

MATEMATIZÁCIA A FORMALIZÁCIA VO VEDECKOM POZNANÍ

JÁN DUBNIČKA, Ústav filozofie a sociológie SAV, Bratislava

DUBNIČKA, J.: Mathematization and Formalization in Scientific Cognition.

Filozofia 40, 1985, No. 4, p. 414—427

The growth of the impact of science on social progress lays high claims on intensification of scientific cognition, on improvement of its methods and development of scientific methodology. Wide elaboration of formal and mathematical research methods contributes towards realization of this task. In the paper problems connected with dialectics of form and content in formal systems are set up, the task, possibilities and limits of formal and mathematical methods in scientific cognition as well as the specific character of formal and mathematical methods in social sciences are discussed.

Súčasná etapa rozvoja vedeckého poznania v podmienkach VTR je charakterizovaná stálym zvyšovaním jeho vplyvu na spoločenský proces (1; 2). Preto sú aj požiadavky na vedecko-výskumnú základňu náročnejšie, a to predovšetkým v smere produktívnosti a efektívnosti vedeckých výskumov. Už na súčasnej úrovni rozvoja našej spoločnosti sa táto úloha nedá realizovať extenzívnym spôsobom — len zvyšovaním počtu vedeckých pracovníkov. Je preto nevyhnutné čo najskôr pristúpiť k intenzifikácii vedeckého výskumu vo všetkých jeho oblastiach, a teda aj na úrovni teoretického poznania.

Jedným z dôležitých smerov intenzifikácie vedeckého poznania je „zdokonalenie metód teoretického poznania, ďalší rozvoj jeho metodológie“ (3; s. 3).

V tomto smere posledné desaťročia rozvoja vedeckého poznania sú charakterizované širokým rozpracovávaním formálnych a matematických metód výskumu, ktoré postupne prenikajú do všetkých oblastí vedeckého poznávania — od fyziky, kozmológie, cez biologické a technické vedy až do spoločenskovedného poznávania. Podstatnou mierou k tomu prispieva rozvoj kybernetiky, teórie informácie, teórie systémov, matematického modelovania, a najmä využívanie počítačovej techniky, ktorá si priamo vyžaduje široké rozpracovanie a aplikáciu formalizovaných jazykov. Formalizácia a matematizácia vedeckého poznania nevystupuje v súčasnosti len ako metóda poznávania, ale zároveň aj ako prostriedok riešenia celého radu praktických úloh.

Prenikanie formálnych a matematických metód výskumu do oblastí, v ktorých sa tradične používali len „obsahové“ metódy prirodzeného jazyka, využívanie množstva umelých formálnych jazykov nastoľuje celý rad veľmi vážnych filozoficko-metodologických problémov (napr. vzťah dialektickej a formálnej metódy, vzťah obsahového a formálneho vo ve-

deckom poznání, možnosti a hranice formalizácie vo vedeckom poznání, atď.) bez riešenia ktorých nemôžeme adekvátne hodnotiť prínos a heuristikú formálnych metód pri poznávaní zákonitostí, vlastností, vzťahov a štruktúr objektívnej skutočnosti, a ich vývojové tendencie.

V rozvíjaní formálnych a matematických metód nejde len o rozširovanie sféry vedeckých výskumov, o obohacovanie obsahu vedeckých teórií, objavovanie nových objektov poznania, ale zároveň sa tu nastoľujú problémy späté so zmenami v logickej štruktúre vedy, s normami a určeniami vedeckosti, s hľadaním nových ciest a postupov pri získavaní nových poznatkov [4].

Z aspektu nastolenej témy vzniká niekoľko aktuálnych otázok.

1. Prečo sa presadzuje v súčasnom vedeckom poznání presný spôsob vyjadrovania, predovšetkým matematického.

2. V čom spočíva prednosť formálnej, matematickej formulácie poznatkov pred ich formuláciou v prirodzenom jazyku?

3. Existujú nejaké hranice možnosti alebo účelnosti používania týchto jazykov v jednotlivých oblastiach vedeckého poznania? Podobné otázky by sme mohli klásť ďalej.

Základným cieľom vedeckého poznávania je objavovanie objektívnych zákonitostí materiálnej skutočnosti a cielavedomé využívanie získaných poznatkov v praktickej činnosti človeka. Ak parafrázujeme K. Marxa, človek poznáva svet preto, aby ho menil. Aktívne a racionálne ontotvorné pôsobenie človeka je vcelku nemožné bez adekvátneho poznávania reality, ktorá ho obklopuje. Toto poznanie umožňuje človeku čo najadekvátnejšie *vysvetľovať* (explikovať) javy materiálnej skutočnosti, ale zároveň ich aj *predvídať* (predikovať). Získavanie poznatkov, ako aj ich praktické využívanie je kolektívnym dielom stále rozsiahlejších sociálnych celkov. Kolektívne získavanie a využívanie poznatkov je v ľudskej spoločnosti podmienené ich formuláciou vo (všeobecne) zrozumiteľných jazykoch, ktoré musia spĺňať určité požiadavky. Medzi najdôležitejšie patrí požiadavka minimálneho rozchodu medzi predikciami a príslušnými materiálnymi objektami, na ktoré sa predpovede vzťahovali, teda na úroveň adekvátnosti odrazu vlastností a podstaty materiálneho objektu v teoretickej výpovedi o tomto objekte.

Tradične sa vedecké poznatky formulovali v prirodzenom jazyku¹, ktorý sa vo vedeckom výskume využíva v rôznom rozsahu ako vedecký jazyk aj dnes, predovšetkým v spoločenských vedách. Z aspektu jeho historického vývinu vystupujú však do popredia niektoré jeho stránky, ktoré sú v protirečení s požiadavkami súčasného vedeckého poznávania. Uvedieme aspoň niektoré, najčastejšie uvádzané.

1. Prirodzený jazyk neumožňuje dosť presný odhad rozdielnosti medzi predikantom a predikovaným javom, čo sa samozrejme negatívne

¹ Pod prirodzeným jazykom budeme rozumieť jazyk, ktorý tvorí základný komunikačný prostriedok spoločnosti.

prejaví z hľadiska jeho použitia ako prostriedku na cieľavedomé praktické pôsobenie v realite na vedeckom základe.

2. Pretože je prirodzený jazyk polysemantický, nezabezpečuje jednoznačnosť vzťahu svojich termínov a príslušných denotátov.

3. Prirodzený jazyk neumožňuje rozlíšiť jazykové a metajazykové výrazy. Vznikajú v ňom rôzne druhy paradoxov.

4. Prirodzený jazyk nevyhovuje ani ako metajazyk objektového jazyka. Neumožňuje dostatočne presný popis štruktúry dôkazov, definícií nových termínov atď [5; s. 11].

Z uvedeného vyplýva, že rast úlohy formálnych a matematických prostriedkov vo vedeckých teóriách má objektívny základ a presadzuje sa ako nevyhnutnosť.²

Základným problémom pri aplikácii formalizovaných jazykov vo vedeckom poznaní je otázka, akým spôsobom môžu formálne systémy vypovedať o objektívnej skutočnosti, čo sme schopní z objektívnej skutočnosti prostredníctvom týchto systémov zachytiť. V podstate ide o vzťahy formy jazykových prostriedkov k obsahovému aspektu.

Metodologickým východiskom daného problému je dialekticko-materialistická koncepcia vzťahu kategórie obsahu a formy a od neho sa odvíjajúca dialektika formálneho a obsahového [6; s. 553—558]. Dialektika formálneho a obsahového sa konkretizuje vo vzájomných vzťahoch obsahových a formálnych metód.³

Podľa metód „rozpoznávania“ výpovedí teórie môžeme všetky teórie rozdeliť na formálne a obsahové. Formálna teória rozlišuje výpovede len podľa ich formy, a preto stačí skúmať len formu daných výpovedí. Ak majú dané výpovede obsah (sémantiku), je nevyhnutné pri rozlišovaní výpovedí teórie tento obsah zanedbať. Z uvedeného vyplýva, že formálna teória môže, ale nemusí mať obsah. Ak má obsah, hovoríme o formálno-obsahovej teórii, ak nemá — o čisto formálnej teórii. V obsahovej teórii sú výpovede rozlíšiteľné z hľadiska obsahu. Takto môžeme vydeliť tri semioticky kvalitatívne odlišné typy teórií. a) čisto formálne; b) formálno-obsahové; c) čisto obsahové [4].

Ak vychádzame zo semiotického a gnozeologického základu klasifikácie vedeckých teórií, môžeme tieto rozdeliť do nasledujúcich tried:

1. čisto formálne,
2. formálno-obsahové gnozeologické,
3. formálno-obsahové negnozeologické,
4. čisto-obsahové gnozeologické,
5. čisto obsahové negnozeologické [7; s. 46].

² Existujúce formálne jazyky zatiaľ nie sú schopné v celej šírke obsiahnuť komunikačné úlohy prirodzeného jazyka, kde nezanedbateľnú úlohu zohrávajú aj emocionálne hľadiská.

³ Tento problém si však z hľadiska súčasnej úrovne rozvoja vedeckého poznania vyžaduje hlbšiu analýzu, a to aj z toho dôvodu, že ani v marxistickej filozofii neexistuje k nemu zatiaľ jednotný prístup.

Čisto formálne logické teórie sú neinterpretované kalkuly, ktoré sa vhodne využívajú ako logické základy čisto formálnych teórií. Ale ani o takejto čisto formálnej logike nemožno tvrdiť, že nemá vzťah ku skúmaniu myslenia. Myslíme si, že aj takéto teórie odrážajú reálnu logiku myslenia s presnosťou až po určité gnozeologické princípy.

Každý jazykový systém má teda svoj obsahový ako aj formálny aspekt.

Ak berieme do úvahy súčasnú úroveň rozpracovávania sémantiky formálnych jazykových systémov, potom každý takýto systém môžeme interpretovať ako jednotu obsahového a formálneho, a teda aj ako možnosť takéhoto systému adekvátne na danej úrovni odrážať zákonitosti, vzťahy, vlastnosti a štruktúry objektívnej skutočnosti. Takýto systém nie je úplný ani z hľadiska obsahového, ani z formálneho a môže sa po každej stránke rozvíjať. Rozpracovávanie súčasných neklasických logík zároveň ukazuje, že sme schopní konštruovať také formálne jazykové systémy, ktorých ďalší vývoj bude stále zmenšovať výrazový rozdiel medzi prirodzenými a formálnymi jazykmi, ako aj rozširovať ich poznávacie možnosti. Celé spektrum existujúcich formálnych modelov kompenzuje stále väčšie bohatstvo a mnohorozmernosť prirodzeného jazyka. Z toho vyplýva, že proces formalizácie vo vedeckom poznaní neznamena len presný jazyk. „Pretože vo formálnom systéme ide o dialektickú jednotu obsahového a formálneho, je možné prostredníctvom týchto systémov analyzovať objektívnu skutočnosť — rozčleňovať jediné, poznávať protirečivé a postupne realizovať syntézu na vyššej úrovni. Takáto syntéza dáva teóriu, ktorá má kvalitatívne nové črty a zvláštnosti [6; s. 557—558].

Otvorenou zostáva zatiaľ otázka, či bude možné obsahové metódy prirodzeného jazyka nahradiť postupne obsahovými metódami formálnych jazykových systémov. V tomto smere treba aj na pôde marxisticko-leninskej filozofie a metodológie rozvinúť intenzívnejší vedecký výskum.

Z doterajších výskumov vyplýva, že dialektiku formálneho a obsahového nemožno redukovať na dialektiku formálnych a prirodzených jazykov. „Reálny progres vedy sa realizuje vo vzájomnom vzťahu obsahových a formálnych metód výskumu, ktoré plnia svoje špecifické funkcie vo vedeckom poznaní, navzájom sa nezamieňujú ani nevylučujú. Formalizácia si nestavia za svoj cieľ vytlačenie intuitívno-obsahových predstáv a prostriedkov analýzy, ale naopak, upresňuje ich.“ [7, s. 85]. Preto ďalší výskum si vyžaduje prehĺbiť analýzu dialektiky formálneho a obsahového vo formálnych jazykoch, hlbšie odhaľovať možnosti a hranice formálnych systémov v rozvoji vedeckého poznania.

Formalizácia

„Pod formalizáciou budeme rozumieť taký proces výskumu skutočností, v ktorom sa jej obsah poznáva prostredníctvom prvkov jej formy.“

(10, s. 646) Logická formalizácia sa začala úspešne rozvíjať len vtedy, keď boli vypracované prostriedky konštrukcie deduktívno-axiomatických kalkuloval logiky.

Formálny systém z hľadiska súčasnej úrovne vedeckého poznania je budovaný nasledovne.

1. Skladá sa z triedy východiskových symbolov, ktoré tvoria slovník a do ktorého vchádzajú symboly rôznych druhov; premenné, konštanty, pomocné symboly. Slovník môže byť konečný alebo nekonečný, ale v ľubovoľnom prípade musí existovať možnosť efektívneho určenia vhodnosti skúmaného konkrétneho symbolu vzhľadom na danú triedu.

2. Skladá sa z triedy formúl, t. j. všetkých výrazov, ktoré môžu byť konštruované zo symbolov v súlade s niektorými efektívnymi podmienkami.

3. Skladá sa z triedy axiém, tvoriacich určitú podtriedu triedy všetkých formúl, pričom zadanie tejto podtriedy musí zabezpečovať efektívnosť pojmu „axiéma“.

4. Skladá sa z konečnej triedy pravidiel vyvodzovania, podľa ktorých záver predstavuje formulu odvodenú z nejakej konečnej množiny formúl, skúmaných v danom prípade ako premisy (9, s. 35—36).

Aby mohli formalizované systémy plniť efektívny nástroj vedeckého poznávania, musia spĺňať určité požiadavky, ktoré sa vzťahujú nielen na ich sémantiku, ale aj na syntax.

1. Trieda výrokov formulujúcich vedecké poznatky, ktoré sú v zhode s opisovanými javmi, musí byť rozhodnuteľná, t. j. o každom výroku daného formálneho systému musí byť možné rozhodnúť, či je pravdivým výrokom v danom jazyku.

2. Trieda usporiadaných dvojíc, v ktorých sa vždy vyskytuje na prvom mieste daná mimologická konštantná jazyka a na druhom mieste denotát tejto konštanty, musí byť rozhodnuteľná, t. j. v každom predmete z univerza jazyka, o každej triede týchto predmetov musíme vedieť rozhodnúť, či je denotátom danej mimologickej konštanty tohto jazyka. S tým úzko súvisí požiadavka jednoznačného priradenia významu mimologickým konštantám jazyka.

3. Trieda všetkých správne utvorených výrazov jazyka musí byť rozhodnuteľná, t. j. o každej postupnosti symbolov jazyka musíme vedieť rozhodnúť, či je správne utvoreným výrazom daného jazyka.

4. Trieda všetkých správnych dôkazov a záverov jazyka musí byť rozhodnuteľná, t. j. o každej postupnosti správne utvorených výrazov musíme vedieť rozhodnúť, či je správnym odvodením v danom jazyku (5, s. 10).

Tieto požiadavky sú veľmi silné a pomocou súčasných formálnych systémov sa spĺňajú zatiaľ len do určitej miery.

Ako sme uviedli, možnosti formálnych systémov pri poznávaní objektívnej skutočnosti, pri ďalšom tvorivom rozvíjaní obsahu vedeckého poznania sú hodnotené rôzne.

Efekt formalizácie logiky, použitie matematickej logiky v základoch matematiky v prvej štvrtine 20. stor. viedol k zveličovaniu významu metódy formalizácie, k absolutizácii gnozeologickej funkcie formalizovaných jazykov. Pod vplyvom prác Fregeho, Russella, Whiteheada a najmä Hilberta sa v dvadsiatych a tridsiatych rokoch 20. stor. rozšíril názor na matematiku ako čisto formálnologickú disciplínu. Podľa B. Russella sa logika stala matematickejšou a matematika logickejšou, „logika je mladosť matematiky, matematika zrelosť logiky“ (11, s. 194; 12, s. 94). No nešlo len o matematiku. Formalistická koncepcia širšie filozoficky rezonovala v novopozitivistických koncepciách vedy, a to najmä v logickom pozitivizme, ktorý využíval logicko-matematický aparát ako záštitu pozitivistických princípov.

Nebudeme tu analyzovať formalistické snahy logických pozitivistov prvej polovice 20. stor., ktoré sa ukázali z hľadiska vývoja vedeckého poznania nereálne a viedli k absolutizácii formálnych prostriedkov. K danému problému existuje dostatočne bohatá marxistická literatúra (8, 13, 14).

Na druhej strane existujú názory, ktoré nepripisujú formálnym metódam žiadnu heuristiku. Podľa nich formalizácia vedeckej teórie nie je nič viac a nič menej ako prepis existujúcej obsahovej teórie do formálnej podoby. V tomto chápaní formálna teória je len iným zápisom výpovedí už existujúcej obsahovej teórie, pričom pod obsahovou teóriou sa myslí teória vyjadrená v prirodzenom jazyku. Formalizácii sa pripisuje len úloha systematizácie tohto obsahu poznania, ktorú vyjadruje vedecká teória formulovaná v prirodzenom jazyku. Takýto prístup vychádza z predpokladu, že len keď bola „obsahovými metódami a prostriedkami realizovaná dostatočne úplná a dokonalá analýza predmetovej oblasti formalizovanej teórie, keď bol dostatočne presne a jednoznačne sformulovaný obsah jej fundamentálnych pojmov — možno danú teóriu sformalizovať“ (4, s. 115). Teda základným jazykovým systémom, ktorý môže niečo nové vypovedať o objektívnej skutočnosti, ktorého prostredníctvom môžeme tvoriť nové vedecké poznatky, je prirodzený jazyk. „Objektívnou a nevyhnutnou podmienkou aplikácie obsahových metód a princípov je vývoj, formovanie samopohybu materiálnej skutočnosti... Inými slovami, dialekticko-logické metódy sú orientované na vyjadrenie podstaty, ... formálne metódy na vyjavenie totožnosti prvkov v predmetoch“ (13, s. 7). V danej interpretácii sama dialektická metóda sa stotožňuje s obsahovou s teóriou formulovanou v prirodzenom jazyku.

Ako ukazujú analýzy logicko-gnozeologických foriem poznávania, možnosti formálnych prostriedkov vo vedeckom poznaní sú oveľa širšie a hlbšie.

1. Formálny systém vyčleňuje logickú štruktúru teórie, umožňuje preskúmať logickú závislosť medzi rôznymi tvrdeniami teórie, ktoré sa nešpecifikujú, v prirodzenom jazyku. Umožňuje formulovať východiskové

postuláty, z ktorých môžeme rozvinúť vedeckú teóriu, objaviť a zafixovať rôzne typy a triedy vedeckých teórií.

2. Formalizácia vedeckej teórie umožňuje formulovať všeobecné výpovede vo vzťahu k širším triedam vedeckých teórií, čím sa tvorí formálny aparát pre syntézu rôznych teórií.

3. Ako sme už uviedli, formalizácia vedie k veľmi vysokej presnosti a striktnosti uvažovania, k vylúčeniu nesprávnych predpokladov, tvrdení a výpovedí. Samotný proces usudzovania sa zdokonaľuje, zefektívňuje, stáva sa objektívnejším ako intuitívno-obsahové uvažovanie [8, s. 79—80].

Z uvedeného vyplýva, že špecifické zvláštnosti formálnych jazykov determinujú samotnú heuristiku formálnych metód.

Pokúsme sa aspoň v hlavných črtách formulovať heuristickú funkciu formalizácie. Väčšina autorov priznáva formálnym metódam značnú teoreticko-poznávaciu hodnotu.

1. Formálne štruktúry umožňujú ekonomiku myslenia „pretože jeden a ten istý formálny systém môže byť aplikovaný na charakteristiku rôznych obsahových oblastí výskumu“ [8, s. 80].

2. Formálne štruktúry z aspektu aplikovateľnosti usmerňujú myslenie často v neočakávanom smere z hľadiska metód jednej syntetizujúcej teórie.

3. Formalizácia z aspektu svojej všeobecnosti umožňuje štandardizáciu pojmového aparátu a metód konceptuálnej analýzy.

4. Formalizácia, zabezpečujúc presné a jasné definovanie súhrnu dokazovaných tvrdení teórie, neumožňuje len dokazovať alebo vyvracať jednotlivé výpovede, ale odhaľovať zároveň aj nové výpovede. „Formalizácia teda v procese formovania nového poznania vo vede je schopná v mnohých prípadoch plniť demonštratívnu funkciu, tvoriac podstatnú časť procedúry verifikácie predkladaných výpovedí.“ [8, s. 82].

Sila formálnych systémov je práve v tom, že na súčasnej úrovni vedeckého poznania sú schopné svojimi špecifickými prostriedkami riešiť konkrétne problémy poznania, získavať v rámci sféry svojho použitia nové poznatky o štruktúre, vlastnostiach, vzťahoch a vývoji materiálnych štruktúr objektívnej skutočnosti. „Vytvorenie umelého logického jazyka malo taký význam v oblasti myslenia pre techniku logického odvodzovania, aký v oblasti výroby mal prechod od ručnej práce k mechanizovanej.“ [15, s. 20].

Matematizácia

Druhou dôležitou charakteristickou črtou vývinu vedeckého poznania, ktorá úzko súvisí aj s metódou formalizácie, je *matematizácia* vedeckého poznania. Nedostatočnosť opisnej etapy vo vedeckom poznaní sa v minulosti zdôrazňovala často. Striktne ju formuloval K. Marx; „Veda sa stáva len vtedy dokonalou, keď zvládne matematické metódy“ [16,

s. 4). Pod matematizáciou rozumieme „proces začlenení a využívania matematiky a jej metód v prírodných a spoločenských vedách, v technike a vo výrobe“ (10, s. 331). Je to „aplikácia metód a prostriedkov matematiky pre skúmanie objektov iných vied rôznymi formami, cestami a spôsobmi, v rôznych rozmeroch, v závislosti od úrovne rozvoja vedy a samej matematiky“ (9, s. 7).

Ako ukázal vývin vedeckého poznania, všetky rozmanité formy a spôsoby aplikácie matematických prostriedkov a metód môžeme rozdeliť do troch skupín, ktoré v podstate zodpovedajú základným dejinným etapám vedeckého poznania.

1. Využívanie matematických prostriedkov a metód pre kvantitatívne spracovanie empirického materiálu určitej oblasti poznania. Matematika tu slúži hlavne ako: a) prostriedok pre opis, b) spracovanie, c) a systematizáciu faktického materiálu získaného inými vedami empirickým spôsobom (rôzne výpočty, tabuľky, grafy atď.).

2. Zostavenie matematického modelu skúmaného objektu a skúmanie jeho vlastností na základe tohto modelu. Sú to všetky vyjadrenia zákonov vied prostredníctvom matematických formúl a rovníc. Matematika sa tu stáva špecifickým jazykom vyjadrenia zákona danej oblasti poznatkov.

3. Využívanie matematiky a jej metód pre konštrukciu a vytváranie nových teórií v iných vedách. Matematika tu vystupuje ako základ novej teórie a určitej oblasti reality.

Treba zdôrazniť, že konštrukcie takýchto vedeckých teórií nie sú vždy možné, a nie vo všetkých oblastiach poznania, ale len tam, kde v systéme teoretických pojmov danej vedy existujú jednoznačne definované elementárne objekty, t. j. kde sa môže na určitú oblasť poznania aplikovať matematický formalizmus. Na tejto úrovni má matematika schopnosť prostredníctvom abstrakcie prenikať do skrytých, hlbokých podstát materiálneho sveta.

V čom spočíva táto schopnosť matematiky? Podľa všetkého v tom, že matematický model je jednou z foriem poznávania, svojráznym odrazom materiálneho sveta a určitých jeho vlastností. V tomto aspekte „odraz je proces prenosu a zachovania štruktúry jedného predmetu (odrážaného) v štruktúre druhého predmetu (odrážajúceho)“ (18, s. 61). Rozlišujú sa dve formy odrazu — izomorfná a homomorfná. Izomorfia predpokladá určitý vzájomne jednoznačný vzťah medzi prvkami systémov, kým homomorfizmus predpokladá, že jeden systém je v určitom zmysle jednoduchší ako druhý, neexistuje jednojednoznačný vzťah medzi prvkami oboch systémov. Matematický model môže byť definovaný ako homomorfný obraz štruktúry materiálneho procesu. Matematické modely zobrazujú celok po častiach, a preto pre každý jednotlivý materiálny proces v závislosti od vydelenej časti sa konštruuje množina modelov. „Poznanie materiálneho procesu v celku sa realizuje prostredníctvom syntézy množiny takých modelov“ (18, s. 65).

Medzi najcharakteristickejšie modely zaraďujeme: 1. abstrakciu celostnej reprodukcie objektu, 2. abstrakciu stabilizácie, 3. abstrakcie idealizácie.

Z daného pohľadu však matematika neskúma len v prírode objavené štruktúry, ale z hľadiska daných vlastností všetky logicky prípustné, to znamená aj také, ktorých vzor sme zatiaľ v prírode neobjavili. Samozrejme vedy často objavajú v realite štruktúru, ktorá nie je homomorfná so žiadnou existujúcou matematickou štruktúrou, čo zasa núti vo sfére matematiky vytvárať nové typy štruktúr s novými vlastnosťami. „Každý krok na ceste vedeckého poznania nevyhnutne vedie k ďalšiemu zdokonaľovaniu matematického aparátu, jeho využívaniu v nových oblastiach výskumu, k vypracovaniu nových pojmov a k zmene predstáv o presnosti záverov.“ (19, s. 152).

Špecifickým problémom matematického modelovania je aplikácia deduktívnej metódy v špeciálnych vedách. Pri aplikácii deduktívnej metódy pri konštrukcii vednej teórie vzniká ten problém, že východiskové tvrdenia musia byť logicky odvodené z nejakých iných atď. Preto sa bez logického dôkazu zavádzajú axiómy. Axiomatizácia teórie vedie k jej zovšeobecneniu v tom zmysle, že sa stáva teóriou, ktorá neopisuje jednu predmetnú oblasť, ale celú triedu predmetných oblastí, ktoré majú spoločné niektoré vlastnosti. Špeciálne vedy však odrážajú určitú oblasť objektívnej skutočnosti a zahrnujú pozorovanie a experiment, ktoré sa v časovom aspekte stále rozširujú, čím sa obsah pojmov špeciálnej vedy stáva nestabilný. Tým sa v špeciálnych vedách, ktoré vychádzajú z pozorovania a experimentu, nevyhnutné podmienky pre axiomatizáciu poznania stále narušujú rozširovaním ich experimentálnej bázy. „Strohosť“ pojmov, charakteristická pre axiomatickú teóriu, sa stáva nezlučiteľná so závislosťou ich obsahu od empirických faktov. Preto sa axiomatická teória môže aplikovať v špeciálnej vede len na opis určitej oblasti danej vedy a aj tam jazyk axiomatickej teórie nemôže byť úplne formalizovaný (napr. pokusy formalizovať časti fyziky, biológie atď.).

V širšom aspekte sa v špeciálnych vedách využíva aparát určitých matematických teórií. Ale to je vlastne už spomínaná aplikácia rôznych matematických štruktúr v špeciálnovednom poznaní, o ktorých sme hovorili vyššie.

Heuristická úloha matematických metód v súčasnej vede je taká veľká, že sa v rukách vedca tieto metódy často stávajú hlavným nástrojom vedeckého výskumu a nielen pomocným prostriedkom. Procesy matematizácie vedy v súčasných podmienkach tak jednoznačne zdôrazňujú zvláštne miesto matematiky v systéme vedeckého poznania.

Na druhej strane však doterajšie matematické prostriedky vynikali prevažne v súvislosti s potrebami prírodných vied (predovšetkým fyziky), a preto nie sú často vhodné na skúmanie napr. spoločenských javov a procesov. V súčasnom období sa sústreďuje pozornosť na vypracovanie matematických prostriedkov vhodných na štúdium zložitej-

ších javov a procesov. Pritom sa však stretávame s mnohými problémami, ktoré brzdia ďalší tvorivý vývoj matematizácie vo vedeckom poznaní. Uvedieme aspoň niektoré.

1. Matematici často nepoznajú dobre oblasť, na ktorú bude ich teória aplikovaná, a naopak, odborníci v nematematických odboroch nepoznajú najnovšie poznatky matematiky.

2. Často sa prevedie len prepis verbálnych tvrdení obsahovej teórie do symbolickej podoby matematickej teórie za účelom vytvorenia zdania vedeckosti (prázdna matematizácia, pseudosymbolizácia).

3. Problém matematizácie vedeckého poznania je často spojený s nedostatočnosťou rozpracovanosti (rozvinutosti) obsahovej teórie príslušnej vednej disciplíny.

4. Doposiaľ neexistujú matematické prostriedky, ktoré by boli schopné adekvátne vyjadriť (modelovať) zložité javy a procesy.

5. Ďalší problém matematizácie bezprostredne súvisí s matematickým modelovaním. Jedná sa o mnohosť modelov, vhodných na popis tej istej reálnej situácie. Problémom je potom výber adekvátnych modelov (20).

Ale aj napriek spomínaným ťažkostiam preniká matematizácia stále viac do všetkých oblastí vedeckého poznania.

Formálne a matematické metódy v spoločenských vedách

Ak sledujeme rozvoj súčasných formálnych a matematických metód a ich aplikácie, nachádzajú si tieto metódy čoraz širšiu cestu do takých oblastí vedeckého poznania, ako je ekonomika, ekológia, sociálne riadenie, riadenie vedecko-technického pokroku atď. Zvlášť sú dôležité tieto metódy pri skúmaní zložitých sociálno-ekonomických, informačných, biologických systémov. Vznikajú rôzne hraničné „hybridy“, ako je matematická ekonomika, matematická biológia, matematická lingvistika atď. Možno konštatovať, že „principiálne nematematické“ disciplíny neexistujú (21). Iný problém je stupeň matematizácie a etapa evolúcie vednej disciplíny, keď sa matematizácia stáva nevyhnutnou.

A predsa sa v oblasti spoločenských vied ešte dosť často stretávame so skeptickými názormi, podľa ktorých v niektorých spoločenských vedách sú formálne a matematické metódy *principiálne* nepoužiteľné (história, právo, literárna veda, filozofia, vedecký ateizmus, národopis) až na určité štatistické metódy.

Aké sú argumenty v neprospech aplikácie týchto metód?

1. Spoločnosť pozostáva z veľkého množstva hierarchicky spätých sociálnych organizmov. Ide o veľmi zložitý systém, ktorý má nasledujúce vlastnosti:

- a) nedeliteľnosť skúmaného systému na prvky,
- b) nehomogénnosť štruktúry zložitých systémov,

- c) nelineárnosť charakteristík,
- d) silne asymetrické rozdelenie parametrov,
- e) mnohorozmerné vzájomné súvislosti.

2. Každý zo subjektov systému má rôznu informovanosť o stave celého systému, o vonkajších faktoroch, o cieľoch iných subjektov a tiež o svojich vlastných cieľoch.

Spoločenský systém je nereflexívny a formálny opis nie je triviálnou záležitosťou.

3. Keď ide o analýzu nereflexívneho systému s mnohými subjektami, z ktorých každý má svoj vlastný cieľ, svoju vlastnú úroveň chápania problému vzniká otázka: Čo je modelom? Skutočnosť je oveľa zložitejšia ako v prípade modelov, pre ktoré by mohol byť využitý existujúci matematický aparát.

4. Modely spoločenských procesov obsahujú veľké množstvo rôznych neurčitostí. Preto ich analýza neposkytuje konečné jednoznačné závery. Existuje názor, že zákony v spoločenských vedách majú charakter tendencií, a preto ich nemožno vyjadriť formálne.

5. Objekt výskumu je unikátny, pretože inej ľudskej spoločnosti vo vesmíre zatiaľ nepoznáme.

6. Otvorený zostáva problém experimentu v procese analýzy sociálnych javov.

7. Spoločnosť sa neustále vyvíja, neexistujú totožné situácie, ale len analogické. Aký zmysel má experiment? Ľubovoľný proces môžeme sledovať len v retrospektíve. Preto má veľký význam pre poznávanie spoločenských procesov *história*.

Mohli by sme vymenovať aj mnohé ďalšie problémy.

Predsa si však myslíme, že aj v sociálnej oblasti poznávania bude nevyhnutné v budúcnosti rozpracovávať formálne metódy výskumu.

Základným problémom pri skúmaní sociálnych javov a procesov je možnosť použitia kvantitatívnych metód. Mnohé sociálne fenomény máme zachytené zatiaľ len kvalitatívne. Vyplýva to z toho, že štruktúra spoločenských vzťahov v porovnaní so vzťahmi v neživej prírode a na biologickej úrovni je kvalitatívne zložitejšia, homogénnosť javov je nižšia. V dôsledku pôsobenia subjektívneho faktora je zložitý i vzťah nevyhnutnosti a náhody, možnosti a skutočnosti, charakter kauzálnych súvislostí a spoločenských zákonov. „Spoločenské vzťahy majú štatistický charakter, pravdepodobnostnú štruktúru zahrnujúcu náhodu. Spoločnosť ako celok existujúci ako kvalitatívne zložitý systém nemožno opísať súhrnom správania sa jeho komponentov ... uplatňuje sa tu i princíp pravdepodobnostnej závislosti, vyjadrujúci principiálne nový typ nevyhnutnosti, vylučujúci prísne jednoznačnú závislosť medzi jednotlivými udalosťami a pripúšťajúci pravdepodobnostnú späťnosť medzi nimi.“ (22, s. 204). S charakterom spoločenských vzťahov súvisí charakter a štruktúra spoločenského vývoja ako zákonitého procesu stáleho vytvárania nových, vyšších sociálnych štruktúr, atď. Celá táto špecifika sociálnej oblasti, jej zákony po-

hybu a vývoja si vyžaduje konštruovať špecifické formálne a matematické štruktúry ako i metodologické postupy, ktoré sa budú líšiť od matematických a formálnych štruktúr prírodných vied. Budú to také štruktúry, ktoré budú homomorfné s jednotlivými sociálnymi štruktúrami na rôznych úrovniach ich organizácie.

V súčasnosti sa také štruktúry už v matematike začínajú intenzívne rozpracovávať. Spomenieme aspoň niektoré.

- synergetika — teória samoorganizácie,
- neštandardná analýza,
- teória katastrof,
- hyperbolické rozloženia,
- pravdepodobnostné modelovanie,
- teória kategórií atď.

S tým súvisí rozpracovávanie rôznych druhov algoritmov, ktoré umožňujú v spoločenských vedách využívať počítačovú techniku (sociológia, ekonómia, história atď.).

Tu by sme chceli upozorniť ešte na jeden vážny problém súvisiaci s využívaním formálnych a matematických prostriedkov pri skúmaní sociálnych javov. Ide o prípravu nových kádrov, ktoré by dokázali v spoločenskovedných disciplínach tvorivo rozvíjať a aplikovať formálne a matematické prostriedky výskumu. V našich spoločenských vedách pretrváva ešte často tradícia, že matematické a logické vzdelanie nie je pre ich rozvoj nevyhnutné. Ekonómia a sociológia už dávno prišli k záveru o nevyhnutnosti spájania matematiky a logiky so svojím predmetom výskumu. Daný trend bude potrebné presadiť už pri výuke na vysokých školách.

Na záver môžeme konštatovať, že z hľadiska dialektickomaterialistického prístupu nemožno preceňovať a absolutizovať možnosti formálnych a matematických prostriedkov poznania, nemôžeme im pripisovať tie funkcie, ktoré sú vlastné len samému človeku. Formálne a matematické metódy však v rámci svojich hraníc slúžia ako veľmi efektívny prostriedok poznávania a možno ukázať mnoho príkladov, v ktorých formalizácia, a matematizácia sú nezameniteľné.

Výskumy ukazujú, že aj v tvorivej činnosti efektívnosť ľudského myslenia môže byť značne umocnená využívaním súčasných formálnych a matematických prostriedkov pre zápis alebo iné spôsoby zachytenia myšlienkového obsahu.

Nakoniec komunikácia je tou sférou, v ktorej znakové, jazykové, symbolické spôsoby fixovania ideálneho sú absolútne nevyhnutné.

⁴ Obsahové teórie môžu byť ako formálne, tak aj neformálne.

1. XXVI. zjazd KSSZ. Dokumenty a materiály. Bratislava 1981.
2. XVI. zjazd KSČ. Dokumenty a materiály. Bratislava 1981.
3. KEDROVSKIJ, O. I.: Metody postrojenija teoretičeskich sistem znanija. Kijev 1982.
4. KURAJEV, V. I.: Dialektika soderžateľnogo i formaľnogo v poznateľnoj dejatel'nosti. In: Obščestvennyje nauki 1980, č. 2.
5. BEK, R.: Sémantika přesného popisu reality ve fyzikálně technických vědách. Praha 1983.
6. DUBNIČKA, J.: K dialektike formálneho a obsahového v procese formalizácie vedeckého poznania. Filozofia 1984, č. 5.
7. Filozofické základy přírodních věd. Praha 1980.
8. KURAJEV, V. I.: Dialektika soderžateľnogo i formaľnogo v naučnom poznaniji. Moskva 1977.
9. METLOV, V. I.: Dialektika formaľnogo i soderžateľnogo v procese poznania. In: Logiko-metodologičeskije issledovanija. Moskva 1980.
10. KONDAKOV, P. P.: Logičeskij slovar-spravočnik. Moskva 1975.
11. RUSSEL, B.: Introduction to Mathematical Philosophy. London 1938.
12. RUSSEL, B.: Logika, jazyk a věda. Praha 1967.
13. Sootnošenie soderžateľnogo i formaľnogo v naučnom poznanii. Alma-Ata 1978.
14. ALEKSEJEV, B. T.: Filosofskie problemy formalizacii znanija. Leningrad 1981.
15. KLAUS, G.: Vvedenije v formaľnuju logiku. Moskva 1960.
16. MEHRING, F.: Vospominanija o Markse, Engelse. Moskva 1956.
17. ABRAMIAN, A. I.: Matematizacija znanij. Rostov 1972.
18. KONDRJANU, I. G.: Filosofskie voprosy matematičeskogo modelirovanija. Kišinev 1978.
19. Sintez sovremennogo znanija. Moskva 1973.
20. ZAPLETAL, I.: K obtížím matematičeského modelování. In: Filozofia 1983, č. 1.
21. MOISEJEV, N. N.: Matematika v social'nyh naukach. In: Matematičeskije metody v sociologičeskom issledovanii. Moskva 1981.
22. PILIPENKO, N. V.: Dialektika neobchodimostí i slučajnosti. Moskva 1980.

МАТЕМАТИЗАЦИЯ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

Ян Дубничка

Развитие научного познания в условиях научно-технической революции, когда в существенной мере повышается влияние науки на общественный прогресс, предъявляет большие требования к продуктивности и эффективности научных исследований. Одним из способов выполнения этой задачи является интенсификация научного познания посредством совершенствования методов теоретического познания и дальнейшего развития научной методологии.

В этом направлении за последние годы весьма интенсивно разрабатываются формальные и математические методы научного исследования, которые постепенно проникают во все области научного познания.

В статье рассматриваются проблемы, связанные со взаимоотношением формального и содержательного в формальных и математических системах.

В статье изучаются возможности и границы формализации и математизации в научном познании, также и некоторые специфические черты формальных и математических методов в общественных науках, связанные со спецификой исследования социальной системы.

Ján Dubnička

Die Entfaltung der wissenschaftlichen Erkenntnis unter den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution, wenn der Einfluss der Wissenschaft auf den gesellschaftlichen Fortschritt wesentlich zunimmt, erfordert höhere Produktivität und Effektivität der wissenschaftlichen Forschungen. Ein Weg der Verwirklichung dieser Aufgabe besteht in der Intensivierung der wissenschaftlichen Erkenntnis mittels Vervollkommnung der Methoden der wissenschaftlichen Erkenntnis und weiterer Entfaltung der wissenschaftlichen Methodologie.

In dieser Richtung werden in den letzten Jahren sehr intensiv die formalen und mathematischen Methoden der wissenschaftlichen Forschung herausgearbeitet, die allmähliche in allen Bereichen der wissenschaftlichen Erkenntnis Platz greifen.

In der Studie werden Probleme aufgeworfen, die mit dem gegenseitigen Bezug des Formalen und Inhaltlichen in formalen und mathematischen Systemen verbunden sind.

Es werden auch Möglichkeiten und Grenzen der Formalisierung und Mathematisierung in der wissenschaftlichen Erkenntnis untersucht sowie auch einige spezifische Züge formaler und mathematischer Methoden in den Gesellschaftswissenschaften, die mit dem Spezifikum der Erforschung des sozialen Systems in Zusammenhang stehen.