

SCIENCA REVUO de Internacia Scienca Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	E1 Vol. 28 n-ro 4(126) 30.08.1977.
--	--

SCIENCO PRI LANDŜAFTO

FUNDAMENTOJ DE TEORIO KAJ LOGIKO-MATEMATIKAJ METODOJ

(DU PARAGRAFOJ EL LA SAMTITOLA LIBRO DE D.L.ARMAND, MOSKVO, SOVETIO)

ENKONDUKO

Ĉi tiu libro estas nek kurso de la *landŝaftologio*^{+/}, nek konsekvenca priskribo de ĝia teorio. Ĉi tio estas serio de eseoj je teoriaj kaj metodaj temoj, aranĝitaj en certa logika sinsekvo.

Mi kiel geografo-landŝaftologo pli ol unu fojon renkontiĝis kun demandoj de metodika karaktero, kiuj estis ne sufiĉe esploritaj. Mi sentis, ke ili bremsas la evoluon de la scienco kaj ofte provokas nenece-sajn diskutojn. Iam mi ankaŭ rimarkis, ke eĉ gvidaj sciencistoj eraras pro tio, ke ili ne konas ĉefajn metodojn de la matematiko, fiziko, logiko, kiuj de tago al tago okupas pli kaj pli gravan lokon en la geografiaj esploroj. En tiaj okazoj, kiam mi sukcesis kompreni tiujn problemojn aŭ metodojn, ĉe mi aperadis natura deziro rakonti pri tio al la aliaj, por ebligi al ili ne halti ĉe solvitaj jam problemoj, sed tuj iri pluen.

Lastatempe estiĝis ankaŭ alia nedezirinda fenomeno. Apliko de novaj metodoj, inter ili - la matematikaj, ege progresis. Lige kun tio ĉe iuj esploristoj aperis simptomoj de scienca snobismo. Ili skribas komplike kaj ŝajne ricevas kontentiĝon pro tio, ke ilin komprenas preskaŭ neniu. Iam iliaj artikoloj similas ekzercojn pri la matematiko. Samtempe ne eblas kompreni kion kontribuas ili al la senĉava geografio. Ĉio ĉi kune kun la inundo de produktoj de "terminoamo" kaj nedomera inventado de novaj sciencoj, kreas ĉirkaŭ la geografio atmosferon de esotereco, de forŝirigo de la scienca elito ne nur de la vastaj amasoj, sed ankaŭ de la ĉefa kontingento de profesiaj geografoj. Mi deziras averti miajn legantojn kontraŭ tia pseŭdonovigado.

^{+/}Vidu la klarigon ĉe la fino de la artikolo

"Naturo ne estas matematiko" - tiu laŭsence ne tro profundpensa formulo en la fino de la 19-a kaj en la unua duono de la 20-a jarcento hipnote efikis geografojn kaj ebligis al ili apriorie malakcepti ĉiajn provojn apliki matematikajn metodojn por klarigi naturajn fenomenojn. V.S.Preobraĵenskij opinias, ke tia rilato estiĝis tial, ke la analitiko kaj analiza geometrio efektive estis ne sufiĉaj por tio (1972a, p. 117). Tio estas vero. Sed kiu do devigis la natursciencistojn limigi sin per tiuj sciencoj? Jam tiam ja ekzistis la matematika statistiko, teorio de probabloj, Bool-algebro, t.e. ĝuste tiuj matematikaj branĉoj kiuj nun liveras la plej fruktodonajn rezultojn en la fizika geografio kaj en la biologio. Evidente, korifeoj de la natursciencoj simple ne sciis kiel apliki ilin al la afero. Nur la germana geografo Georg Gerland en la seculo defendadis tiun vidpunkton, ke sukcesoj de la fizika geografio dependas de la asimilo de matematikaj kaj geofizikaj metodoj. Geografoj sendube estis nepretaj transpreni liajn opiniojn.

La naturo certe ne estas matematiko, almenaŭ tial ke ĝi estas materia. Multe pli proksime al la studo de la naturo staras fiziko. Sed en la bazo de ĉiuj fizikaj eventoj kaj fenomenoj kuŝas matematikaj leĝoj. Mi dirus ke la matematiko estas malplena skeleto, kanvaso sen brodaĵo, sed kiam la naturo komencas brodi siajn ornamojn, ili povas lokiĝi nur laŭ ĉeloj de tiu kanvaso. Ne eblas kompreni ornamon ne sciante strukturon de la kanvaso. Jen kial oni diras, ke la matematiko estas "ĉefa fonto de imagoj kaj simptomoj, surbaze de kiuj naskiĝas novaj teorioj" (Daison, 1967, p. 112).

Nun, certe, kvanto de farboj sur paletro de sciencisto ege pligrandiĝis. Krom la ĉefaj matematikaj studobjektoj lin pretas servi ĉiuj branĉoj de tiel nomata finia matematiko: teorio de aroj, vektora analizo, matrica algebro, teorio de ludoj. Krome vastan aplikon en la geografio povas trovi teorio de grafoj kaj teorio de informado, utilos teorio de identigo de bildoj, teorio de dimensioj, teorio de finaj aŭtomatoj kaj eĉ topologio^{+/}.

Mi jam ne parolas pri la komputa tekniko kaj fabela potenco de la komputiloj, kiuj ebligis multajn antaŭe ne eblajn operaciojn. Entute la geografion minacas perpleksiĝo antaŭ la abundo de metodoj, malsato de Buridanazeno, ol manko de matematika aparato.

Aparta valoro de la matematiko per la konstruo de teorioj estas "en la scipovo elimini ĉion superfluan en la procezo de pensado kaj en la mirinda kapablo ŝpari penslaboron" (E. Mach, cit. laŭ Daison, 1967, p. 117). Tiu scipovo estas aparte valora por la fizika geografio, ĉar nenie krome estas tia kvanto de "troa" materialo, t.e. detaloj, malfaciligantaj konkludadon. La matematiko vere kapablas transformi longajn ĉenojn de silogismoj en mekanike plenumatajn transformojn kaj poste tuj

^{+/} Topologio estas geometrio de kontinuaj spacoj, apartigita en la 18-a jarcento far Euler. La "Topologio" de E. Neef kaj V.B. Soĉava estas senbaza atribuo de senco, havanta nenion komunan kun la origina, al la termino pruntita el la alia scienco.

doni finan konkludon. Iam ĝi estas tiom malproksima de la enmetita materialo, ke ĝi faras impreson de surprizo, kaj tamen oni povas esti certa pri ĝia ĝusteco, kompreneble, se premisoj kaj la solvo mem estis korektaj.

Kiam teoria konkludo aperas rezulte de matematikaj operacioj aŭ fizikaj konsideroj, tiam ĝi estas esprimata en la matematika lingvo. Ni povas ekspliki ĝin ankaŭ per la simpla, vorta lingvo. Ekzemple, la periodan "leĝon" de la geografia zoneco eblas esprimi vorte: la zoneco dependas de la interrilato de varmo kaj akvo, kiu siavice estas esprimata per proporcio de la jara bilanca diferenco de la suna radiado al la jara sumo de la atmosferaj precipitaĵoj multiplikita je kaŝita vaporiga varmo. Sed la saman penson eblas esprimi ankaŭ pli mallonge:

$$\frac{T}{W} \approx \frac{R}{Lr} \Rightarrow Z \quad +/ \quad (2.8)$$

kie T estas varmokvanto, W - akvokvanto, R - bilanca saldo de la suna radiado, L - kaŝita vaporiga varmo, r - atmosferaj precipitaĵoj, Z - esto de zonoj, \approx signifas "ekvivalente".

Por certaj celoj tiu lakona manieresprimo de leĝkonformecoj havas avantaĝojn.

Nuntempe nemultaj el la geografoj starigas al si celon ellabori vere teoriantan klarigon de la observataj fenomenoj. K.Z. Starikov (1968.), opiniante, ke skema modeligo estas la fina celo de esploro de la fiziko-geografiaj procedoj, skizas tre racian vojon de kondukantaj al tio operacioj. Forestas en ili nur fizika analizo de la esplorata fenomeno. Tial lia modelo estas neperfekta, kaj la lasta operacio "la deduktoj kaj konkludoj" suspektigas, ke ili estas ricevitaj nur empirie.

Parolante pri la transiro de empiria stadio de ekscio en la teoriantan, V.A. Smirnov (1964. p. 49) substrekas, ke la esenco de tiu etapo konsistas el tiuj procedoj de la ekscio, kiel idealigo, abstraktado, hipotezo. V.S. Preobraĵenskij prave plendas pro la malofta uzado de hipotezoj en la fizika geografio (1972a, p. 122). Ofte empiria rezulto sen sufiĉa kontrolo en diversaj kondiĉoj estas prezentata kiel la lastinstanca vero. Ĝuste tio estas la rezulto de esploroj ne alkondukitaj ĝis vere teoriaj konkludoj. Tie ni fakte havas nur hipotezon. Kiam malvolviĝas seninterrompe fadeno de fizikaj interagoj, oni povas kun multe pli granda certeco garantii rezulton, ol kiam dum nia rezonado ni transsaltas vicon de nigraj kestoj. Eraroj dum teoriaj ĝeneraligoj loĝiĝas ĉe enironditaĵoj, ĉe premisoj, elekto de origina informo, sed malofte povas okazi en la stadio de matematika logika prilaborado. *Muĉ-*
hipotezo estas anticipa opinio pri procezo aŭ fenomeno, kiun esploris-

+/ \Rightarrow signo de implicita difino de objektoj (el logiko); $A \Rightarrow B$ estas legata: A sekvigas B.

to formas por si antaŭ komenci ilian esploradon surbaze de kolektitaj scioj kaj intuicio. *Nul-hipotezo estas bezonata por plani kampan esploron aŭ eksperimenton, destinitan konfirmi ĝin aŭ refuti.* Dum la esploro sciencisto devas esti preta al ambaŭ probablaj rezultoj (Beili, 1964.)

La teorio de probabloj ludas ekskluzive gravan rolon en la scienco. Certe ĉiuj geografiaj problemoj havas probablecan karakteron, ne diferencigante rilate de ordinaraj vivproblemoj (Kac, 1967. p.83). Gravas, tamen, substreki principan diferencon inter fizika kaj fiziko-geografia probabloj. En la fiziko ekzistas procezoj principe ne ekkoneblaj (almenaŭ tiel certigas la fizikistoj), ekzemple situo de elektrono sur-orbite. *En la fizika geografio ĉiuj eventoj, se tio koncernas neorganikan materion, okazas en la makromondo, ĉiuj estas malkomponebaj je ĉenoj de kaŭzoj kaj sekvoj, estas determinitaj.* Ĉi tie transiro de certeco al probableco havas ne principan, sed kvantan karakteron. Meniu asertos, ke en la formuloj:

$$\left. \begin{array}{l} y=f(x) \\ y=f(x,z) \end{array} \right\} \quad (2.9)$$

ĉeestas elemento de probableco. Ĝi estas tio, kion oni nomas unuvarianta kaŭzeco. Je certaj valoroj de la argumentoj la funkcio ne probable, sed certe kaj absolute precize havos certan signifon.

Samtempe

$$y=f(x,z,a,\dots,w) \quad (2.10)$$

precipe se ekzistas inversaj ligoj

$$(x,z,u,\dots,w)=f_{\downarrow}(y) \quad (2.11)$$

kaj malfacilaĵoj pri elekto de ekvacikvanto egala al kvanto de la argumentoj, povas esti konsiderata kiel probableca tasko. Ke la diferenco ĉi tie estas pure kvanta videblas el tio, ke la ekvacioj (2.9) diferencas de la (2.10) nur per kvanto de variabloj en la dekstra parto. La solvebleco dependas de kvanto da laboro kaj de progreso de sciencaj metodoj. Helpe de la komputiloj multaj taskoj solvataj antaŭe helpe de la teorio de probabloj ricevis unuvariantajn solvojn.

Tiamaniere demando pri karaktero de la determinismo rilate al la neorganika mondo estas klara. Ĝi vere malklariĝas kiam temas pri vivestaĵoj. Ne estas klare, kio kaŭzas ilian konduton, iliajn emociojn, ilian pensmanieron, ilian decidemon agi, direktitan al ŝanĝoj de landŝafto. Ja de ili dependas ankaŭ la malviva naturo. Fiziologoj atingis molekulan nivelon, sed eble sur ĝi la afero ne finiĝas kaj la primaraj impulsoj ascendas al atoma, nuklea kaj elektrona niveloj, kie regas la fama fizika kvanta neekonebleco?

La teorio de probabloj povas esti uzata por direkti geografon al principe gravaj konsideroj. Se, ekzemple, certa evento devas ripetiĝi laŭ akceptita nul-hipotezo p fojojn el cent, sed ĝi fakte ripetiĝas

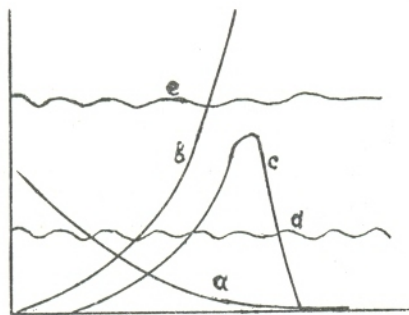
$p+a$ aŭ $p-a$ fojojn kaj $a \gg 1^{x/}$, do tio montras, ke la nul-hipotezo estas neĝusta kaj eble eĉ konjektigas, kiudirekte oni serĉu la ĝustan solvon (Borel, 1965. p. 36).

Tre malrapidajn fiziko-geografiajn procezojn ne eblas observi sur diversaj evolustadioj kaj sekve estas ankaŭ malfacile konkludi pri iliaj kaŭzoj kaj movaj fortoj. Ĉi tie povas helpi ioma mistero de plejmulto da procezoj pasantaj en landŝafto. Iom misteraj estas nomataj la procezoj fluantaj en tempo sed havantaj analogojn distribuitajn en la spaco kaj estantaj sur diversaj evolustadioj. Do, por juĝi pri la pasinto kaj estonto de iom mistera procezo necesas observi ĝiajn analogojn troviĝantajn nun komence kaj fine de ĝia evoluo. Por teoriaj konkludoj estas tre grave scii la finan stadion de la procezo. Imageblas jenaj variaĵoj:

1. Estingiĝanta procezo $y = \lim_{x \rightarrow 0} f(x)$, ekzemple, procezo de ekvilibriĝo de rivera profilo post kiu la rivero ĉesas laboron tiel de erozio, kiel de akumulado.

2. "Senbrida" procezo $y = \lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$, havanta nur pozitivajn inversajn ligojn kaj nelimigitan rezervon de substanco. Tia procezo senfine kreskas ĝis katastrofa fino. En naturaj teraj kondiĉoj ĝin imagi ne eblas,

$x/$ estas legata "multe pli".



Desegnaĵo I8. Fluo de naturaj procezoj.

1 - estingiĝanta, 2 - senfine kreskanta, 3 - kreskanta ĝis elĉerpigo de substanco aŭ energio, 4 - sinreguliga kun negativa inversa ligo, 5 - ritma kun plilongiĝanta periodo.

sed ĝian malfremdecon al naturo pruvas eksplodoj de supernovaj steloj (des. 18b).

3. Same kreskanta procezo, sed havanta limigitan rezervon de substanco aŭ energio. Ĝi senbride kreskas, sed post elĉerpiĝo de la materialo rapide estingiĝas. Ĝin ekzemplas lavangoj, terdefaloj, erupcioj, invadoj de animaloj en regionoj kun limigita nutro-rezervo ktp. (des.18c).

4. Procezo havanta fortajn negativajn ligojn kaj returniĝanta kiam ĝi atingas certan intenson. Tiu procezo funkcias laŭ la principo de Le Chatelier kaj kapablas sin reguligi. Ĝi estas tipa por ekosistemoj, ekzemple por la sistemo rabobesto - viktimo, sed troveblas ankaŭ en la neviva naturo, ekzemple la evoluo de kontinenta glaciĝo, montogenezo. Tiuj procezoj ne havas certan limiton en matematika senco de la vorto, sed oscilas inter du limoj, ekzemple, montogenezo - inter la nivelo de denuda malekvilibro kaj bazo de erozio. Grafike oni povas prezenti ilin kiel sinusoidon.

Analizon de procezoj de la lastaj du tipoj donis A.D.Armand (1966, p.87-90; 1971. p.16-24).

5. Ritmaj procezoj kun ŝanĝiĝanta periodo. Kutime la ŝanĝo estas tiom malrapida, ke oni ĝin nerimarkas. Tiuspeca ritmeco estas karaktera por la planedaj procezoj. Ekzemplo estas la diurnaj procezoj. La diurno malrapide longiĝas, kaj tiu procezo ĉesos nur tiam, kiam la diurno egaligas al la jaro kaj la Tero por ĉiam sin turnos al la Suno per unu flanko. Tiajn procezojn (ekzemple, diurna alveno de varmo) eblas signi kiel celantaj iun konstanton $y = \lim_{x \rightarrow a} f(x)$. La kurbo de tiu procezo esprimeblas per la ekvacio:

$$y = \sin \frac{1}{x} \quad (2.12)$$

Tial malĝusta estas la aserto, ke "atributo de la naturo estas sinreguligo" (Poĥonskij, 1963. p. 11). Ĝi estas karakteriza nur por la procezoj de la 4-a speco, vere tre oftaj, kaj iomgrade por procezoj de la 3-a speco, se la konsumiĝo de la rezervo konsidereblas kiel sinreguligo.

LANDŜAFTO (ger. Landschaft, angle Landscape, ruse Landŝaft, svede Landskap, holande Landschap, pole Landszaft) estas ĉe Armand uzata pli larĝe, kiel la esprimo por *natura komplekso* kun ingrediencoj: 1/ terkrusto, 2/ akvoj, 3/ atmosfero, 4/ pedo(j), 5/ plantoj+animaloj+mikroboj=biocenozo, 6/ reliefo. PEJZAGO estas pro tio aspekto de landŝafto. Sekve landŝaftologio estas scienca branĉo, pejzaĝologio-arta.

CITITA LITERATURO:

(la titoloj estas tradukitaj el la rusa lingvo)

1. *Armand A.D.* Naturaj kompleksoj kiel sinreguligaj informaj sistemoj. "Izvestija AN SSSR", la geografia serio, 1966. № 2.
2. *Armand A.D.* Modeloj kaj informado en la fizika geografio. Moskvo, 1971.
3. *Beili N.* Statistikaj metodoj en la biologio. Moskvo, 1964.
4. *Borel E.* Probableco kaj certeco. Moskvo, 1964.
5. *Daison F.D.* Matematiko en fizikaj sciencoj. El la artikolaro "Matematiko en la moderna mondo", Moskvo, 1967.
6. *Kac M.* Teorio de probableco. El la artikolaro "Matematiko en la moderna mondo", Moskvo, 1967.
7. *Polonskij M.L.* Geocibernetiko. La objekto kaj metodo. Mjinsk, 1963.
8. *Preobraĵenskij V.S.* Konversacioj pri la moderna fizika geografio. Moskvo, 1972.
9. *Smirnov V.A.* Niveletoj de scio kaj etapoj de procezo de ekkono. El la artikolaro "Problemoj de la logiko de scienca ekkono". Moskvo, 1964.
10. *Starikov K.Z.* Skema modelado de fiziko-geografia procezo. El la artikolaro "Matematikaj metodoj en geografio". Moskvo, 1968.