alebo lepšie, tento osvedčený predpoklad je základom tvrdenia o spomínanej jednojednoznačnosti.

⁵⁰ Gnědenko — Chinčín, *Elementární úvod do theorie pravděpodobnosti*, Praha 1954, 109.

⁵¹ Laplace, c. d., 55.

liach S_{ir} (budeme označovať $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{110}$; všetky vchody budú mať rovnakú hodnotu 1 ($a_{11}^1, \dots, a_{110}^1$), hodnoty východu sa však budú meniť, takže dostaneme $a_{11}^1 b_2^{5,2} \& a_{12}^1 b_2^{5,7} \& a_{13}^1 b_2^{6,5} \& \dots \& a_{110}^1 b_2^{5,8}$. (1)

Vchody na druhých desiatich S_{ir} budú $a_{21}, a_{22}^0, \dots, a_{210}$ a budú mať rovnaké hodnoty 0, ale aj pri nich sa bude meniť hodnota východu b_2 , takže dostaneme $a_{21}^0 b_2^{5,6} \& a_{22}^0 b_2^{5,0} \& a_{23}^0 b_2^{5,6} \& \dots \& a_{210}^0 b_2^{5,5}$. (2)

Z toho, že ak a_{21} má hodnotu 0, b_2 nemá hodnotu 0, nasleduje, že hodnota a_{11}^1 (teda umelé hnojivo) nie je jedinou príčinou úrody. Pokusmi máme zistiť, či umelé hnojivo je *čiasťočnou príčinou*, či teda platí $R_c(a, b)$. Výpovede (1) a (2) čítame nasledovne: ak na prvej pokusnej parcele a_{11} aplikujeme umelé hnojivo, dostaneme úrodu 6,2 váhových jednotiek, na druhej rovnakej parcele a_{12} dostaneme úrodu 5,7, ... na desiatej parcele a_{110} dostaneme úrodu vo výške 5,8 jednotiek. Na kontrolnej parcele a_{21} (na ktorú sme neaplikovali umelé hnojivo) dostaneme úrodu 5,6, ... na desiatej kontrolnej parcele a_{210} dostaneme úrodu 5,5 jednotiek. Výpovede (1) a (2) zhrňajú výsledky všetkých pokusov, no sú neprehľadné a preto sa výsledky pokusov usporadujú inou formou (pozri tab. 1).

Tabuľka 1

Pokusy s aplikovaním P_2O_5		Kontrolné pokusy (bez aplikovania P_2O_5)	
	b_1		b_2
a_{1i}^1 ($i=1, \dots, 10$)	6,2 5,7 6,5 6,0 6,3 5,8 5,7 6,0 6,0 5,8	a_{2j}^0 ($j=1, \dots, 10$)	5,6 5,9 5,6 5,7 5,8 5,7 6,0 5,5 5,7 5,5
Priemer $\bar{b}_1$	6,0	Priemer $\bar{b}_2$	5,7

To znamená, že priemerný výnos polí, na ktoré sa aplikovalo umelé hnojivo, bol 6,0 a polí, na ktoré sa neaplikovalo, bol 5,7. Preto môžeme písať⁵²

$a_{1i}^1 b_1^{6,0} \& a_{2j}^0 b_2^{5,7}$. (3)

Vyjadrené výsledky týchto pokusov sú súčiastkou jedinej výpovede, sú ante-

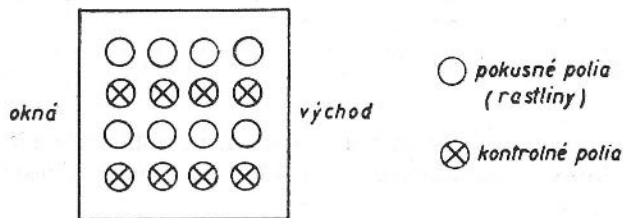
⁵² Vodorovná čiara nad b_1 a b_2 neznamená negáciu, ale označuje aritmetický priemer. Nedorozumenie, myslíme, tu nehrozí.

cedentom implikácie, pričom konzekvens bude $R_c(a, b)$ alebo $\overline{R_c(a, b)}$. Celá kauzálna výpoveď vyjadruje výsledok experimentu. To znamená, že všetky tieto pokusy sú súčiastkou experimentu. Experiment je komplex postupov alebo súhrn pokusov, ktorými zistíme existenciu alebo neexistenciu kauzálneho vzťahu. Pokus je elementárny postup, ktorým zisťujeme, aká hodnota východu odpovedá danej hodnote vchodu. Pri $S_{ir1, 1}$ sa pokus stotožňuje s experimentom, no už pri $S_{ir2, 1}$ sa experiment skladá aspoň z dvoch pokusov. Z tohto hľadiska (4.23) bude

$$\left. \begin{array}{l} a_1^1 \ a_2^1 \ b^1 \\ a_1^0 \ a_2^0 \ b^1 \\ \hline R_c(a_1, b) \end{array} \right\} \text{experiment.}$$

prvý pokus,
druhý pokus,

V experimentoch, v ktorých nechceme zistiť faktora určitého účinku, ale len či daný faktor a_i je faktorom účinku b , na ktorom nám záleží, kontrolný bude ten pokus, v ktorom a_i bude mať hodnotu 0. Experiment, ktorý tu analyzujeme, skladá sa z desiatich kontrolných a z desiatich výskumných pokusov. Keď v nich porovnávame hodnoty východu, tak môžeme povedať, že hodnoty pri kontrolných pokusoch sú v priemere nižšie než pri výskumných pokusoch. To však nemusí byť zapríčinené prítomnosťou umelého hnojiva, ale náhodným pôsobením iných faktorov (na ktorých nám nezáleží). Aby sme túto možnosť vylúčili, musia naše experimenty spĺňať niektoré podmienky. Tieto sa delia na podmienky vyplývajúce z povahy S_{ir} vyjadrené hlavnými vetami o S_{ir} a na štatistické podmienky (ktoré vlastne tiež závisia od povahy skúmaných súborov). Z podmienok prvého druhu je najdôležitejšia druhá hlavná veta o S_{ir} . Experimentovanie musíme realizovať tak, aby platnosť tejto vety bola čo najväčšia, t. j. aby sa v čo najväčšej miere zaistila uniformita postupu pri každom pokuse. Dá sa to dosiahnuť viac spôsobami. Buď priamym vylúčením vedľajších faktorov, buď vyrovnaním a znáhodnotením pokusov.⁵³ Prvý spôsob sa dá zriedkakedy uskutočniť. Preto musíme pokusy usporiadať tak, aby sa vplyv vedľajších faktorov *vyrovnal*. Povedzme, že naše pokusy s umelým hnojivom robíme v skleníku, ktorý má okná len na západ. Rastliny potom musíme rozmiestniť tak, aby na pokusné a kontrolné políčka dopadlo rovnaké množstvo svetla, lebo v opačnom prípade by sme nevedeli, či rozdiel hodnôt v pokusnej a kontrolnej skupine nebol zapríčinený nie hnojivom ale svetlom. Dá sa to urobiť napr. nasledovne:



Situácia bude zložitejšou, keď na severnej strane skleníka je potrubie parného kúrenia alebo iný zdroj tepla, takže pokusné a kontrolné rastliny musia dostať

⁵³ V. Myslivec, c. d., 27 a n.

rovnaké množstvo tepla a svetla. No ani v týchto prípadoch nevieme, či na rast a výnos rastlín pôsobia rovnaké príčiny, lebo nevieme, či na pole najlepšej (najhoršej) bonity sme nezasadili najkvalitnejšie (najnekvalitnejšie) semeno. Aby sme túto možnosť v najvyššej miere vylúčili, musíme *znáhodniť* výber semien a polí, t. j. znáhodniť experiment. Každé pole a semeno očísľujeme a potom losujeme. Ešte lepšie je, keď pokusy robíme pomocou latinského štvorca. Celé pole sa rozdeľ na N^2 štvorcov, pričom semená jednej kvality sa v jednom rade nemôže dvakrát vyskytnúť, takže všetky semená majú rovnakú nádej, že sa dostanú do pôdy rovnakej bonity. Ak máme päť druhov semien a päť bonít pôdy, dostaneme

B E D C A
C A B E D
D B C A E
E C A D B
A D E B C.

Čo sa týka štatistických podmienok, musíme sa uspokojiť len s obsahovými úvahami. Vychádzame pritom z toho, že veľkosť úrody na jednotlivých poliach zaznamenaná v stĺpcoch b_{1i} a b_{2i} je účinok určitých príčin. Pokusy, ktoré sme robili, sú len výberom z celého radu možných pokusov. Tieto pokusy by nám určili ďalšie hodnoty východu b_1 a b_2 . Všetky tieto hodnoty tvoria súbory, súbor b_{1i} a b_{2j} , kde $i = 1, \dots, 10, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, 10, \dots, n$. Vieme, že prvý druh polí (súbor b_{1i}) sa líši od druhého druhu polí (od súboru b_{2j}) tým, že v prvom sa aplikuje umelé hnojivo (že b_1 je aj výsledok pôsobenia umelého hnojiva) a v druhom nie. Preto keby umelé hnojivo nebolo príčinou vyššej úrody, obidva druhy polí by boli rovnaké, tvorili by jeden druh, jeden súbor polí. A pretože polia by patrili do jedného súboru, t. j. pretože na všetkých poliach by pôsobili rovnaké príčiny, aj úroda by bola účinkom rovnakých príčin, bola by teda na všetkých poliach, okrem náhodných odchýlok, rovnaká. Preto by hodnoty v obidvoch stĺpcoch b_{1i} , b_{2j} patrili do toho istého súboru.

Výpoveď, že obidva stĺpce patria do toho istého súboru (že teda umelé hnojivo nie je príčinou vyššej úrody), volá sa *nulová hypotéza*.⁵⁴ Cieľom kauzálneho výskumu je falzifikovať nulovú hypotézu. Postupuje sa pri tom zhruba nasledovne. Môžeme povedať, že kolísanie, premenlivosť hodnôt v b_{1i} , t. j. rozdiel medzi aritmetickým priemerom a skutočnou hodnotou, je spôsobená náhodnými vplyvmi a keďže obidva súbory sú také isté, také isté kolísanie bude aj v b_{2j} a v $b_{1i} + b_{2j}$ slovom súbor b_{1i} bude mať také isté štatistické vlastnosti ako b_{2j} , resp. $b_{1i} + b_{2j}$. Ako štatistické vlastnosti prichádzajú do úvahy priemery, odchýlky od priemerov, súčet odchýlok, štvorce odchýlok, súčet štvorcov a rozptyly. Keď sa tieto veličiny súboru b_{1i} a súboru b_{2j} alebo $b_{1i} + b_{2j}$ (určitou v štatistike presne určenou mierou) od seba líšia, nemôže to byť náhodné, ale je to vplyv skúmaného faktora. V našom príklade to bude vyzeráť nasledovne (pozri tab. 2).

⁵⁴ R. A. Fischer, c. d., 15 a n.

Tabuľka 2

Pokusy s P_2O_5		Kontrolné pokusy	
Odchýlka od priemeru ($b_{1i} - \bar{b}_1$)	Štvorec odchýlok ($b_{1i} - \bar{b}_1$) ²	Odchýlka od priemeru ($b_{2j} - \bar{b}_2$)	Štvorec odchýlok ($b_{2j} - \bar{b}_2$) ²
0,2	0,04	-0,1	0,01
-0,3	0,09	0,2	0,04
0,5	0,25	-0,1	0,01
0	0	0	0
0,3	0,09	0,1	0,01
-0,2	0,04	0	0
-0,3	0,09	0,3	0,09
0	0	-0,2	0,04
0	0	0	0
-0,2	0,04	-0,2	0,04
10 $\Sigma (b_{1i} - \bar{b}_1)^2 = 0,64$ $j=1$		10 $\Sigma (b_{2j} - \bar{b}_2)^2 = 0,24$ $i=1$	

Tieto hodnoty sú také rozdielne, že nemôžu byť výsledkami náhody (presne sa to určí podľa testu významnosti).⁵⁵

Zložitejší je experiment, v ktorom skúmame pôsobenie rôznych stupňov jedného faktora (napr. rôznych dávok toho istého hnojiva) a hľadáme najefektívnejšiu dávku. Postup je podobný ako pri prvom prípade. Do jedného riadku píšeme výsledky pôsobenia faktora na tej istej úrovni, do ďalšieho riadku dáme výsledky pôsobenia faktora inej úrovne (iného stupňa). Tu ide o S_{ir} , v ktorých vchody majú viac hodnôt. Ak chceme preskúmať pôsobenie faktora na m úrovniach a ak chceme s faktorom každej úrovne pokus n krát opakovať, musíme previesť $m \cdot n$ pokusov. Pri tomto experimente sa stretávame s dvojakou premenlivosťou. S premenlivosťou v riadkoch, v ktorých sa vyjadruje pôsobenie toho istého stupňa jedného faktora a ktorá vzniká pôsobením náhodných vplyvov a s premenlivosťou medzi riadkami, ktorá je spôsobená pôsobením rôznych stupňov faktora. Ak sa tieto premenlivosti veľmi líšia, tak to nemôže byť náhodou, ale vplyvom skúmaného faktora.

Všetky doteraz skúmané experimenty majú spoločné to, že sa v nich v danom čase mení len *jeden* faktor. Experimentátori sa nazdávali, že príčiny spôsobujúce účinky preskúmame len tak, keď ich izolujeme na určitý počet elementárnych faktorov, ktoré po jednom (pri nemenení ostatných) necháme pôsobiť a skúmame účinok týchto jednotlivých faktorov.⁵⁶ Tento druh experimentu sa volá

⁵⁵ J. Janko, *Jak vytváří statistika obrazy světa a života II*, Praha 1942, 46.

⁵⁶ R. A. Fischer, c. d., 91.

aj *klasickým* a je realizovaním Millových kánonov. Jeho nevýhoda je v tom, že pri skúmaní dvoch faktorov sa zdvojnásobuje čas trvania experimentu, vzrastajú náklady a pod. Tieto nedostatky sa odstraňujú *m-faktorovým* experimentom, ktorým sa skúma *súčasné* pôsobenie *m* príčin na účinok.⁵⁷ Za príklad vezmeme *dvoj-faktorový* experiment. Chceme napr. preskúmať účinky (výšku úrody) pôsobenia rôznych dávok hnojiva (jeden faktor) na rôzne druhy rastlín (druhý faktor) alebo účinok rôzneho druhu kŕmenia na rôzne druhy kráv, Kravy štyroch skupín (1, 2, 3, 4) kŕmime troma druhmi krmiva (A, B, C) a skúmame prírastky na váhe. Dostaneme tabuľku 3.

Tabuľka 3

Druh kŕmenia	Druhy kráv			4	Riadkový súčet	Riad. priemer
	1	2	3			
A	7,0	16,0	10,5	13,5	47,0	$\bar{b}_{1.} = 11,750$
B	14,0	15,5	15,0	21,0	65,5	$\bar{b}_{2.} = 16,375$
C	8,5	16,5	9,5	13,5	48,0	$\bar{b}_{3.} = 12,000$
Stĺpcový súčet	29,5	48,0	35,0	48,0	Utvoríme celkový súčet = 160,5. Utvoríme celkový priemer	
Stĺpcový priemer	$\bar{b}_{.1} = 9,833$	$\bar{b}_{.2} = 16,00$	$\bar{b}_{.3} = 11,667$	$\bar{b}_{.4} = 16,00$	$\frac{160,5}{12} = 13,375.$	

Pri tomto experimente sa stretneme s premenlivosťou trojakého druhu. Premennivosťou medzi riadkami sa vyjadří vplyv rôzneho druhu kŕmenia, premenlivosťou medzi stĺpcami sa vyjadří vplyv rôznych druhov kráv a konečne je ešte premenlivosť, ktorou sa vyjadria *náhodné vplyvy*. Vieme, že premenlivosť vyjadrujeme súčtom odchýlok hodnôt od priemeru a štvorcem týchto súčtov. Určíme najprv celkovú premenlivosť tak, že vypočítame súčet odchýlok všetkých hodnôt od priemeru a štvorec týchto súčtov. Potom určíme premenlivosť medzi riadkami tak, že vypočítame súčet štvorcov odchýlok hodnôt $\bar{b}_{1.}, \dots, \bar{b}_{3.}$ od celkového priemeru⁵⁸ a premenlivosť medzi stĺpcami tým, že vypočítame súčet štvorcov odchýlok hodnôt $\bar{b}_{.1}, \dots, \bar{b}_{.4}$ od celkového priemeru. Tieto dva súčty štvorcov sčítame a výsledok odčítame od celkovej premenlivosti. Takto získaný výsledok bude premenlivosť spôsobená náhodne. Náš príklad môžeme zovšeobecniť a dostaneme tabuľku 4.

⁵⁷ Teória týchto pokusov prekračuje Millovu koncepciu kauzality a teda aj Millove kánony.

⁵⁸ Pri riadkoch a stĺpcoch je bežný index označený bodkou.

Tabuľka 4

Druh prvého faktora	Druh druhého faktora	Riadkový súčet	Riadkový priemer
	1 ... j-tý ... n-tý		
1 i-tý m-tý	$b_{11} \dots b_{1j} \dots b_{1n}$ $b_{i1} \dots b_{ij} \dots b_{in}$ $b_{m1} \dots b_{mj} \dots b_{mn}$		$\bar{b}_{1.}$ $\bar{b}_{i.}$ $\bar{b}_{m.}$
Stĺpcový súčet Stĺpcový priemer	$\bar{b}_{.1} \dots \bar{b}_{.j} \dots \bar{b}_{.n}$	$\begin{matrix} m & n \\ \text{celkový súčet } \Sigma & \Sigma b_{ij} \\ i=1 & j=1 \end{matrix}$	celkový priemer $\bar{b}$

Podobnú tabuľku by sme dostali, keby sme určovali súčet štvorcov

$$\sum_{i=1}^m (\bar{b}_{i.} - \bar{b})^2, \quad \sum_{j=1}^n (\bar{b}_{.j} - \bar{b})^2, \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\bar{b}_{ij} - \bar{b})^2.$$

Faktorové experimenty nielenže skracujú dobu trvania experimentu, ale pri súčasnom pôsobení viac faktorov sú vlastne nutné. Teória o tom, že čiastočné príčiny nepôsobia na seba, môže sa chápať ako zabsolutizované vyjadrenie možností obsiahnutých v klasických experimentoch. Zo skúsenosti vieme, že keď skúsime účinok činiteľa a_1 a k nemu pripojíme činiteľa a_2 , tak sa účinok veľmi zväčší, keď však k a_1 pripojíme napr. činiteľa a_3 , účinok sa zmenší tak, že môže byť menší než účinok samého a_1 . To si vieme vysvetliť len tak, že a_1 a a_2 , resp. a_3 na seba pôsobia, t. j. že sú v interakcii a tak na seba pôsobiace spôsobujú účinok. Ak by sme urobili koľkokoľvek klasických experimentov, interakciu by sme nimi nemohli preskúmať. Interakciu medzi príčinami môžeme určiť pomocou viac kritérií, z ktorých uvedieme len jedno. Skúmame interakciu dvoch činiteľov a_1, a_2 na dvoch úrovniach (dostaneme tak $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$). Ak a_1 a a_2 sú nezávislé (ak je medzi nimi nulová interakcia), tak rozdiel v účinkoch b je taký istý, či je činiteľ a_2 prítomný alebo neprítomný a účinok činiteľa a_1 nezávisí od stupňa činiteľa a_2 .⁵⁹ Celú zložitú situáciu si osvetlíme na prispôbenom prí-

Tabuľka 5

Hlboká orba a_2	Použitie hnojiva b_2	Bez hnojiva b_1	Riadkový priemer	$b_{.2} - b_{.1}$
Plytká orba a_1	72,0 58,0	64,0 34,0	68,0 46,0	8,0 24,0
Stĺpcový priemer	65,0	49,0	57,0 celkový priemer	
$a_2 - a_1$	14,0	30,0		

⁵⁹ Cochran - Cox, *Experimental designs*, New York 1950, 123.

klade (ktorý je z poľnohospodárskeho hľadiska sotva pravdivý). Máme preskúmať vzťah medzi hĺbkou orby, hnojivom a výškou úrody. Predpokladajme, že jedna orba bude mať hĺbku 18 cm a druhá 30 cm a že použijeme amonné hnojivo. Pozri tabuľku 5.

Z tejto tabuľky musíme vyčítať odpovede na dve otázky, a to, či a a b sú príčiny a či sú v interakcii. Či hĺbka orby je dôležitým činiteľom (jednou z príčin výšky úrody), môžeme ľahko určiť už známym spôsobom, ktorý tu použijeme len nepresne, zjednodušene. Ak by hĺbka orby a_1 , a_2 nebola určujúcim činiteľom, tak odchýlky od celkového priemeru 57,0 pri a_1 a a_2 by (okrem náhodných kolísaní) boli rovnaké. No súčet odchýlok pri a_1 je -23 , pri a_2 je $+22$. Tento veľký rozdiel⁶⁰ nemôže byť náhodný. Podobne (v našom prípade kladne) odpovieme na otázku, či b_1 , b_2 sú dôležité faktory.

Keby medzi činiteľmi a a b nebola interakcia, tak rozdiel medzi $b_2 - b_1$ by bol stále ten istý aj pri hlbkej aj pri plytkej orbe. To znamená, že veličiny 8 a 24 by boli tie isté. To však nie je možné. Rovnako sa to vzťahuje aj na rozdiel $a_2 - a_1$. Tieto veľké rozdiely sa nedajú vysvetliť náhodou a ukazujú na interakciu, ktorej veľkosť sa dá vypočítať.

Zložitejší je faktorový experiment typu $2 \times 2 \times 2$, ktorým sa napr. skúma vplyv dusíkatého, draselného a fosforečného hnojiva na úrodu, pričom sa skúma vplyv každého hnojiva a vplyv ich kombinácií. Experimenty typu 3×3 skúmajú pôsobenie dvoch faktorov, z ktorých každý môže mať tri hodnoty, t. j. skúmajú systémy $S_{ir\ 3,1}$. Všetky tieto a im podobné druhy experimentov môžeme vyjadriť prostriedkami a terminológiou S_{ir} .

Z hľadiska dokonalosti podmienok pre experiment rozoznávame laboratórny a prevádzkový (priemyselný) experiment. Laboratórny experiment sa robí v okolnostiach, v ktorých je počet neznámych vplyvov zredukovaný na minimum, z čoho nasleduje však to, že výsledky laboratórnych experimentov sú v širších, všeobecnejších priemyselných podmienkach niekedy neplatné. Prevádzanie laboratórnych podmienok do priemyselných alebo využitie laboratórnych experimentov v priemysle je možné na základe využitia vzťahu podobnosti, pričom nejde o podobnosť vlastností, ale celých štruktúr. Menšia miera kontrolovateľnosti priemyselného experimentu sa vyvažuje použitím m -faktorových experimentov, kde sa pri malom počte experimentov môže vziať do úvahy väčšie množstvo činiteľov, čím sa znižuje idealizácia podmienok. Príroda sa nepodobá laboratóriu, ale priemyslu. Tým sú určené aj tendencie pri experimentovaní.

(Pokračovanie)

⁶⁰ $57 - 72 = -15$, $57 - 64 = -7$, $-15 - 7 = -23$; $57 - 58 = -1$, $57 - 34 = 23$, $23 - 1 = 22$.