

## METODE KORIŠĆENJA KARATA PRI NAUČNIM ISTRAŽIVANJIMA

Miodrag M. NIKOLIĆ — Beograd\*

*RÉSUMÉ — Dans l'article »Methodes d'utilisation des cartes dans les recherches scientifiques« on traite, parmi les multiples manières d'analyser les cartes, les procédés essentiels suivants: analyse visuelle, analyse graphique, travaux cartométriques, analyse statistique et mathématique, simulation mathématique et procédés de la théorie d'information. Dans l'aperçu qui, su'vra, nous verrons les méthodes de l'analyse, les différences dans le niveau de leur équipement technique. les particularités des recherches sur des cartes isolées et des ensembles de cartes, les questions de précision et certains autres problèmes des méthodes cartographiques.*

Već duže vremena karte su našle široku primenu u praktičnim radovima i naučnim istraživanjima. Zahtevi života uvek su određivali razvojni put kartografije. Sve do nedavna, naučna kartografija usmeravala je svoje napore uglavnom, na obradi metoda izrade karata (to će reći na probleme koji su interesantni samo za kartografe i značajne za njihovu specijalnost), tako da je obrada metoda korišćenja karata ostala u senci, pa čak je bila i zanemarena.

Po svojoj prilici, smatralo se, da su istraživanja na jednoj karti usmerena na njenu vizuelnu analizu, koja je pristupačna svim stručnjacima koji proučavaju prirodu pojava predstavljenih na karti. Samo pitanja kartometrije privlačila su pažnju istraživača. Takvi stavovi nisu bili opravdani. Težilo se ka jednom nepotpunom iskorišćavanju potencijalnih mogućnosti karte, njenom potcenjivanju kao sredstva naučnog istraživanja.

Ali, opšti napredak tehnike, koji se manifestuje korišćenjem elektronskih računara i automatizovanih instrumenata smelo transformiše savremenu kartografiju. Za budućnost kartografije od životne je važnosti da se ove transformacije prošire ne samo na proces izrade karata već takođe, odlučno, na metode njihovog korišćenja. Ukoliko je koncepcija kartografije naučno istraživanje i proučavanje međuzavisnosti pojava u prirodi i u društvu, na osnovu kartografskog predstavljanja, ova se pitanja postavljaju kao problemi u kartografiji. Povoljno rešenje ovih pitanja zanima i širu lepezu stručnjaka koji su uvek koristili karte ne samo da iz njihovog sadržaja izvuku kvantitativne karakteristike o prostornim pojavama,

\* Adresa autora: Miodrag M. Nikolić dipl. inž., Beograd, Vojno geografski Institut.

već takođe, da razjasne mnogobrojne geografske postavke, kako mesne tako i opšte prirode.

I u prošlom stoleću karte su se na veliko koristile za objektivnu analizu situacije i oblika kontinenata i okeana, za definisanje njihovih geomorfoloških karakteristika da bi se došlo do logičnog zaključka o rasporedu makroformi, itd.

Sigurno je da se mogu pronaći mnogobrojni ilustrovani primeri o korišćenju karata kao sredstva za naučno istraživanje kod A. Gumboldt-a, V. Dokoutchaevskog i drugih korifeja geografije iz XIX veka i čak u kasnijim periodama, na primer kod Edmunda Halley-a. Međutim, u sadašnjim uslovima, analiza geografskih karata još ne konstituise teoretska obrađena istraživanja mada se smatra da su, u sadašnjem periodu, uslovi za ostvarenje ove zamisli već sazreli.

Velika je lepeza kartografskih zadataka: obrada topografskih i novih tematskih karata, tačnih i po nameni raznovrsnih, izrada atlasa na naučnoj osnovi — malih za prikazivanje široke kartografske spoznaje. Jedan od važnijih zadataka se sastoji u perfektuiranju naučno-kartografsko-tehničkih analiza oslanjajući se na mogućnostima savremene matematike i elektronskih računara, kao i u domenu obrade automatskih instrumenata za registrovanje i obradu kartografskih informacija.

Tako je krilatica »Sine qua non« ostala u teoretskoj argumentaciji metode čija se osnova zasniva na generalnom razvoju nauke o kartama: o njenim svojstvima, vrstama i načinima njihovog korišćenja. Pitanja teoretskog uopštavanja metoda i postupaka korišćenja karata, za spoznaju naučne stvarnosti, na koje ona ukazuje, postavljena su još 1948. g., kao problemi metoda kartografskog istraživanja (Salichtchev, 1948. g.). Ovaj pristup i razmatranje ove vrste privukli su pažnju mnogih istraživalaca: Dury, 1952; Guèdymine, 1954; Salichtchev, 1955, 1968; Bunge, 1962; Hagget, 1965; Aslanikachvili, 1968; Berlian, 1968, 1971; Lacko, 1968; Kohen, 1969; Ostrowski, 1970; Paslawski, 1970; Ratajski, 1970; Witt, 1970; i drugi.

Mnogobrojni su predmeti kartografskog istraživanja: analiza teritorijalne podele, sastavljanje karata i objašnjavanje međuzavisnosti kartografskih pojava, studija evolucije, predviđanje eventualnih pojava, itd. Metode kartografskog istraživanja imaju kao onsovu — koncepciju karte kao prostornog modela stvarnosti i, u isto vreme, kao jednog od univerzalnih načina uskladištenja, akumulacije i komuniciranja prostornim informacijama. U kratkom izlaganju ilustriraće se metodi i postupci analize, razlike u njihovoj tehničkoj karakteristici, njihovim karakteristikama pri istraživanju pojedinačnih i serije karata, pitanja tačnosti i drugih problema kartografskih istraživačkih metoda.

Među mnogobrojnim načinima analize karata, izneće se sledeći postupci:

- vizuelna analiza,
- grafička analiza,
- kartometrijski radovi,
- statističke i matematičke analize,
- matematička simulacija i
- postupci teorije informacija.

*Vizuelna analiza* bila je najprošireniji način korišćenja karata pri naučnim istraživanjima. U suštini, počivala je na kartografskom izražavanju geografskih pojava, koje reprodukuju njene prostorne karakteristike i njenu strukturu u jednom sugestivnom obliku.

Bilo sa kog stanovišta, lokalnog ili opšteg, karte pružaju neuporedive mogućnosti za prostornu analizu: raznim kompozicijama te odnosa i dinamike svih pojava u prirodi i u društvu. Pojava novih vrsta karata otvara put ka tesno koordiniranoj analizi niza zavisnih karata i proširuje domen njene primene. Da bi se postigla efikasnost ovog načina treba obraditi nove varijante kartografskog izražavanja, koje odgovaraju, najbolje, uslovima vizuelne analize (adekvatan primer je izložio Prof. J. Bertin), te istraživanje načina njegove objektivizacije, itd.

*Grafička analiza* se sastoji u proučavanju profila, raznih preseka, dijagrama i drugih crteža izraženih na geografskim kartama. Ovi postupci imaju veliku primenu i veliku popularnost. Zato, da se ne bi rasplinuli u iznošenju mnogobrojnih primera ograničićemo se samo na najnovija istraživanja koja se odnose na kartu mesečeve površine, naime na kartu strukture regiona kratera Bulliald (Soukhanov, 1969. g.). Površina centralnog dela pokrivena je mnogim kraterčićima, čiji haotični raspored sugerira na ideju njihove meteorske geneze. Međutim, merenjima na karti orijentacije kraterskih strana, smeru tektonskih rasedlina, ulegnuća i malih brežuljaka kao i grafička sinteza ovih merenja u smislu određivanja orijentacije, pokazuje koincidenciju orijentacije strana kratera sa poljem fraktura. Tektonska geneza kratera pojavljuje se kao najverovatnija.

*Kartometrijski radovi* sastoje se u merenjima i računanjima koordinata, dužina, visina, površina, zapremina, uglova i drugih kvantitativnih karakteristika prostora. Kartometrija konstituiše jedno poglavlje, staro i dobro obrađeno u kartografiji. Ali, u svojoj tradicionalnoj interpretaciji, kartometrija ograničava svoj udeo na topografske karakteristike. Međutim, geografi-naučnici su zainteresovani da sa karte dobiju i druge informacije koje nisu u suštini topografske — njihovu kvantitativnu strukturu, itd. Dovoljno je navesti da se jedno od poglavlja geomorfologije — morfometrija reljefa, zasniva na kartometrijskim radovima i njihovim definicijama. Čak se može govoriti o »morfometričkoj analizi« kao jednog od načina kartografske metode istraživanja.

Među radovima koji predstavljaju sintezu istraživanja u sklopu karta-geomorfologija i neotektonika, mogu se navesti publikacije A. Baulig-a, 1959; J. Staszewsk-og, 1964; A. Berliant-a, 1946; C. A. King-a, 1966; B. Zakrzewsk-i, 1967; E. Bylinski i drugi, 1968; I. Golbreich i drugi, 1968; A. Devdariani, 1968.

Kartometrija je našla svoju primenu i u pedološkim i biološkim istraživanjima (Lapox, 1968; Friedland, 1970), u hidrološkim i oceanološkim istraživanjima (Sager, 1967; Larina, 1968; Christofoletti, 1969; McDonald, Katz, 1969; Breire, 1970; Bogorov, Iline, 1971; Leontiev, Oudinzsev, 1961).

Kartometrijski postupci se koriste sa uspehom u ekonomskoj geografiji i opštoj geografiji za analizu koncentracije industrijskih postrojenja, strukture eksploatacije tla, prirode naselja i sve ostalo što iz toga proizlazi. Detaljniji prilaz i raznovrsne primere primene kartometrije u slič-

nim istraživanjima dao je P. Hagget u svojoj monografiji »Prostorna analiza u ekonomskoj geografiji«, 1965. g.

Ovih posljednjih godina date su nove originalne studije o korišćenju kartometrije za studiju tipa naselja, konfiguracije i prilaza naseljima, karakteristikama putne mreže (Sen Amal Kumar, 1967; Barwinski, 1968; Evteev, 1969—1970; Izmailova, 1969; Gourevitch i drugi, 1960; Witt, 1960).

Opšte tendencije savremene nauke za korišćenje najefikasnijih matematičkih instrumenata, računске tehnike i simulacije dobile su vidno mesto i u kartografiji. Sada se u kartografiji uvode efikasne matematičke metode pri analizi karata, zasnovane na matematičkoj statistici, na matematičkoj analizi i teoriji informacija.

*Statističko-matematička analiza* primenjena na kartama daje odlične rezultate kada je reč o:

— istraživanju homogenih pojava (temperatura zraka, gustina naseljenosti seoskog stanovništva, prinos poljoprivrednih kultura, itd.), njihovoj raspodeli i njihovoj modifikaciji po vremenu — određenih mnogobrojnim promenljivima u zavisnosti nepoznate funkcionalnosti. Opisi metoda istraživanja mogu se naći u delima R. Müller-a, J. Kahn-a, 1962; G. Dickinson-a, 1963; W. Krumbein, F. Graybill, 1965; V. Tcherviakov, 1966; M. Botcharov, 1971 i drugi.

— studije koje se tiču prostora i vremena — računanjem korelativne zavisnosti; relativnog koeficijenta korelacije i odnosa korelacije. Metode i tehnika računanja korelacija na kartama može se naći u više članaka: A. Robinson, 1961 i 1962; R. Bryson, 1957; A. Robinson i drugi, 1961; Salich-tev, 1962, 1971 — priručnik za kartografiju kao i u monografijama o statistici.

A. Robinson je proučavao korelativnu povezanost između gustine naseljenosti stanovništva-farmera i izvesnih prirodnih faktora i social-ekonomskih (srednje godišnje naseljavanje, udaljenost gradova, proporcija površina zasejanih žitom u datom sektoru).

Izračunati su i analizirani su koeficijenti normalne i složene korelacije kao i koeficijenti delimične korelacije, koji odražavaju povezanost između dve pojave, budući da je treća pojava eliminisana. Primer — međuzavisnost gustine stanovništva i priliva, eliminišući uticaj blizine gradova, itd. A. Robinson je sastavio karte korespondencije koje ukazuju na prisilna povezivanja izvesnih lokaliteta u odnosu na druga, što je suprotno koeficijentu korelacije koji izražava snagu povezivanja za celu proučavanu teritoriju.

Do sada, analiza korelacija pojava na osnovu karata našla je svoju primenu u svim domenima geografije i to bez izuzetka. Međutim, kartografsko izražavanje povezanosti pojava na osnovu specifičnih karata je retko.

U vezi ovih radova vredno je proučiti radove Z. Murdych-a, 1966; A. Vajnov-a, 1969; A. Berliant-a, 1961.

— procenjivanje stepena, uticaja jednih i drugih faktora na proučavane pojave i razvijanje glavnih principa — koristeći se disperzionom i faktorijelnom analizom.

Posebno, faktorijelna analiza pokazala se dosta efikasnom pri kartografskim rešenjima jednog od bitnih problema fizičke i ekonomske geografije.

Na primer, V. Joukovskaja, 1964 koristila je faktorijalnu analizu za procenu, pod geografsko-ekonomskim uglom, agrikulture stepskih oblasti; C. A. M. King, 1969., primenio je tu metodu za proučavanje teritorije Nottingham-a (Engleska), i to prema vrstama poljoprivredne delatnosti i stanovanja. U atlasu Ontario, 1969. g., W. G. Dean, takode je na osnovu faktorijelne analize sastavio kartu nivoa ekonomskog razvoja gradova, poljoprivrednog razvoja, rekreacije i turizma te kartu-šematski prikaz saobraćajne povezanosti velikih gradova na istoku Kanade. Procene teritorija, predstavljene na ovim kartama, obezbeđene su sintezom mnogobrojnih karakteristika. Tako, kod izrade karata za turizam i rekreaciju raspolagalo se sa 40 polaznih podataka. Kao ilustraciju navedimo kartu »Procena prirodnih uslova za život stanovništva Transbajkala, Serbeniuk, 1970., koja sadrži 19 različitih oznaka: klimatskih, hipsometrijskih, geofizičkih, hidroloških, pedoloških, gebotaničkih i zoogeografskih i dr., čije su karakteristike dobijene iz karata atlasa Transbajkala, 1967.

Faktorijalna analiza omogućila je izdvajanje triju osnovnih faktora: sintezu klimatskih obeležja, podatke o reljefu, tlu i vegetaciji, te o površinskim vodnim rezervama.

Skupni uticaj ovih triju fatkora izražen je u pet gradacija koje su omogućile regionalisanje Transbajkala prema stepenu ili još bolje prema njegovim prirodnim uslovima za opstanak ljudske vrste. Kao interesantne radove, koji se tiču metoda i tehnike računanja primenom faktorijelne analize, mogu se navesti radovi R. J. Johnston-a, 1970. g., i M. S. Monmnier-a, 1970. g.

*Matematička simulacija.* Analiza karte na osnovu matematičke simulacije sastoji se u izradi matematičkog modela pojava ili procesa na osnovu polaznih podataka uzetih sa karata i uzastopnom studijom modela namenjenih za interpretaciju i objašnjavanje pojava. Mogućnosti primene principa ovog načina analize karata sastoji se u činjenici da među mnogobrojnim pojavama i procesima predstavljenih na kartama, prevladaju bilo funkcionalna nezavisnost bilo da se one i oni mogu izraziti kroz prostornu vremensku zavisnost. Ove nezavisnosti, koje su nastale posredstvom mnogobrojnih nepoznatih uzroka su složene i zamenjuju se približnim funkcijama. Broj članova polinoma zavisi od složenosti funkcije i date približne tačnosti.

Razvijeniji postupak modeliranja sastoji se u oblikovanju (formiranju) jednačina površina — stvarnih (na primer, reljef zemljišta, reljefnost stena završne geološke formacije, itd.). Ovaj postupak analize najpre je prihvaćen u geofizici i klimatologiji za studiju zakona, tj. prostornog zakona i dinamike gravitacionog polja, magnetskog, barimetrijskog i temperaturnog polja.

Navedimo kao primer studije C. Swartz-a, 1954; Oldham-a i D. Sutherland-a, 1955; F. Grant-a, 1957; G. Holloway-a, 1958. Nešto kasnije pojavljuju se radovi W. Krumbein-a, 1959, 1964; W. Krumbein-a i F. Graybill-a, 1965. I pre njih mnogi drugi istraživači koristili su modeliranje u geologiji: Romanova, 1963; Merriam i Harbaugh, 1964; Chorley i Haggett, 1965; logiji: Romanova, 1963; Merriam i Harbaugh, 1964; Chorley i Haggett, 1965 primenili su ove postupke u domenu geografskih istraživanja na osnovu karte regionalnog rasporeda šuma na jugo-istoku Brazila.

*Postupci teorije informacije.* Prošlo je više od dve decenije od pojave naučnog rada, koji obrađuje informacione procese i uskladištenje podataka. U početku ti su se procesi primenjivali za izražavanje informacija u numeričkom obliku da bi se nešto kasnije proširili na informacione procese koji obrađuju sadržaj karata i aero-foto snimaka, koji sami po sebi predstavljaju informacionu banku podataka.

Felgett i Linfoot, 1955; Linfoot, 1959 i 1961; Altman i Zweig, 1963 doprineli su da se matematičkim putem, na osnovu teorije informacija, proceni fotografski sistem kao komunikacioni sistem. Teorija informacija je produkt komunikacione tehnike, koja obuhvata, uopšte, problem informacionog kapaciteta komunikacionih kanala. Prilikom razrade ovog problema, a na osnovu sličnosti ova dva sistema, dokazano je da se teorija informacija može primeniti i za utvrđivanje kvaliteta fotografske slike, tj. aero-foto snimka i karata uopšte. Svi komunikacioni kanali podložni su smetnjama, što zavisi od stepena opterećenosti odnosno sistema; kao osnovna smetnja uzima se smetnja telefona.

Kao odgovarajući efekat, koji nastaje na fotografiji i karti, a adekvatan je opterećenosti komunikacionih kanala je granulacija, tj. veličina osetljivosti zrnaca halogenog srebra za snimak, a za kartu stepen opterećenosti karte sadržajem na  $1 \text{ cm}^2$ . Sva dalja razmatranja o ovom problemu temelje se na načelima Linfoot-a, 1965. g.

Procena aktuelnog informacionog sadržaja, na aero-foto snimku, započinje podelom aero-foto snimka na male segmente, odabраних po principu slučajnog odabiranja uzoraka. U tim segmentima analiziraju se nijanse sive boje (tonovi sive boje). Nijanse sive, svakog od ovih segmenta su u korelaciji sa susednim, pa donekle opravdavaju pomenutu metodu. Međutim, u vezi ovog pitanja treba naglasiti: Mada je princip slučajnog odbiranja segmenta na snimku, jedini i ispravan način koji se pokorava teoriji grešaka, treba napomenuti da ponekad doprinosi i nerealnoj proceni informacionog sadržaja fotografije.

Inače, kod procene informacionog sadržaja aero-foto snimaka treba koristiti metodu koju je razradio i postavio Shannon i Weaver, 1949. g., prilikom proučavanja informacionog sadržaja engleskog pisanog teksta. Ovaj princip je lak za shvatanje i predstavlja uzor ekonomičnog, računskog pothranjivanja informacija sa aero-foto snimka.

U kontekstu ovog pitanja treba napomenuti da je svetlo osetljiva površina, koja konstituiše emulziju, rudnik informacija, utoliko veći ukoliko je granulitet slabiji, a razlagajuća moć veća. Tako kapacitet informisanosti fotografske površine, razmatrajući svaku tačku nezavisno, iznosi:

$$C = n (3 \times 10^7)$$

Kapacitet informisanosti obično se izražava u bitima, u logaritamskom sistemu sa osnovom 2, te imamo:

$$c = \log_2 C = 3 \times 10^7 \times \log_2 n \text{ bitova}$$

ako je  $n = 8$ , imamo:

$$c = 10^8 \text{ bitova}$$

Dakle, kapacitet informisanosti fotografske površine je dosta veći od kapaciteta informisanosti magnetne trake elektronskog računara, koji iznosi veličinu reda  $10^6$ , naravno za ekvivalentnu površinu. Ilustracije radi, iznosim da je kapacitet prenošenja informacija okom na moždane ćelije veličine reda  $3 \times 10^6$  bit/sek. Ali, treba napomenuti, da samo jedan ograničeni deo ovih informacija svesno prihvataju moždane ćelije (10 do 20 bit/sek). Iz ovog primera proističe važnost fizioloških uslova i priprema (trening, motivacija, umor) za identifikaciju predmeta, pojava u našim kartografsko-fotogrametrijskim radovima.

Postupci teorije informacija se koriste da bi doprineli objektivnosti kvantitativne procene na osnovu različitih prostornih karata i karata koje definišu određene predstavljene pojave. Teorija informacija, kao što sam predhodno naveo, najpre je bila namenjena za razrešavanje tehničkih pitanja veza. Tako, K. Salichtchev, 1956. g., ukazuje na potrebu korišćenja u kartografiji teorije informacija, njenih principa, zaključaka i rezultata. V. Soukhov, 1966; E. Ivanov, 1967; Y. Medvedkov, 1967. g., koristili su se entropijom da bi procenili kapacitet informisanosti topografskih i tematskih karata. Prema tome, teorija informacija je dobila svoje mesto pri analizi pojava predstavljenih na kartama (Ismailova, 1968; Berliant, 1970; Gerentchouk, Topchiev, 1970.). Osnovna funkcija teorije informacije — entropija, koja služi u tehničkim sistemima kao mera nesigurnosti, nesavršenosti sistema, može se u kartografiji iskoristiti kao kvantitativan pokazatelj heterogenosti kartografskog predstavljanja i prema tome prostorne raznovrsnosti pojava (heterogenost geomorfoloških struktura, tla, vegetacije, predeonih struktura, razmeštaja stanovništva, itd.). Napomenimo, da entropija može biti izračunata ne samo za karakteristične pojave na karti u numeričkom obliku, na primer: nagli priliv stanovništva, gustina naseljenosti, smrtnost na 1000 lica, itd., već i za one koje nemaju kvantitativnu karakteristiku: vegetacija, fauna (Pouzantchenko i Mochin, 1969. i drugi).

Ukoliko se informacije određuju kroz entropiju, navešćemo neke njene karakteristike kod primene u kartografiji. Ako se sistemi  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$  određuju na karti (na primer naseljena mesta) koji karakterišu verovatno stanje elemenata  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$ , tada se entropija sistema izražava funkcijom diskretne razdeobe (logaritamski sistem sa osnovom 2), koja se definiše sledećim matematičkim izrazom:

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \log p_i \quad (1)$$

Ovde je H-entropija, koja se sadrži u jedinici površine  $1 \text{ cm}^2$ . Uporedo s tim sledi razlikovati entropiju po elementima, po jednom simbolu, slovu, itd. Informacioni kapacitet možemo razmatrati kao jedinstveni slučaj entropije kada je pojava događaja ravnomerna:

$$p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_m$$

U takvim slučajevima maksimalna entropija je:

$$H_0 = \log m \quad (2)$$

Relativna entropija određuje se odnosom entropije  $H$  i njene maksimalne veličine, tj.

$$H_{\text{rel}} = \frac{H}{H_0} \quad (3)$$

Oduzimanjem jedinice od relativne entropije dobija se pokazatelj opterećenosti karte sadržajem:

$$R = 1 - \frac{H}{H_0} \quad (4)$$

Eto to su glavni parametri entropije koji se primenjuju pri oceni opterećenosti karata sadržajem. Iznošenje programa izračunavanja entropije na kartama nije bio cilj ovog članka te zato proces izračunavanja entropije, kroz konkretni primer, nije prikazan.

Funkcijama teorije informacija možemo isto tako da pronađemo, koristeći karte, stepen korelacija različitih pojava.

Kao epilog revijijskom prikazivanju glavnih metoda analize karte, izneo bih još neka razmatranja. Prva, pri praktičnim radovima susrećemo se sa kombinovanim metodama ispitivanja karata. Na primer, početna vizuelna analiza je korisna da bi se izabrao najracionalniji metod kartometrijskih radova čiji će se rezultati moći predstaviti raznim pokazateljima — tabelarni pregledi, dijagrami, itd. Korišćenje većeg broja postupaka obogaćuje metode korišćenja karata pri naučnim ispitivanjima.

Kao drugo, primenjuju se novi postupci analize karte, zasnovani na korišćenju najraznovrsnijih matematičkih dostignuća. U ovom pravcu, dosta obećava analitička geometrija, i u opšte svi matematički postupci koji su pogodni za prostornu analizu kartografskih modela.

Postupci korišćenja karata za naučno istraživanje menjaju se u zavisnosti nivoa tehničke opremljenosti. Tako, pored vizuelne analize može se pomoći i običnim instrumentima ili savremenim poluautomatskim, automatskim čitačima i elektroničkim koordinatnim crtačima (ploterima). Savremenim instrumentarijem smo u stanju da dođemo do podataka koje nismo mogli ostvariti do sada. Naročito bi se sa uspehom primenila faktorijelna analiza ako bi se pomogli elektronskim računskim mašinama. Naravno, sve to zavisi od složenosti postavljenog zadatka. Tako, ako se definicija aproksimativne funkcije, za manje složene funkcije, može izraziti pomoću elektronskog računara, konstrukcija jednog modela planinske oblasti zahteva elektronsku mašinu sa većim memorijalnim kapacitetom. Na primer, W. Tobler, 1969. g., za aproksimaciju modela planinske konfiguracije, trigonometrijskim polinomima, morao je da izračuna više stotina koeficijenata za aproksimativni polinom.

Pošto je karakteristika karata njihovo korišćenje u naučna istraživanja, oportuno je ispustiti metodu transformacije kartografskog predstavljanja, koje je tesno povezano za ispitivanje serije karata.

*Transformacija kartografskog predstavljanja* sastoji se u prelaženju sa jednog načina kartografskog predstavljanja na drugi način. Ova metoda je dosta efikasna. Tako, za prognostičko studiranje erozionih pojava korisno je imati reljefnu kartu sa izohipsama; njena transformacija u kartu nagiba definiše direktno pad terena u stepenima i ukazuje na sektore pod-



ložne rečnoj eroziji (nagibi veći od 6°) i one koji praktično ne podležu (nagibi od 1,5—2°), itd. Transformacija kartografskog predstavljanja sadrži više faza da bi prešli iz jednog oblika u drugi oblik.

Tako, karte nagiba mogu podleći još jednoj transformaciji — sa staništa dobijanja karata ekspozicije i njihovog svetlosnog intenziteta, kao što je to ilustrovao J. Krčho, 1964, 1967 u svojim vrlo, vrlo interesantnim radovima. Ova dva načina transformacije kartografskog istraživanja mogu se fuzionisati u kartu bujica (Mirnov, 1971). Karta bujica je omogućila da se odredi, u srednjem, gustina bujica i površine koje su one zahvatile. Šematski karakter karte čini je pogodnom za razjašnjavanje uticaja proširivanja bujica u zavisnosti prirodnih faktora kao što je reljef, uticaj topljenja snega, obim pljuskova, postojanje šuma, obradivih površina, itd. . . ., to će reći da se izvuku faktori međuzavisnosti u kojima treba voditi računa planirajući i primenjujući odbrambene mere u borbi protiv erozije.

Jedan od tipičnih zadataka za geografsko proučavanje sastoji se u razdvajanju analiziranih pojava u dve komponente (ili više) od kojih jedna pokazuje glavna svojstva predmeta obrade, njegovu strukturu, a ostale drugorazredne detalje. Kada je jedna pojava predstavljena na karti, tada se taj zadatak rešava razlaganjem kartografske slike na dve konstituante: osnovnu i reziduj (ostatak). Kao primer može se navesti izotermička karta za mesec januar i juli i karte devijacije temperature za područja odgovarajućih geografskih širina (Atlas Maritim, T. 2, 1953, str. 43). Karte devijacija tih pojava bile su dobijene metodom suptraksije (oduzimanja) komponentata osnove, normalno za datu širinu te je tako izračunata temperatura u srednjem za odgovarajuće temperaturno polje. Ove karte dobro pokazuju uticaj bazena i okeana, toplih i hladnih struja na raspodelu temperature.

Za selektivno kartografsko prikazivanje možemo se pomoći aproksimativnom metodom, definišući površinu osnove karte kao kontinuelnu funkciju pravougljih koordinata. Ovaj postupak je korišćen za razgraničavanje površina denudacionih nivoa u priobalnom delu Kaspija, Berlant i Periminova, 1971. Površina osnove karte, definisana kubnom jednačinom, pokazuje regionalnu nagnutost pomenute teritorije. Uopšte, karte ove vrste su pogodne za rešavanje prognostičkih zadataka.

Za geografska istraživanja čija se objektivnost sastoji u proučavanju teritorijalnih kompleksa-prirodnih i social-ekonomskih, njihovih zakona i njihovog razvoja, povezana serija karata je naročito plodna. Za pomenuta istraživanja najznačajnije je korišćenje kolekcije različitih tematskih karata te i konfrontacije karata sastavljenih u raznim vremenskim periodama — pri uporedom proučavanju analognih karata.

*Analiza karata povezanih sličnim tematikama* usmerena je, uobičajeno, na iznalaženju međuzavisnosti predstavljenih pojava. To znači, ustanoviti prostornu korelaciju pojava i na osnovu njih, obezbediti konkretnim naukama polaznu bazu za naknadna istraživanja. Elokventan primer korišćenja karata za proučavanje međuzavisnosti je tzv. mediko-geografija. Na osnovu tematskih karata, stručno sastavljenih, proučavaju se odnosi između zona naklonjenih izvesnim bolestima i naseljenih zona. Proučavaju se putevi migracija životinja, ptica i insekata, koji su faktori prenošenja bolesti ili su pak direktni prenosioci bolesti. Otkrivaju se veze između bolesti i klimat-

skih karakteristika, meteoroloških, pedoloških i geohemijskih, hidroloških, geobotaničkih i drugih oblasti. Analizira se uticaj geografskog pejzaža pri širenju morbidnih zona. Ova grupa problema, koja se rešava sa aktivnim sudelovanjem i primenom kartografskih metoda istraživanja konstituise bit kartografije primenjene u medicini. Analize omogućavaju često da se konstituišu regionalne karte mediko-geografske teritorije i karte za predviđanje bolešljivosti na kojima su unete potencijalne zone bolešljivosti, žarišta epidemija, putevi njihovog eventualnog pomeranja, širenja. Na osnovu toga planiraju se pregledi i preduzimaju se preventivne mere te se na taj način poboljšavaju uslovi života stanovništva. Postoji čitav niz radova na tom polju (Voronov, 1971; Zemaskaja i drugi, 1965; Chkoulatov, 1965; Malikov i drugi, 1968; Martynova, 1968; oHops, 1969; Learmonth, 1969 i drugi).

Ilustracije radi navodi se mediko-karta Moldavije, Fildman, 1971. Proučavanjem te karte ustanovila se korelaciona veza askardeoze sa tipovima geografskog pejzaža. Potvrđeno je da je bolešljivost smanjena sa smanjenjem vlažnosti, stepena pošumljenosti teritorije i sa porastom temperature.

*Upoređenje karata sastavljenih u različitim vremenskim periodima*, ali, koje tretiraju iste pojave. Ovo upoređenje omogućuje da se definiše ešaloniranje po vremenu i prostoru — stanje prostudiranih pojava. Ono doprinosi proceni kvantitativne vrednosti promena i izmeri (merenju), u srednjem, brzine prostornih promena, itd.

Može se pretpostaviti da je cilj istraživanja proučavanje dinamizma, ritma i evolucije pojava i njihove prognoze na osnovu konstatovane regularnosti. Prognoza pojava, koje se menjaju brzo, praćene kroz seriju karata sastavljenih u različitim vremenskim periodima, našla je najkompletniju incarnaciju u sinoptici. Kao primer navedimo karte na kojima su prikazane konture obalnih linija delte Dunava, prema kartama iz 1830, 1882, 1930 i 1966, Popp, 1965. Upoređenjem ovih karata može se zaključiti o plavljenim sektorima uslovljenim regresijom mora, sektori gde morska struja neprestano taloži nanose, te stabilni sektor gde je priobalna tendencija povlačenja mora uravnotežena aluvijalnim nanosom. Vrednost slične analize sastoji se u planiranju radova sa stanovišta regulacije obala na drugim sličnim sektorima.

Slična upoređivanja karata, u različitim vremenskim periodama, našla su primenu u priobalnim proučavanjima od strane Ase, 1966; Piasceki, 1968; zatim, u delima o promeni tla i vegetacije — Coppock, 1968 te o evoluciji urbane anglomeracije — Bernleiter, 1968; Lobel, 1968 i drugi.

*Uporedna studija analognih karata* otvara put ekstrapolaciji — uslovljenoj činjenicama i geografskom realnošću (Grigoriev, 1967).

Proučavanje analognih karata premašuje okvire zemljine kugle. Ova prognostička metoda nalazi široku primenu u planetologiji. Tako kartografska analiza morfometrijskih koeficijenata i statističkih karakteristika selenitske i zemljine strukture — orijentacija, raspored kontinenata i okeana, lunarnih mora omogućavaju da se izvuku značajne sličnosti u strukturi ovih dvaju malih sektora mesečeve i zemljine površine prekrivene kraterima, Green, 1965. Samo vizuelno upoređenje omogućuje da se konstatuje sličnost konfiguracija i grupisanje kratera. Uprkos svim različitim istorijskim geološkim razlikama Zemlje i Meseca, morfološka sličnost oblika njihovog re-

ljefta može da posluži kao osnova za prognoziranje unutrašnje strukture, sastava i geneze mesečevog formiranja.

Progres razvoja metoda kartografskog istraživanja, tj. korišćenja karata za naučna saznanja zahteva savesnu elaboraciju serije kartografskih problema. Neki od njih nisu novi, ali zahtevaju nov prilaz koji uzima u obzir savremenu kartografiju i uopšte, tekovine naučnog i tehničkog napredka. Pre svega, potencira se problem tačnosti i verodostojnosti merenja na kartama. Čak se može reći kategorički:

»Kartografska metoda istraživanja može postati istinito naučna samo onda ako se reši ovaj problem, tj. problem tačnosti«.

Znamo da tačnost dobijenih rezultata zavisi, između ostalog od:

- grešaka merenja, kvaliteta instrumenata, primenjene metode merenja te i lične greške izvršioca radova, itd.,
- karakteristike kartografskog predstavljanja i kartografske tačnosti i
- geografske specifičnosti proučavanih pojava.

Analiza dvaju prvih faktora spada u nadležnost naučne kartografije. Njihov uticaj je potvrđen u radovima pri ispitivanju tačnosti od strane Volkova, 1950; Ginsburg-a, 1958; Kisimit-a, 1968. No i pored tih ispitivanja, potrebna su i korisna su nova istraživanja na tom polju.

Uvođenjem u kartometriji metoda teorije verovatnosti, koja uprošćuje složena merenja, otvara se novi put procene stepena tačnosti karata (Dimitrijev, 1965; Boussalaev, 1966; Krasauskas, 1966; Koppke, 1967; Trautsolt, 1968; Frolov, Maling, 1969 i drugi).

Što se tiče tematskih karata stvari stoje drugojačije. U ovom domenu kartografije, što se tiče ispitivanja tačnosti, možemo mirne duše da konstatujemo da su delimična i neznatna. André Libault, 1961., u svom delu »Merenja na karti i njihova nesigurnost« analizirao je lične greške pri prikazivanju simbola i znakova na tematskim kartama. Nešto kasnije, K. Salichtchev u svojoj publikaciji »O tačnosti kvantitativnih definicija na specijalnim kartama, 1963. g.«, zaokružio je kroz analizu i druge načine predstavljanja, koji se koriste kao kvantitativne karakteristike na tematskim kartama, posebno — znake i izolirane.

Korišćenje metoda statističke matematike i teorije informacija omogućava izračunavanje kvantitativnih procena čak prema kvalitativnim procenama. Ali, koja je i kakva je istinita greška, kakva je stvarna konkretna vrednost, vernost karte i karakteristike kvantitativnih promena još je pod znakom pitanja.

Interesantno je uočiti da je proučavanje problema tačnosti na kartama olakšano, a ujedno i otežano primenom elektronskih računskih mašina i automatskih metoda pri sastavljanju i korišćenju karata. Olakšano je, jer se veliki broj podataka može obrađivati na njoj. Otežano je, jer nove matematičke metode unose i nove izvore grešaka. Za ilustraciju ovog poslednjeg mišljenja osvrnimo se na razmatranja D. Rind-a i A. Barret-a o stanju i problemima automatske konstrukcije izoliranih (izneto u Parizu 1971. g. na sastanku Komisije III MKU). Tom prilikom je izneto, da različite tehnike, programi i algoritmi, koji se koriste za konstrukciju izoliranih uslovljavaju različite grafičke rezultate i različitu tačnost istih i zato, pri izboru programa i algoritama treba voditi računa.

Na prethodnim kartografskim međunarodnim konferencijama uočili smo »dualizam« tematske kartografije: po metodi izrade pripada kartografiji, a

po nameni raznim naučnim granama: geologija, pedologija, geobotanika, itd. No i pored takvog »dualizma« treba napomneuti da svaki domen i vrsta prikazivanja zahteva merenje i analizu pojava te se zato i tematske karte mogu koristiti kao sredstva naučnog istraživanja.

U ovom pravcu treba potencirati, tj. tražiti profesionalnu kartografsku saradnju pri opštim rešenjima tematske kartografije, kod njihovog sastavljanja, procene tačnosti i vernosti istih. Kao zaključak treba istaći da pred metodama kartografskih istraživanja kao načina naučnog predviđanja predstoji velika budućnost.

Analiza kosmičkih fotografija dosta je efikasna, kada se kombinuje interpretacija sa transformacijom slike. Na primer, zahvaljujući prostornoj interpretaciji može se sastaviti šema pukotina, koja transformirana u kartu definiše gustinu pukotina i njihovu orijentaciju. Jedna takva obrada omogućava da se prognozira svojstvo tektonske strukture dotične teritorije. Ovde postoje mogućnosti da se naširoko i nadaleko razvijaju teme o kartografskom predviđanju. Ovo je važna tema, mnogostruka je i zato je treba razmotriti kao jednog od problema u daljoj kartografskoj evoluciji.

Korišćenje karata za proučavanje, analizu i predviđanje raznih prirodnih pojava i socio-ekonomskih karakteristika, obezbeđuje istraživaču ekstremnu efikasnost, ekonomičnost i tačnost prilikom obrade bilo koje teritorije.

Istraživanje na karti je moćan način uklapanja geografske nauke u okvir matematičkih disciplina. Karta omogućava da se uprosti zadatak istraživača, jer je jezik karte internacionalan i jednako pristupačan svima. Za pun uspeh kartografske metode istraživanja dobro je iskoristiti povezanost sa drugim naučnim metodama. Ova napomena je naročito vredna sa stanovišta istraživanja s ciljem predviđanja. Uska međukcija različitih metoda povećava verodostojnost predviđanja i čak, doprinosi njihovom uzajamnom razvoju, svestranog primeni u prognostičke svrhe zasnovane na naučnoj kartografskoj osnovi.

## LITERATURA

1. K. A. Sališčev i A. M. Berliant: Metode korišćenja karata, 1972. g. Izveštaj na 6-toj Konferenciji MKU.
2. J. Carré: Photographia aérienne et information Lecture et exploitation des photographies aériennes, Tom 1.
3. J. C. Trinder, University of New South Wales, Sydney, Australia: Entropy of Aerial Photography. Photogrammetric engineering, Journal of the american society of photogrammetry, vol. XXXVI, № 11.
4. Suhov: Entropija karte. Geodezija i Avio-snimak, sveska 4, 1967.
5. Šennon K.: Radovi na teoriji informacije i kibernetike. Prevod sa engleskog na ruski. Izdanje inostrane literature, 1963.
6. De Brommer Stephane: L'essor cartographique a epoque moderne, 1961 (№ 16, Sciences, Edition Hermann, Paris).