



NĚKTERÉ TEORETICKÉ A FILOSOFICKÉ ASPEKTY UŽITÍ MATEMATICKÝCH METOD V GEOGRAFII

R. Brázdil

Katedra geografie přírodovědecké fakulty University J. E. Purkyně
Brno, Kotlářská 2, ČSSR

Došlo: září 1977

Věnováno k 70. narozeninám prof. Ing. RNDr. Bohuslava Šimáka

Резюме

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОГРАФИИ

Р. Браздил

Автор обсуждает некоторые теоретические и философские проблемы применения математических методов в географии с точки зрения современного состояния математики и географии как научных дисциплин. Все более широкое применение математических методов является законным процессом, вынужденным следующими фактами: всякий объект действительного мира является диалектической единицей количества и качества и нужно изучать обе эти стороны; нарастающие требования к надежности и точности функционирования определенных систем требуют обеспечения точных дат; научной прогресс в некоторых географических дисциплинах зависит от экспериментальной проверки математических моделей географических объектов на вычислительных машинах; математические модели должны способствовать более эффективному кодированию быстро растущего количества информации; чрезмерная специализация частичных географических дисциплин требует в интересах понятности общего языка выражения; для многих структур только словесное выражение является недостаточным. Указанные факты требуют переоценки изученных подходов к действительности и отчасти и традиционных способов разработки географических информационных. В будущем возрастает именно значение математического аппарата как языка выражения географии. Применение математического метода в географии не является негацией до сих пор существующих методов, а полезным обогащением географии.

Summary

SOME THEORETICAL AND PHILOSOPHICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN GEOGRAPHY

The author discusses some theoretical and philosophical problems of the application of mathematical methods in geography from the point of view of the present state of mathematics and geography as branches of science. An always broader application of mathematical methods is a regular process enforced by the following facts: each object of the real world is a dialectic unit of quantity and quality and it is necessary to study both these aspects; the growing requirements of the reliability and exactness of the functioning of certain systems require the procurement of exact data; scientific progress is some branches of geography becomes dependent on the experimental verification of mathematical models of geographic objects on computers; mathematical models are

1

Knihovna PŘF MU



3 1 4 5 3 2 3 8 2 8

to contribute to a more effective coding of a quickly growing amount of information; an excessive specialization of partial branches of geography requires — to be understood properly — a common language to be expressed by; for many structures a mere expression by words is insufficient. The above facts require a re-valuation of the traditional approaches towards reality and partly also of the traditional ways of processing geographical information. In the future particularly the role of the mathematical apparatus as a language expressing geography will increase. The application of the mathematical methods in geography is not a negation of hitherto methods, but a useful enrichment of geography.

ÚVOD

Současná geografie je charakterizována pronikáním matematických metod do jejích nejrůznějších oblastí. Svědčí to o tom, že geografie vstupuje do kvalitativně nové etapy vývoje, kdy je jako věda schopna produkovat složitější teorie, které až dosud byly vyjadřovány pouze verbálně, mnohdy nepřesně a nejednoznačně, čímž se samozřejmě snižovala její vysvětlovací a prognózní role. Aby geografie mohla plnit své úkoly, musí odhalovat zákonitosti reálného světa. V podstatě existují dva základní typy zákonitostí — funkční a statistické, přičemž prvně jmenované jsou jen dílčím případem zákonitostí statistických. V geografii máme nejčastěji co činit právě se statistickými zákonitostmi, jak o tom svědčí široké používání metod matematické statistiky a počtu pravděpodobností zejména v hydrologii a klimatologii (Nosek 1972).

Zásadní význam matematiky pro rozvoj ostatních vědních disciplín byl zdůrazněn již mnohokrát. Tak podle I. Kanta lze „libovolnou vědu o přírodě považovat za pravou vědu jen tehdy, pokud je v ní matematika“. Čím méně je matematiky užíváno, tím více se daná vědní disciplína stává empirickou vědou (Šljachin 1976). Podle D. I. Mendělejeva nastupuje věda tam, kde se začíná měřit, což nelze bez čísla a míry, bez matematického zpracování (Bočarov 1971). Také K. Marx uvádí, že „věda se stává skutečnou vědou teprve tehdy, dospěje-li tak daleko, aby mohla používat matematiky“ (Vzpomínky na Marxe a Engelse, 1958).

Stále širší používání matematických metod zařazuje geografii mezi tzv. exaktní vědy, pro které je charakteristická jasnost formulace problému, kvantitativní charakter získaných závěrů, formálně-logický charakter úsudků, jednoznačná terminologie a široké používání matematického aparátu (Grekova 1975). Naproti tomu tzv. humanitní vědy se vyznačují verbálním způsobem konstrukce výzkumu, širokým užitím analogií, přesvědčivých úsudků a termínů, jejichž přesný význam není definován, polemikou, vědeckým sporem, apelací na city a obrazotvornost.

Chceme-li postihnout některé problémy spjaté s užitím matematických metod v geografii, je třeba vyjít ze současného stavu matematiky a geografie jako vědních disciplín.

SOUČASNÁ GEOGRAFIE A MATEMATIKA

Současný rozvoj všech vědních disciplín včetně geografie a matematiky je silně ovlivňován Měsíční revolucí a matematickým a pro období vědecko-technické revoluce. Geografická věda se stává vědou na rozhraní přírodních, společen-

2

PRÁČ. Č. ÚK 405705		SIGNATURA UK	
3145323828		S6403-1970	
LOKACE UK-sk1ad			
PRÁČ. Č. UK		SIGNATURA UK	

ských a technických věd lze definovat trojím způsobem jako vědu zabývající se: řešením vztahu systému přírodního prostředí a systému lidské společnosti v prostoru a čase; studiem krajinné sféry a její diferenciace v prostoru a čase; studiem geosystémů různých hierarchických úrovní. Hlavní společenské funkce, které dnes geografie plní, jsou podle S. Leszczyckého funkce informačně-diagnostická, teoreticko-metodická, prognostická, plánovací, koordinační a syntetická (Demek 1975).

Přechod geografie ke studiu krajinné sféry podstatně změněné a stále více ovlivňované člověkem přispívá k větší složitosti studovaných problémů. Člověk při osvojování nových poznatků a možností přetváření přírody se stává prvořadým geografickým činitelem. Proto je třeba, aby znal prognózu vývoje svého životního prostředí a mohl závčas reagovat na některé negativní důsledky své činnosti. Větší složitost studovaných objektů a vztahů mezi nimi pak vyžaduje nejen pozorování, popis a klasifikaci, ale i kvantifikaci v podobě ocenění podmínek a zdrojů v jejich časoprostorových vztazích. V období vědecko-technické revoluce, kdy se věda stává bezprostřední výrobní silou, jsou geografové stále více vtahováni přímo do výroby a účast v projekci se stává stále častěji přímou vědeckou činností geografa (Demek 1974, 1975). Aby splňovala výše uvedené funkce a byla schopna řešit současné složité problémy, byla geografie nucena přejít z pozic čistě popisné vědy k užití exaktních metod vědeckého výzkumu, hlavně matematických, kybernetických a logických.

Mnoho geografů pohlíží na matematiku jako na vědu studující pouze kvantitativní vztahy a prostorové formy skutečného světa, tedy v podstatě jen to, co lze změřit a vypočítat. V matematických metodách vidí zdroj simplifikace a schematismu, který vede k zastínění kvalitativního obsahu. Současnou matematiku lze podle I. A. Akčurina, M. F. Vedenova a J. V. Sačkova (1966) definovat např. jako vědu: o abstraktních strukturách, zákonitostech jejich fungování a vývoje a operacích s nimi; o abstraktních objektech a vztazích mezi nimi; o operacích (početních úkonech, pravidlech výpočtů) s objekty dostatečně obecné povahy atd.

Abstraktní objekty matematiky jsou čísla, vektory, množiny, grupy atd. Vztahy mezi nimi vyjadřují termíny násobení, dělení, sjednocení, průnik aj. Materialistický přístup k podstatě matematiky je založen na studiu těchto objektů a vztahů jako odrazů, obrazů a modelů určitých stránek materiálních objektů a systémů jako abstrakcí vyšších stupňů, nemajících prototypy v reálném světě. Tak je tomu např. s různými nevlastními prvky (komplexní, hyperkomplexní a transfinitní čísla), neeukleidovskou geometrií (mnohodemenzionální, nemetrické) a vztahy pořádkovými a strukturálními v teorii grup, množin a matematické logice, které nemají kvantitativní ani prostorový význam. Právě díky této abstrakci poskytuje matematika obrovské možnosti pro poznání objektivní reality, neboť abstrahuje kvalitativní rozdílnost objektů a jevů a nachází formální jednotu v mnohotvárnosti, stanovující obecné zákonitosti. Řešení v abstraktní podobě lze pak aplikovat v konkrétním případě. Proto nelze souhlasit s jedním z vedoucích skupiny francouzských matematiků pracujících pod pseudonymem Bourbaki: „V principu současná matematika nemá ve svém základě nějaký užitelný cíl a je zvláštní intelektuální disciplínou, jejíž praktický užitek směřuje k nule... Matematika není víc než „rozkoš“, kterou si může dovolit civilizace“ (Grekova 1976). Od

takového pojetí již není daleko k aprioristickému chápání matematiky a k jejímu odpoutání od skutečnosti, kdy se matematika postaví proti objektivnímu světu jako něco samostatného, co ze světa nevychází, ale čím se má tento řídit; zabsolutizování matematické metody pak slouží k obhajobě idealistických koncepcí (Fabian 1972). Přitom je zcela zjevné, že mnohé části současné matematiky (např. teorie informace, teorie hromadné obsluhy aj.) by bez potřeb praxe nemohly vzniknout. Teprve pak se stávají širokým polem pro rozvoj nových matematických metod s teoretickým a praktickým významem. Přitom však některé matematické ideje a disciplíny vznikly jako výsledek studia „pochybného“ materiálu a teprve později byly prověřovány na serióznějších podkladech. Např. k rozpracování základních představ teorie pravděpodobnosti posloužily hazardní hry. Dnes široce užívaná urnová schémata jako zjednodušené modely náhodných jevů jsou jim analogické.

Současná matematika studující formálně-abstraktní struktury má tedy význam univerzálního aparátu v principu použitelného k nejrůznějším obsahovým teoriím a v souladu s tím ke studiu obsahově různě určených oblastí reality (Čendov 1973).

PROBLEMATIKA UŽITÍ MATEMATICKÝCH METOD V GEOGRAFII

Stále širší používání matematických metod v geografii lze chápat jako zákonitý proces, jehož příčiny vynucené současným stupněm rozvoje věd lze shrnout do následujících okruhů:

1. Každý objekt reálného světa představuje dialektickou jednotu určité kvality a kvantity. V materiální skutečnosti jsou kvalita a kvantita nedělitelné; proto současná nemožnost některých kvantitativních hodnocení je dočasná v důsledku nedostatečného dosavadního praktického a teoretického bádání (Kolman 1965). Oddělení kvantitativní a kvality je možné pouze v abstrakci, což v případě matematiky dovoluje výjimečně širokou aplikovatelnost matematických teorií v nejrůznějších oblastech. Jak uvádí F. Fabian (1972), musí ne-respektování kvantitativní a kvalitativní stránky každého jevu nutně vést k neblahým důsledkům. Ztráta informace vzniklá potlačováním jedné či druhé složky naroste po určité době do takových rozměrů, že začne docházet ke zkreslování skutečnosti, subjektivistickým tendencím a mylným výroků. Odmítání matematických metod v geografickém výzkumu je proto popíráním kvantitativní stránky předmětů a jevů.

2. Rostoucí nároky na spolehlivost a přesnost fungování různých systémů vyžadují zajištění potřebných podkladů a charakteristik, většinou dosažitelných pouze pomocí matematického aparátu. Tato skutečnost je typická nejen pro takové vědní disciplíny, jako je kosmonautika či elektrotechnika, ale stane se brzy aktuální i v geografii.

3. V řadě vědních disciplín, včetně geografických, bylo již dosaženo takových mezí, že další pokrok ve vědeckém bádání se stává závislý na sestavení a experimentálním prověřování matematických modelů simulováním různých podmínek na počítačích. Tento aspekt má obrovský význam při naplňování prognózní funkce geografie, zejména pokud jde o prognózu životního prostředí a jeho komponent.

4. Období vědecko-technické revoluce je mimo jiné charakteristické velkým tokem informací. V geografii dnes přistupuje k tradičnímu způsobu sběru informací využití leteckých a družicových snímků. Proto geografové doufají, že matematické modely je zachrání v „moři“ informací a zavedou v nich logický pořádek. Zřejmě bude nutné řešit problém nejefektivnějšího způsobu jejich kódování.

5. Diferenciace geografie koncem 19. století vedla ke vzniku stále nových a nových výzkumných směrů, přičemž jednotlivé dílčí geografické disciplíny se od sebe vzdalovaly, což se ve svých důsledcích projevilo v tom, že jednotliví geografové-specialisté si přestávali rozumět (Demek 1974). Navíc mnohé geografické struktury jsou natolik složité, že čistě slovní, popisné konstrukce bez formalizovaného vyjadřovacího jazyka jsou pro jejich vyjádření nedostatečné (někdy však vzhledem k danému stavu může být slovní vyjádření lepší). Východiskem z této situace je použití matematiky jako vyjadřovacího jazyka.

U geografů se projevují někdy tendence zužovat problém užití matematických metod pouze na otázku kvantifikace (analogií je zužování pojmu exaktizace na matematizaci), která je z hlediska aplikace samozřejmě nejschůdnější, je však jen prvním krokem. Proto je celkem pochopitelné období „kvantitativní revoluce“ v geografii od počátku 60. let, kdy se začínají užívat složitější formální struktury. Období nové kvantifikace se od tradiční liší hlavně v tom, že za použití složitějších metod se kvantifikují složitější struktury (Pavlík 1974). Přitom kvantifikací, jak Z. Pavlík dále uvádí, se většinou rozumí přiřazování určitých čísel určitým jevům podle určitého pravidla; přitom však existuje rozdíl mezi pojmy „kvantitativní“ a „číselně vyjádřený“. Mnohé jevy jsou v kvantitativním vztahu bez ohledu na to, zda se nám jejich vztah podařilo či nepodařilo číselně vyjádřit.

Kvantitativní metody se pro geografii staly východiskem z popisné geografie, i když svádí podstatu řešení problému na získání číselných ukazatelů. Tato cesta totiž vede k „číselnému empirismu“, kterému jsou cizí teoretické konstrukce a který ztěžuje objevování nových zákonitostí. Číselné výsledky jsou často pochybné pro nedostatečnost našich znalostí některých základních veličin nebo způsobů získávání informací. Proto jsou mnohdy důležitější obecné představy, znalosti samotné struktury řešeného úkolu, než konkrétní čísla (Gurevič, Sauškin 1966).

Matematika však nepracuje pouze s pojmy kvantitativní povahy, ale i s kvalitativními (např. množina, zobrazení, algebraická operace), které spolu s pojmy matematické logiky s nimi souvisejícími nachází uplatnění v humanitních vědách a v biologii (Vilenkin, Šrejder 1974), tj. v oborech, kde je obtížné získat kvantitativní informace. Je otázkou času, kdy bude teorie geografie rozpracována natolik, že tyto metody najdou uplatnění i v geografii.

Pro aplikaci matematických metod v geografii se užívá nesprávně pojmu matematizace, pod kterou J. Paulov (1966) rozumí nejen prostou aplikaci statisticko-matematických metod na konkrétní případy, ale i myšlenkové metody, na nichž je vybudována celá matematika, tj. metody dedukce. Z. Pavlík (1974) zahrnuje pod zmíněný pojem nejen aplikaci „nových“ matematických a statistických metod, ale také zdůraznění logicko-deduktivních metod, snahu po zdokonalení formálního jazyka, ověřitelnosti a návaznosti

poznání. V obou názorech je zdůrazněna deduktivní stránka, která se v matematice (stejně jako ve všech vědních disciplínách) doplňuje indukcí. Užití matematických metod v geografii se nemůže omezovat jen na vlastní výpočty; dříve než se začne počítat, je třeba zvažovat a zdůvodňovat vztah matematických a geografických představ, což pouhou dedukcí nelze provést.

Klasický výzkum s užitím matematických metod probíhá následovně (Grekova 1976): přesně se stanoví problém, formulují se omezení a potom se úkol řeší pomocí „bezúhonných“ matematických algoritmů. Pokud vznikají spory, týkají se buď správnosti provedeného výpočtu nebo toho, zda řešitel vybral nejlepší metodu. Jako příklad takového postupu může sloužit aplikace statistiky při stanovení intervalu spolehlivosti. Jednou provždy bylo stanoveno považovat za spolehlivý jev řekněme s pravděpodobností 0,99 a všechny další výklady se provádí bez ohledu na otázku „odkud se vzalo právě 0,99“. To není úkolem řešitele, protože ten rozebírá problém, zda při dané úrovni spolehlivosti není naše hypotéza v rozporu se smyslovou zkušeností.

Vývoj ukazuje, že nelze setrvávat na této rigorózní pozici, naopak v souvislosti se stále širším využíváním matematických metod bude nutné modifikovat nebo přehodnotit některé naučené přístupy k realitě. Probrat se složitými, dnes v geografii studovanými jevy, vyžaduje zkoumat je pod různými zornými úhly, zkoušet, srovnávat a hodnotit výsledky, provádět hlubokou teoretickou analýzu atd. Užitečný je spor modelů, kdy jeden a týž jev se popírá několika modely, neboť ve sporu se rodí jistota. Bude důležité vyjádřit stálost výsledků ve vztahu k modelům a hledat optimální řešení, mnohdy v podobě rozumového kompromisu, protože stroze určené matematické termíny kompromis nepřipouští. Matematické metody nemohou v těchto případech dát konečné řešení, ale mohou je pomoci řešiteli vybrat. Je třeba, aby badatel vždy prověřoval výsledky získané jejich užitím „zdravým rozumem“ a nevěřil v neomylnost matematické teorie či metody. Jak uvádí F. Fabian (1972), správnost závěrů, k nimž dojdeme správnou matematickou cestou, stojí a padá s adekvátností výchozích předpokladů (na druhé straně však správné výchozí předpoklady samy o sobě nezaručují správné závěry při nesprávně zvoleném matematickém postupu). Kritériem správnosti je vždy syntetická shoda kvantity a kvality se skutečností při zpětné prověrce v praxi.

Z uvedeného je zřejmé, že používání nových matematických metod musí být připraveno adekvátní teorií, tj. tak, aby nedošlo k tomu, co D. Harvey (1974) nazývá „přechováváním nového vína ve starých měších“. Předpokladem k tomu je dostatečný rozvoj pojmového aparátu geografie s vysokým stupněm obecnosti. Zavádění matematických metod nesmí být násilné, jen na efekt a pro „zvědečtění“ geografických prací. Takovéto „aplikace“ mohou dalšímu rozvoji geografie jen uškodit a přitom fetišizovat a bagatelizovat nesporný význam matematických metod pro další prohloubení geografických poznatků.

MATEMATIKA JAKO VYJADŘOVACÍ JAZYK GEOGRAFIE

V každém uměle vytvářeném jazykovém systému lze rozlišit tři aspekty (Harvey 1974): pragmatický, tj. jak je jazyk přijímán hovořícím nebo posluchačem; sémantický, vyjadřující vztah mezi symboly jazyka a pojmy, které

jsou vztaženy ke smyslové skutečnosti; syntaktický, vyjadřující vnitřní strukturu neboli „gramatiku“ jazyka. Syntaktický systém, jehož prvky a pravidla sestavení nejsou určeny k použití ke třídám objektů a procesů, se nazývá čistě formálním jazykem. Systém, v němž užívaným termínům je dán nějaký význam, se nazývá interpretovaným jazykem.

V současnosti se o matematice hovoří jako o jazyku vědy (esperanto vědců). Matematika v podstatě představuje určitý syntaktický systém, který může být interpretován s pomocí určitého sémantického systému. Jinak řečeno, čistě matematickým tvrzením lze dát empirickou interpretaci a tím přejít od abstraktních pojmů k empirickým a naopak. Matematika je neobyčejně efektivní jazyk, dovolující získání informace, kterou je těžké nebo psychologicky nemožné vyvodit ze studované reality jiným způsobem, a umožňuje konstruovat i pojmy, obvyklými jazykovými prostředky buď těžko vyjádřitelné nebo nevyjádřitelné. Matematický jazyk jako zvláštní vědecký systém dovoluje vypracovávat geografické pojmy a úsudky ve zkrácené, přehledné a úplné formě a přitom zcela jednoznačně, tj. přesně, jasně, nedvousmyslně, takže odstraňuje polysémantismus obyčejné řeči. Předchází objevení nových objektů, vztahů a vlastností reality, což dává široký prostor ke konstrukci hypotéz o struktuře studovaných objektů a jejich změn. Díky své symbolice skýtá možnost objevování strukturní jednotvárnosti, jednoty řady obecných zákonitostí v takových oblastech reality, které ve své podstatě jsou velmi rozdílné. Logicko-matematický jazyk je zároveň jediným jazykem počítačích strojů (Gurevič, Sauškin 1966).

Podle D. Harveye (1974) lze v principu rozpracovat nekonečný počet matematických jazyků. Příkladem může být geometrie jako jazyk prostorových forem a teorie pravděpodobnosti jako jazyk náhodnosti. Vytvoření a rozpracování konkrétního jazyka závisí jednak na zainteresovanosti samotného matematika ve výzkumu, jednak na prospěšnosti daného jazyka pro vědecké cíle (viz zmíněný případ teorie pravděpodobností). Objeví-li se nové možnosti použití konkrétního jazyka, mohou se objevit pro tento jazyk i nové problémy. Přitom použitelnost jazyka je značně závislá na správnosti jeho sémantické interpretace, což znamená, že určitý sémantický systém musí být izomorfní s jistým abstraktním systémem.

ZÁVĚR

Je prakticky nemožné uvést všechna kritéria, jimiž by se měli geografové při aplikaci matematických metod řídit. Některá z nich podle D. Harveye (1974) jsou: rozpracování jednoznačných, empiricky opodstatněných pojmů a přesné určení vztahů mezi těmito pojmy; matematický algoritmus vybraný k odrazu těchto pojmů a vztahů by měl být jednoduchý a pohodlný pro aplikování a měl by přesně odrážet empirické pojmy, strukturu a charakter vyjádřených souvislostí; je třeba uvažovat vstupní předpoklady a omezení modelu a pokud je to možné, garantovat, aby souhlasily se studovanými podmínkami reálného světa nebo s metodou popisu těchto podmínek; mění-li se poněkud pojmy a vztahy s cílem vyhovět podmínce aplikovatelnosti vybraného matematického modelu, je třeba kriticky zhodnotit oprávněnost těchto změn z empirického hlediska.

Geograf musí přijímat řešení obezřetně a zvažovat nejrůznější faktory, jako jsou jednoduchost a realističnost modelu atd. Tuto složitou práci mu může usnadnit dobře propracovaná teorie geografie, k jejímuž prohloubení samotné matematické metody přispívají.

Domnívám se, že stále aktuální jsou slova sovětského geografa N. N. Baranského: „Je třeba mít vždy na paměti, že geografie není ani matematika, ani fyzika či chemie. Základním způsobem vyjádření myšlenky pro geografa zůstává řeč a ne formule.“ (Anučin 1972). Užití matematických metod v geografii proto není negací metod dosud užívaných, nýbrž obohacením geografie o novou, při správné aplikaci velmi prospěšnou metodu.

LITERATURA

- Akčurin I. A., Vedenov M. F., Sačkov J. V. (1966): Metodologičeskije problemy matematičeskogo modelirovanija v jestěstvovoznaniji. *Voprosy filosofiji*, 4, 64—75.
- Anučin V. A. (1972): Teoretičeskije osnovy geografiji. *Mysl*, Moskva, 430.
- Bočarov M. K. (1971): Metody matematičeskoj statistiky v geografiji. *Mysl*, Moskva, 372.
- Čendov B. (1973): O predmetě matematiky i jeho mestě v sistěme nauk. *Voprosy filosofiji*, 8, 135—142.
- Demek J. (1974): Teoretická geografie: principy a problémy. *Studia Geographica* 46, Brno, 78.
- Demek J. (1975): Teoreticko-metodologické otázky současné geografie. In: *Studia Geographica* 50, Brno, 61—78.
- Fabian F. (1972): Příspěvek k marxistickému hodnocení významu matematiky v teorii poznání. *Sociologický časopis*, 8, 1, 81—84.
- Greková I. (1976): Metodologičeskije osobennosti prikladnoj matematiki na sovremennom etape jeho razvitija. *Voprosy filosofiji*, 6, 104—114.
- Gurevič B. L., Šauškin J. G. (1966): Matematičeskij metod v geografii. *Věstnik MGU, Geografija*, 1, 3—28.
- Harvey D. (1974): Naučnoje objasněnije v geografiji. *Progres*, Moskva, 502. Ruský překlad *Explanation in Geography*, London 1969.
- Kolman A. (1965): O matematických metodách ve společenských vědách. In: *Kybernetika ve společenských vědách*, nakl. ČSAV, Praha, 17—36.
- Nosek M. (1972): Metody v klimatologii. *Academia*, Praha, 433.
- Paulov J. (1966): Niektoré problémy a aspekty exaktizačného procesu v geografii. *Geografický časopis*, XVIII: 3, 252—268.
- Pavlik Z. (1974): Na okraj kvantifikace v geografii. *Sborník ČSSZ*, 79: 2, 132—140.
- Šljachin G. G. (1976): Kantovskaja filosofija matematiki i sovremennost. *Voprosy filosofiji*, 1, 129—138.
- Vilenkin N. J., Šrejder J. A. (1974): Ponjatija matematiki i objekty nauk. *Voprosy filosofiji*, 2, 116—126.
- Vzpomínky na Marxe a Engelse. Praha 1958.