

KVANTIFIKÁCIA AKO METÓDA S MERATEĽNÝMI VLASTNOSTAMI

JURAJ BOLF — ŠTEFAN DUBNIČKA, Ústav merania a meracej techniky CEFV SAV, Bratislava

BOLF, J. — DUBNIČKA, Š.: Quantification as a Method of Measurable Qualities.

Filozofia 41, 1986, No. 1, p. 73.

The paper examines methodological problems of quantification as a method of scientific cognition. The authors analyze quantitative methods in the experiment. They show that measure is a unifying factor of quality and quantity in view of the two categories. If a figure sign is added to a measure, the measure enters in this unifying function in a causal process which is called measurement. Measurement is analyzed here as the basic quantitative concept. The very concept of quantification is understood as a transition from classificatory notions to metrical notions. In the end of the paper it comes out that observation and measurement are a substantial mediating link between objects and phenomena of the material world.

Kvantitatívne metódy v experimente

Je viac možností ako opísať pojem merania. Obyčajne sa v tom najširšom chápaní vysvetľuje ako metóda, ktorá nám dovolí kvantifikovať rôzne druhy vlastností známe na objekte alebo jave. Tým sa umožní napríklad vhodné očíslovanie údajov, ktoré nám proces merateľnosti na objekte, jave dovolí vykonať. Kvantifikáciu možno potom pokladať aj za numerické operácie na objekte alebo operácie, ktoré dovoľia separovať, rozlišovať, vymedzovať, alebo inak povedané, klasifikovať podľa číselného označenia (údajov) vlastností objektov, javov. Kvantifikácia takto rieši problém merateľných vlastností.

Ak v kvantifikácii ako metóde priradovania vykonávame operácie v rade číselných údajov k nejakým separovateľným vlastnostiam, stavom na sledovaných objektoch, potom musíme hľadať aj vhodné pojmy, ktoré náležite vyplnia obsah metódy. Základné pojmy vzťahujúce sa na pojem *merania* sú: výber, miera, merateľnosť, náhodný proces. Tu sa snažíme hľadať k numerickým operáciám vhodné pochopiteľné empirické protiklady. Stručne povedané, k pravidlám alebo operáciám viažeme striktné logicky zdôvodnené racionálne metódy, založené na objektívnych skúsenostiach. Pritom numerické operácie sú viazané na algebraické štruktúry a pri sčítavaní (odčítavaní, násobení a delení) dvojíc čísel a, b priradujeme im nové číslo, ktoré nazývame súčtom (rozdielom, súčinom, podielom) čísel a, b . Pri každej numerickej operácii s prvkami a a b priradujeme týmto prvkom istý prvok — kompozíciu prvkov a, b , ktoré sú zahrnuté v nejakej množine A .

Najčastejšie sa vyskytujúce operácie sú jednoprvkové (unárne) operácie a binárne operácie. Napríklad na množine všetkých regulárnych matic daného stupňa je unárnou operáciou invertovanie, čo zna-

mená prechod k inverznej matici. Z toho vyplýva, že oborom definície unárnej operácie nemusí byť len množina čísel. Binárne operácie sú operácie s číslami alebo s maticami, vektormi, funkciami, množinami, logickými výrazmi, udalosťami v pravdepodobnostnom chápaní a pod. V meracom procese používame pre binárnu operáciu *aditívny* zápis, čo znamená, že pre tento druh operácie použijeme znak $+$ a kombináciu prvkov a, b označujeme znakom $a + b$. V aditívnom zápise sú tak isto významné pojmy: výber, miera, merateľnosť.

Výber v metodologickom chápaní možno označiť ako oddeľovanie, separovanie objektov podľa nejakých *znakov* alebo aj podľa opisu, no nikdy nie podľa konvencie. Tento proces činnosti robíme odhadom (nie v zmysle štatistickom). Odhad je preto vždy približný, ba často neurčitý výber. Rozhodujúci je súhrn vedomostí subjektu o objektoch, predmetoch či dokonca javoch, na ktorých výber robíme. Výber vedie k súboru, množine vybraných objektov, predmetov, prvkov, javov. Presný výber v podstate neexistuje, pretože ku každému výberu môžeme vzťahnúť taký počet požadovaných vlastností, že sa výber stane nerealizovateľný. Presný výber je možný vzhľadom na číselné znaky celých čísel, napr. desať mužov a desať žien. Ďalšie znaky tak u mužov, ako aj u žien môžu byť presné zasa len v kvantite: dve ruky, dvojce očí, jedna hlava a pod. a znaky o vlastnostiach rúk, očí, hláv ..., sú takmer nevyčerpatelné. Môže existovať kvalita výberu? Prísne vzaté len v kvantite celých čísel. Aby bol výber vôbec možný, je z hľadiska dosiahnuteľnosti *kvality* aj v nečíselných znakoch potrebné zaviesť pojem *miery*. Ak nám predtým celočíselný znak označoval požadovanú kvalitu, je miera priradovania ďaleko všeobecnejšia. Výber môže byť miera uvažovaná na číselné znaky, potom vedie výber ku *kvantifikácii*.

Podstata výberu spočíva v kvalite, čiže výber je kvalitný len vtedy, ak mu priradíme *mieru* ako zjednocujúci faktor medzi kvalitou a nutnou kvantitou ako súboru znakov daného výberu. Inými slovami *miera* v tom najvšeobecnejšom zmysle v určitom rozumnom intervale zjednocuje požiadavky výberu vzhľadom na kvalitu a kvantitu prvkov súboru.

Poznávacie znaky výberom zoskupovaných prvkov vytvárajú triedy, ktoré vo svojej vnútornej štruktúre nie sú nikdy homogénne, pretože odhadom získané kvantitatívne charakteristiky kvality znakov nie sú konečné. Ani prítomnosť miery nemôže odstrániť podstatu výberu, ktorá spočíva v odhade a tento odhad je náhodný. Miera nemôže byť preto len ako kvalitatívna charakteristika alebo len kvantitatívny znak. *Miera je zjednocujúci faktor medzi kvalitou a kvantitou. A len keď miere priradíme číselný znak, vstupuje miera v tejto zjednocujúcej funkcii do náhodného procesu, ktorý voláme meranie.*

Tvorba empirických tried

Tvorba empirických tried je v teóriách pravdepodobnosti, štatistike

a v teórii experimentu jednou z prvých úloh experimentátora. Preto je nutné poukázať na metodiku tvorby tried v tom najvšeobecnejšom zmysle. Vychádza sa pritom z faktu, že pri zaradovaní empirických objektov do rôznych tried sa berú do úvahy zhodné, podobné vlastnosti, pričom je nutné splniť tieto podmienky:

1. Vykonať klasifikáciu objektov štandardných vlastností a zoskupiť ich do triedy podľa nejakého pravidla klasifikácie alebo pravidla podobnosti.

2. Klasifikácia objektu je prvkom klasifikačnej alebo podobnostnej triedy vtedy, ak vyhovuje pravidlám alebo miere vzťahnutej na všetky vybrané objekty, prvky danej triedy.

Pri tvorbe tried môže prichádzať do úvahy viacej kritérií, metód, hľadísk, mier. Metóda nám dovoľuje definovať podrobnejšie niektoré dominantné — štandardné vlastnosti alebo podobnosti tried, a to často, pomocou iných podobnostných tried, no *neumožňuje* nám *definovať* a tým aj úplne vyčerpať všetky klasifikačné alebo podobnostné triedy. Vo vede a v bežnej praxi existuje mnoho možných metód, pomocou ktorých možno urobiť zoskupenie objektov, prvkov podľa štandardných a neštandardných zaužívaných *metód* alebo postupov a u ktorých sa vedecké kritériá alebo praktické skúsenosti môžu prelínať. Nie ale na úkor klasifikačných podobnostných pravidiel, kde významnú úlohu môže hrať miera s kvalitatívnou, ale hlavne kvantitatívnou vlastnosťou. Preto zoskupené triedy vlastností alebo podoby môžu tvoriť *podobnostné* triedy alebo triedy *číslic*. Ako v prípade podobnostnej triedy, tak aj v prípade triedy číslíc sú rozhodujúce metódy, pomocou ktorých sa tvoria podobnostné prvky alebo číslice. Metódy obyčajne nezávisia od toho, ako a za akých okolností a času boli vlastnosti alebo podoby získavané.

Pri výbere metód musíme počítať, že existujú také, pomocou ktorých produkujeme aj nulové prípady, t. j. neprípúšťame žiadne hraničné nejasné prípady, o ktorých by bolo možné súdiť, že sú to prvky nejakej triedy číslíc. Naproti tomu sú metódy, pomocou ktorých zoskupujeme vlastnosti, podobnosť prvkov do tried na základe približných vlastností, slabých rozlíšiteľností, čím vznikajú tzv. *neutrálne* (neisté) *prvky*.

Neisté prvky sú vždy stredobodom pozornosti experimentátora a sú častokrát mierou pre určitú klasifikáciu zvolenej triedy. Nepresné triedy a neutrálne objekty, neisté prvky sú pre klasickú logiku niečo celkom cudzie. Na druhej strane logická diferenciácia alebo klasifikácia plodiaca neúplné alebo nepresné triedy je spätá s rôznym subjektívnym postojom ľudí, ktorí zoskupujú triedy a ľudí, ktorí netvorí ale používajú tieto triedy. Neúplnosť tried a ich prípadná nepresnosť nie je nepredvídaná, skôr je očakávaná. Nepresnosť podobnostných, ale aj klasifikačných tried nie je len očakávaná, ale skôr evidentná črta tried. Ak teoretik, experimentátor alebo praktik nevie rozhodnúť, kam sledovaný objekt alebo prvok zaradiť, do ktorej triedy, nijako z toho nevyplýva, že objekt alebo prvok nemá „čistú“ biologickú podobu alebo vlastnosť a že preto

nemá nič exaktne ohraničené, že je celkom neurčitý aj so všetkými jeho zložkami. *Neurčitosť* objektov alebo prvkov je v určitej hladine poznávania celkom prijateľná, ba zlučiteľná s určitosťou na inej hladine. Zoskupenie, klasifikácia tried vždy odpovedá určitému stupňu hladiny poznávania a závisí zaručene od schopnosti subjektu pozitívne zvládnuť danú úlohu. Akonáhle vyslovíme charakteristiku podobnosti, vlastnosti o sledovanom prvku, objekte, vždy sa nachádzame v nebezpečenstve omylu. Toto nebezpečenstvo je malé, ak je naše tvrdenie jednoduché, alebo ak to, čo sme zistili, len opisujeme. Zložitejšia situácia vzniká, ak začneme získané poznatky interpretovať. Všeobecne je známe, že interpretácia je viac ako jednoduchý opis. Okrem pozorovaných charakteristík sa snažíme uviesť o objekte viac. To znamená, ak sledovanému objektu, prvku zaradenému do triedy *S* interpretujeme jeho vlastnosti, formu, potom môžu sledované vlastnosti podobnosti prekročiť danú triedu *S* aj napriek tomu, že prvok zostáva v tejto triede ďalej.

Meranie ako základný kvantitatívny pojem

Pokúsili sme sa upresniť pojem *meranie* pomocou výberu. Ako sme už uviedli, výber je významným pojmom v správnom chápaní kvality a kvantity, resp. jeho zjednocujúceho významu. Vo výbere je rozhodujúci znak s jeho kvalitatívnymi charakteristikami získanými kvantifikáciou, t. j. číselným označením. Vybranými znakmi sú všetky známe vlastnosti objektov, javov.

Upresňovanie kvalitatívnej stránky znakov nerobíme svojvoľne, ale podľa fyzikálnych, chemických, biologických zákonov, pravidiel a výrokov. Pôsobenie miery určitého znaku vo výbere fyzikálnych alebo chemických a biologických vlastností nemusí byť také silné, že sledované objekty presne zobrazí v ich skutočnej forme, ich podstatnej vlastnosti, schopnosti, pretože výber je vždy náhodným odhadom. Keď separujeme vo výbere zlato len podľa jeho sfarbenia, nevyčerpávame určenie jeho fyzikálnych alebo chemických vlastností. Existujú ďalšie kvalitatívne znaky založené napr. na stanovení hmotnosti zlata, jeho chemickej, elektrickej, magnetickej rezistencie, časovej stálosti a pod., ktoré kategorizujú zlato do rôznych ďalších a ďalších tried. Táto mnohoznačnosť fyzikálnych, chemických a biologických objektov je základom kvalitatívnych a kvantitatívnych znakov v ich výbere pomocou *miery*.

Pojem *miera* má všeobecný zmysel predovšetkým z hľadiska metodologického, ale má tiež veľký význam z hľadiska matematického, fyzikálneho, meracieho a metrologického.

Mieru považujeme za zovšeobecňujúci faktor, zjednocujúci významné kategórie kvality a kvantity. Miera je zvláštna štruktúra určitého druhu jednoty. Filozofia definuje mieru ako organickú jednotu kvality a kvantity nejakého objektu, javu. Vo výbere, separácii objektov podľa znakovej príslušnosti pripisujeme každému kvalitatívnemu znaku tiež

kvantitatívne údaje. Popri kvalite znaku nás zaujíma, koľko objektov danému znaku vyhovuje a ako danej kvalite istého znaku priradiť číslo. Ak je to číslo, ktoré nás upozorňuje na zmenu kvalitatívnych vlastností znakovej príslušnosti. Každá zmena vlastností podlieha číselnému znaku a stupeň tejto zmeny alebo upresnenie tejto zmeny je mierou tejto závislosti. Každý objekt, jav, podlieha tejto zvláštnej znakovej jednotke, čím sa objekt, jav stáva bohatším pri každom druhu opisu jeho vlastností, stavov, rozmerov a pod., a to tak matematickom, fyzikálnom ako aj inom opise a presnom zobrazení.

Kvantifikácia ľubovoľných merateľných vlastností rešpektujúca funkciu snímačov predstavuje vhodné usporiadanie zvolených znakov vlastných meranej veličine. Je to istý druh sémanticko-syntetickej štruktúry prejavujúcej sa v prvom priblížení ako trojica $\langle \alpha, \beta, \gamma \rangle$, kde α je zvolený jazyk, β je operácia empirického výsledku a γ je systém pravidiel alebo axióm zvolenej teórie. Ak sa nám podarí nájsť empirické operácie majúce konkrétne merateľné vlastnosti snímača, analogické s vlastnosťami numerických operácií, možno hovoriť o kvantifikácii predstavujúcej homomorfné zobrazenie objektov, deja alebo systému. Tu ide o také zobrazenie $x \rightarrow x'$ množiny E_1 do množiny E_2 , pri ktorom ľubovoľnému $x \in E_1$ sa priraďuje istý prvok $x' \in E_2$, pričom predpokladáme, že množina hodnôt splýva s celým E_2 (t. zn. že svojimi vlastnosťami patrí do tej istej triedy). Pod pojmom fyzikálna vlastnosť máme na mysli vlastnosť meranej veličiny danú jej matematickým opisom (napr. napätie $\delta_i = P/F$) alebo vlastnosť charakterizovanú fyzikálnymi zákonmi o elektrine, magnetizme, teple, gravitačných a iných poliach a pod., ako aj vlastnosť danú nejakými osobitnými kritériami (napr. závislosť dĺžkových zmien látok od teploty, zmena statického tlaku kvapaliny na výške vodného stĺpca a pod.).

Vo fyzikálnych experimentoch sme zvyknutí hovoriť o konkrétnych vlastnostiach objektov, skrytých pod pojmom meraná veličina a meranie sa chápe len ako empirická procedúra alebo len ako operacionálna procedúra v zmysle manipulácie s fyzikálnymi veličinami. Ak sa presadzuje len jedno z týchto hľadísk a meranie sa redukuje napríklad len na fakt empirie, potom sa mlčky súhlasí s podstatou empirizmu, podľa ktorej existujú len empirické alebo len teoretické metódy poznávania. Takáto klasifikácia je priúzká na to, aby sme v procese poznávania nebrali do úvahy vzájomné väzby a vzťahy existujúce medzi subjektom a prírodou pri vysvetľovaní a skúmaní podstaty a javovej stránky prírody. Ak redukuje meranie na fakt operacionalizmu, potom merací proces je púhou zmysluprázdnu operáciou. Ak v metódach analýzy poznávame v použitých pojmoch len operácie meracieho procesu, potom je uznávanie samotných objektov alebo javov nezávislých od operácií merania nezmyselné. Operacionálne teoretické konštrukcie sa opierajú o také experimentálne opakovateľné operácie, pomocou ktorých sú objektívne výsledky prístupné bezprostrednému empirickému pozorovaniu

alebo meraniu. Jeden a ten istý vedecký pojem môže mať veľa operacionálnych definícií, ktoré ukazujú na rôzne empirické situácie pri jeho aplikácii tak, ako ich vysvetľuje hypoteticko-deduktívna teória. Je známe, že hypoteticko-deduktívna teória nie je priamo spätá so skúsenosťou. Navyše, táto teória kodifikuje súčasnú fázu vedeckej teoretickej činnosti na časovo neurčenú (atemporálnu) relaxčnú štruktúru, málo vystihujúcu skúmanú realitu.

Pojem kvantifikácia možno chápať ako prechod od klasifikatorických pojmov k pojmom metrickým alebo tiež ako procedúru, v ktorej sa empirické premenné dostávajú do procesu združovania alebo istého zjednocovania s numerickými premennými, a to bez akéhokoľvek nároku na ich nejakú náhradu alebo redukciu. Takéto združovanie vedie k zjednocovaniu miery pomocou čísla, a to podľa istej fyzikálnej štruktúry vlastnej fyzikálnym veličinám.

Kvantifikácia tohto druhu je operacionálne charakterizovaná procedúrami očíslovávania fyzikálnych veličín podľa výberu, miery a merateľnosti v procese merania. Metóda len púheho priraďovania číselných znakov objektom, javom nemôže byť preto ešte meraním.

Podľa predchádzajúcich výpovedí možno z hľadiska účelu a konečného cieľa meranie charakterizovať ako proces vedúci k získaniu kvantitatívnych údajov určitej triedy merateľných vlastností vyšetrovaného objektu ako ich nositeľa, resp. zdroja. Tento proces predpokladá existenciu, splnenie týchto typických zložiek:

1. Skúmaná veličina x_i patrí do triedy objektov kvantitatívneho charakteru.

2. V uvedenej triede existuje vzťažná jednotka x_N korešpondujúcej vlastnosti, a to jednotka objektívna a reprodukovateľná (konvenčný normál) — ak ide o meranie v užšom slova zmysle alebo aspoň jednotka subjektívna v myslení vhodne transponovaná — ak ide o kvantitatívny „odhad“.

3. Prevedenie porovnávacieho procesu medzi veličinou x_i a jednotkou x_N , ktorého výsledkom je číslo n_i blízke číslu $N_i = x_i/x_N$.

Pozorovanie a meranie je takto podstatným sprostredkujúcim článkom medzi objektami a javmi reálneho sveta. Pôsobí však aj pri exploatacii získaných poznatkov, pri aktívnej činnosti človeka a celkove pri využívaní a poznávaní prírody. Preto je pochopiteľné, že sa tejto sprostredkujúcej zložke venuje vo fyzike zvýšená pozornosť.

V zmysle opisu fyzikálnych meraní je lubovoľná merateľná fyzikálna veličina P_j funkcionálne viazaná s indikáciou meracieho prístroja, t. j. $P_j = f(\alpha_j)$. Určenie hodnôt meranej veličiny P_j podľa tejto relácie je málo možné, a to pre mnohoznačnosť funkcie f . Táto je podmienená takmer neobmedzenou množinou možných interakcií v priestore senzora meracieho prístroja, vyvolaných presne známymi účinkami, ale aj podmienkami, ktoré experimentátor nemôže vymedziť. Redukovanie takejto množiny je nutné pomocou meracieho prístroja, ktorý dáva súbor ne-

завислых индикаций $\alpha^{[1]}$, $\alpha^{[2]}$, $\alpha^{[n]}$ а hodnoty meranej veličiny P_j je nevyhnutné určiť ako funkciu nad takouto merateľnou n-ticou.

V konkrétnych experimentoch zložitých fyzikálnych meraní možno z obsahovo bohatej výberovej množiny veličín P_j vyberať odpovedajúcu n-ticu, aby spĺňala podmienky $P_j = F_j$ а $F_j' = \text{invariant}$ а správnu voľbou vystihujúcou fyzikálne charakteristiky dejovej alebo materiálnej stránky objektu možno vytvoriť pri kvázi statickej udalosti nad signálom senzora *nezávislé* funkcionály ($F^{[1]}$, $F^{[n]}$) realizované na báze korelačných prvkov. Z fyzikálneho hľadiska tu ide o súbor nezávislých indikácií opísaných matematickou štruktúrou.

Širšia pôsobnosť pojmu *nezávislých* vlastností vystupujúcich v bohatej výberovej množine veličín sa môže využiť na zostavenie systému parciálnych diferenciálnych rovníc ako relatívne konečného výsledku teórie určujúcej implicitne reláciu medzi súborom nameraných hodnôt ($a^{[1]}$, $a^{[n]}$) а nezávislými vlastnosťami deja alebo objektu.

LITERATÚRA

1. FILKORN, V.: Úvod do metodológie vied. Bratislava 1960.
2. DÖMÖTÖR, Z.: Logické а metodologické základy metronomiky. Acta metronomica, 2, č. 6. Bratislava, ÚTM SAV 1966.
3. ELLIS, B.: Basis concepts of measurement. Cambridge 1968.
4. HALMOŠ, P.: Teoriја mjery. Moskva 1950.
5. KUBÁČEK, L.: On the general problem of adjustment of Measured vavles. 2. Matematický časopis 19, 1969, č. 4.

КВАНТИФИКАЦИЯ КАК МЕТОД С ИЗМЕРЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

Ян Больф, Штефан Дубничка

В статье рассматриваются методологические проблемы квантификации как определенного метода научного познания. Авторы анализируют квантитативные методы в эксперименте. Они показывают, что мера по отношению к категориям количества и качества является объединяющим фактором между качеством и количеством. Если мере придать числовой знак, то мера в этой объединяющей функции вступает в случайный процесс, который мы называем измерением. Измерение рассматривается как основное количественное понятие. Само понятие „квантификация” понимается как переход от классификаторских понятий к метрическим понятиям. В заключении статьи указывается, что наблюдение и измерение являются основным опосредующим звеном между объектами и явлениями материального мира.