

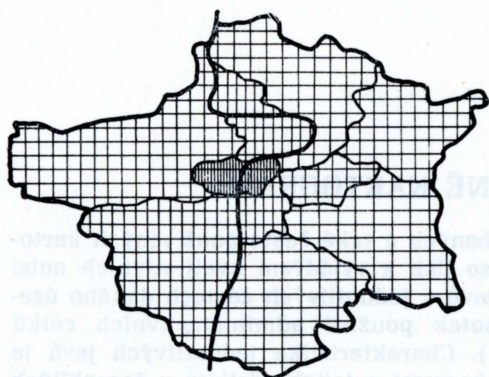
ZDENĚK MURDYCH

KORELAČNÍ PLOŠNÉ KARTOGRAMY

Plošné kartogramy jsou jednou z oblíbených a také často používaných kartografických výrazových forem. Používá se jich k vyjádření kvalitativních nebo kvantitativních charakteristik určitých jevů v jednotlivých částech daného území. Nejčastěji se jako územních jednotek používá administrativních celků (krajů, okresů, městských obvodů atd.). Charakteristika jednotlivých jevů je v mapách obvykle znázorněna různými barvami a jejich odstíny, v černobílých publikacích pak téměř výhradně různými čárovými rastry. Protože kartografická terminologie není ještě v potřebné míře ustálena a sjednocena a za kartogramy se považují někdy i jiné kartografické práce neplošného charakteru, budiž zde řečeno, že plošnými kartogramy se zde rozumí pouze takové kartografické formy, které vyjadřují různé, většinou relativně pojaté geografické jevy tak, že je určitým způsobem pokryta plocha dílčích území zeměpisných celků, popř. jsou vyjádřeny jen hranice těchto území.

Plošným kartogramem se často nevyjadřuje jen jeden geografický jev, ale dva, popř. i více jevů. V případě vyjadřování dvou jevů se potom obvykle volí dvě soustavy čar na sebe kolmých, přičemž u každé se zachovává zásada zhušťování čar se zvyšováním kvantitativní úrovně sledovaného znaku. (Bohužel ani tato primitivní zásada zhušťování čar, lépe řečeno přibývání černé plochy, není někdy autory, a to i geografy, respektována.) Tak obvykle, když se kartograficky vyjadřují dva jevy, stanoví se dvě stupnice na sebe kolmých čar a jimi se pokryje plocha kartogramu. Jsou-li oba jevy na sobě nějak závislé, což je velmi často, vodorovná i svislá osnova rastru se různým způsobem současně zhušťuje či zředňuje, ale jelikož jde většinou o závislost statisticky nevyšetřenou, stupnice jsou voleny náhodně, na sobě nezávisle (ve smyslu korelační závislosti dvou zobrazovaných jevů), nelze tudíž ze vzájemné polohy čar v jednotlivých územích činit žádné přesné závěry. Tak je tomu v případě obyčejných plošných kartogramů. Smyslem této studie je naproti tomu vyložit metodu konstrukce korelačního plošného kartogramu (dále jen korelačního kartogramu), který je sestaven za podmínky poznání korelační závislosti daných geografických jevů tak, aby tuto závislost, respektive odchylky hodnot jednotlivých dílčích území dané oblasti od vyšetřené regresní závislosti, graficky vyjadřoval. Jelikož jde o teoreticko-metodickou studii kartografickou, budou zde vyloženy potřebné obecné statistické metody a jejich aplikace a geografické výsledky této analýzy jen do té míry, aby byla dostatečně názorně vysvětlena metoda sestavení korelačních kartogramů a prokázán jejich praktický význam a použití. Metoda je zde vysvětlena na několika příkladech; použité statistické údaje jsou z roku 1961.

Metodou souvztažného znázornění dvou jevů na nějaké ploše kartogramem se zabývala již řada autorů, v poslední době z našich geografů zejména J. Kestřánek, který ve své práci (1), pojednávající o hustotě železniční sítě měřené na jednotku obyvatelstva i plochy, podává též kritiku originální, byť částečně numericky a graficky chybné práce Krzemieňovy. Takové práce volí



1. Kartogram s vodorovnými čarami o konstantním odstupu (vyjadřují normu 650 obyvatel na 1 pracovníka v oboru holičství a kadeřnictví v Praze). Hustotou svislého rastru vyjádřen skutečný podíl obyvatel na 1 pracovníka. (Bližší popis všech obrázků v textu. Kreslil Z. Murdych.)

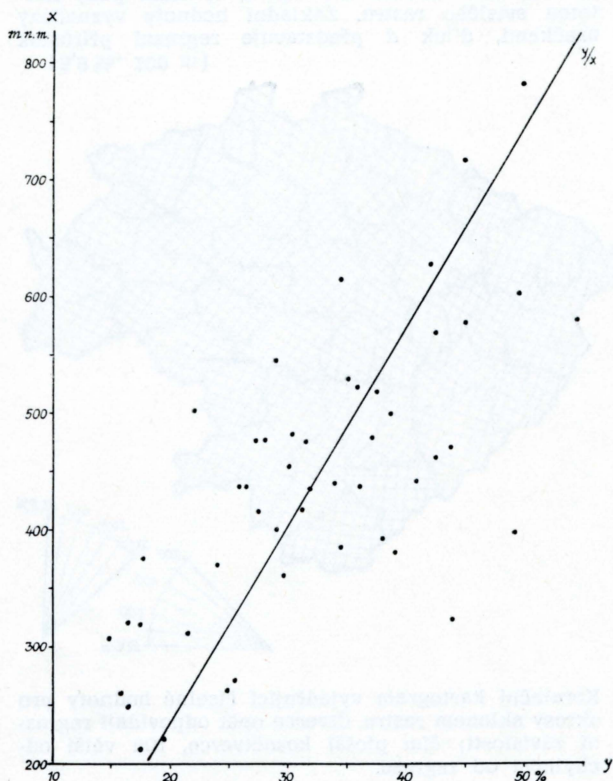
základně jsou tak vyjádřeny obvody, v nichž služba je zastoupena nad stanovenou normou, obdélníky o menší výšce než základně vyznačují obvody, v nichž je vybavení pod normou a čtverce vyznačují obvody, které jsou vybaveny zhruba podle příslušné normy. Konkrétně v Praze je situace taková, že v centrálním obvodě (v Praze 1) je holičů a kadeřníků 6krát více než stanoví obecná norma, obvody Prahy 2, 7 a 5 jsou pak zhruba 1,6krát až 1,2krát nad normou, nejhůře vybavené jsou obvody Prahy 4, 8 a 10, kde normy není dosaženo; ostatní obvody jsou pak službou vybaveny zhruba podle normy. Tento kartogram tak dobře vystihuje známou koncentraci občanského vybavení v centru Prahy. Stupeň vybavení jednotlivých oblastí určitou službou atd. lze ovšem též vyjádřit kartogramy s jiným, obvyklým rastrem, neboť jde vlastně jen o vyjádření jednoho jevu, respektive poměru jednoho jevu ke konstantní hodnotě; z metodických důvodů je však zde tento kartogram zařazen jako první.

Vlastními korelačními kartogramy jsou ty, které jsou založeny na korelační analýze dvou nebo několika geografických jevů rozložených na určitém prostoru. Závislostí různých geografických jevů mezi sebou je obrovské množství. V podstatě by se však daly stanovit tři kategorie závislosti 2 jevů: 1. jednoho fyzickogeografického jevu na druhém, 2. jednoho hospodářskogeografického na jednom fyzickogeografickém, 3. jednoho hospodářskogeografického jevu na druhém hospodářskogeografickém. Obecně pojato, zkoumání souvislosti různých geografických jevů mezi sebou statistickými metodami patří k hlavním otázkám teoretické geografie; velmi málo geografických prací se však zatím touto problematikou zabývá. Ponecháme-li stranou složité metodologické problémy utřídění jednotlivých geografických faktorů, jejich typologie a míry závislosti,

rastr tak, aby z poměru svislé a vodorovné strany vzniklých obdélníků bylo možno získat další hodnotu. Podobný typ kartogramu představuje též náš obr. 1, na kterém je tato metoda zjednodušena do té míry, že hustota vodorovných čar je konstantní. Kartogram vyjadřuje vybavení jednotlivých pražských obvodů co do počtu holičů a kadeřníků. Odstupy vodorovných čar vyjadřují normu (směrné číslo) této služby, danou počtem obyvatelů na 1 pracovníka tohoto odvětví (650 obyvatel na 1 pracovníka). Odstupy svislých čar je pak vyjádřen skutečný počet obyvatel na 1 pracovníka v jednotlivých obvodech Prahy. Z poměru výšky rovnoběžníků k jejich základně je pak zřejmé vybavení jednotlivých obvodů danou službou. Rastrem tvořícím obdélníky o větší výšce než

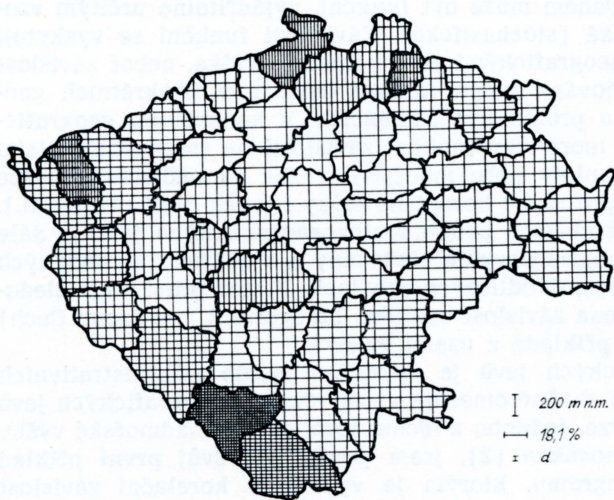
musíme zde ještě alespoň mít na zřeteli to, že sama hranice mezi fyzickogeografickými a hospodářskogeografickými jevy je někdy obtížně stanovitelná. Závislost jednoho jevu na druhém může být funkční, vyjádřitelná určitým vzorem, funkcí, anebo statistická (stochastická). Závislosti funkční se vyskytují i mezi jednotlivými fyzickogeografickými jevy poměrně zřídka, neboť závislost dvou jevů je obvykle ovlivňována řadou faktorů dalších, v konkrétních geografických oblastech různě a proměnlivě působících. V konkrétním geografickém území se obvykle mění teoreticky funkční závislosti na stochastické, jako je tomu např. u závislosti teploty nebo množství srážek na nadmořské výšce atd. (gradienty teploty jsou pro různé horopisné celky i jejich části různé atd.). Pro korelační analýzu, v níž chceme použít fyzickogeografických jevů je dále nepříznivé to, že tyto jevy nejsou obvykle sledovány a vyjádřeny ve shodných územích, ale v různých, vzájemně odlišných areálech. V této práci bude sledována a kartograficky vyjádřena závislost zmíněné kategorie 2 (na území Čech) a závislost kategorie 3 (na příkladě z území Prahy).

Jen málo fyzickogeografických jevů je vyjádřeno podle administrativních celků, např. okresů, což nám značně omezuje výběr různých geografických jevů vhodných ke korelační analýze. Jednoho z těchto jevů, střední nadmořské výšky okresů, vypočtené O. Kudrnovskou [2], jsem použil pro svůj první příklad vlastního korelačního kartogramu, kterým je vyjádřena korelační závislost procentního zastoupení lesní půdy na střední nadmořské výšce okresů. Plocha lesní půdy je právě takovým smíšeným geografickým jevem, sice převážně hospodářskogeografickým, ale též s aspekty fyzickogeografickými. Prvním krokem před konstrukcí vlastního kartogramu je zhotovení korelačního diagramu a konstrukce regresní čáry (obr. 2). V našem případě jsem ponechal jako nezávisle proměnnou veličinu střední nadmořskou výšku okresů, ale osa x je vedena vertikálně, tak jak je to u podobných zeměpisných grafů (např. u hypsografických křivek) obvyklé. Závisle proměnné procento lesní půdy je vyjádřeno na vodorovné

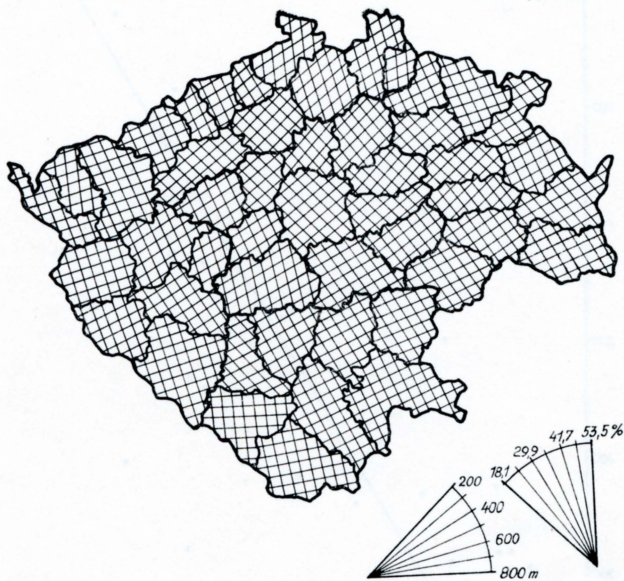


2. Korelační diagram závislosti procentního podílu lesní půdy z celkové plochy okresu na střední nadmořské výšce českých okresů.

ose y. Po vynesení bodů [jednotlivých okresů] se již opticky projevila závislost přímá, víceméně lineární, a proto jsem jako regresní čáru zkonstruoval pouze přímku. Tato regresní přímka určuje stochastickou závislost poměrné plochy lesní půdy na nadmořské výšce a ukazuje nám, jak v průměru stoupá procento lesní půdy s nadmořskou výškou. Číselná hodnota tohoto regresního koeficientu je 5,9 % na 100 m. [Ostatní hodnoty korelační a regresní analýzy, zejména těsnost závislosti daná koeficientem korelace, nejsou ani zde, ani ve druhém uvedeném příkladě v této kartografické práci sledovány.]



3. Základní korelační kartogram s kontinuální stupnicí. Střední nadmořské výšky okresů v Čechách vyjádřeny hustotou vodorovného rastru, % lesní půdy hustotou svislého rastru. Základní hodnoty vyznačeny úsečkami, dílek d představuje regresní přírůstek (u 001 '0% 6's)



4. Korelační kartogram vyjadřující číselné hodnoty pro okresy sklonem rastru. Čtverce opět odpovídají regresní závislosti; čím plošší kosočtverce, tím větší odchylnost od regrese.

První — hlavní — varianta korelačního kartogramu je znázorněna na obr. 3. Nadmořská výška okresů je vyjádřena hustotou vodorovného rastru, použito je kontinuální stupnice: střední nadmořská výška okresů je vyjádřena vzdálenostmi mezi vodorovnými čarami měřenými kolmo tak, že v legendě vyznačený svislý úsek představuje základní střední nadmořskou výšku 200 m; podle regresní přímky této hodnotě odpovídá 18,1 % lesní půdy, která hodnota je v legendě znázorněna stejně dlouhým intervalem ve vodorovné poloze, vyjadřujícím základní rozeztup svislého rastru (pro procentní podíl lesní půdy). Malým úsekem d je vyznačena pro oba směry hodnota jednotky zjištěného gradientu (5,9 %,

resp. 100 m). Přiblíží-li se tedy k sobě čáry o úsek d , znamená to zvětšení nadmořské výšky (procenta lesní půdy) o 100 m (5,9 %). Kartogram dovoluje kromě měření absolutních hodnot srovnávat, jak se v jednotlivých okresech skutečné hodnoty závisle proměnné (procento lesní půdy) odchylují od stochastického průměru: obdélníky „na výšku“ („na šířku“) vyjadřují, že lesní půdy je relativně více (méně); čím více čáry vytvářejí obrazce blízké čtverci, tím více se vztah jejich hodnot přimyká zjištěné regresní závislosti.

Vztah obou hodnot může být vyjádřen také jiným kartografickým způsobem než obdélníky. Hodnoty obou sledovaných jevů je možné také vyjádřit namísto vzdálenostmi dvou na sebe kolmých čar také sklonem rastrů. Na obr. 4 jsou vyjádřeny hodnoty středních nadmořských výšek okresů sklonem čar od úhlu 0° (pro 800 m) do 45° (pro 200 m) a opačně procento lesní půdy je vyjádřeno sklonem čar od úhlu 90° (pro 53,5 %) do 135° (pro 18,1 %), uvažujeme-li 0° ve vodorovné poloze. V tomto případě se obě hodnoty blíží regresní závislosti, vytvářejí-li čtyřúhelníky obrazce blízké čtvercům; naopak čím více jsou od ní odlišné, tím jsou vzniklé kosočtverce plošší. Vzdálenosti čar jsou konstantní a zde se naskýtá rezerva vyjádření ještě další dvojice jevů. Takový komplexní kartogram by však potom byl již těžko čitelný; i zde demonstrovány kartogram vyžaduje od čtenáře většího soustředění. Přestože uvedený kartogram je víceméně experimentální povahy, domnívám se, že použití takového polárního systému čar, zejména pak v kombinaci se systémem ortogonálním, by mohlo být pro některé druhy kartogramů užitečné.

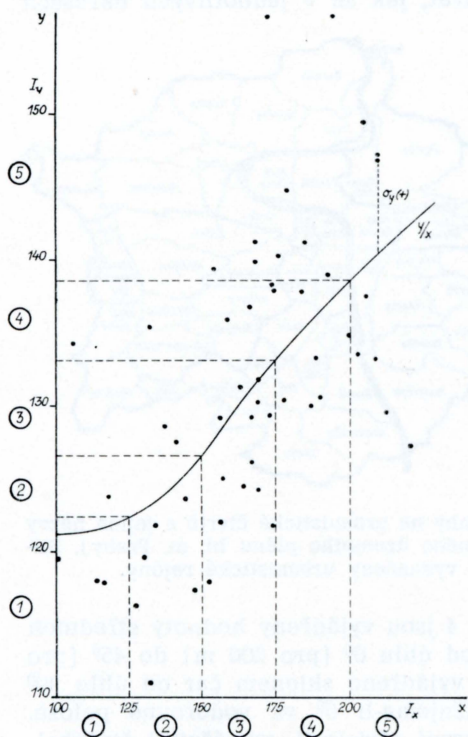
Druhý soubor kartogramů je proveden na příkladě Prahy. Zde se sleduje závislost obyvatelstva podle školního vzdělání na kvalitě bytového fondu daného jeho vybaveností. Hodnoty jsou sledovány podle jednotlivých urbanistických čtvrtí (viz obr. 5) a udány v indexních číslech: vyšší číslo značí vyšší úroveň vzdělání obyvatelstva, respektive vybavení bytů. Indexy vyjadřují zastoupení jednotlivých skupin obyvatelstva podle ukončeného školního vzdělání a vybavenost bytů podle jejich kategorizace: podíl bytů I. kategorie (s ústředním topením a úplným příslušenstvím) až VI. kategorie (bez základního příslušenství) v jednotlivých čtvrtích. Metoda získání těchto indexů zde nebude detailněji vysvětlena, neboť to není pro naši korelační a kartografickou analýzu nutné; indexy jsou převzaty z příslušných materiálů (9). Metoda konstrukce korelačních kartogramů je zde aplikována v poněkud jiných modifikacích.

První odlišnost proti příkladu z území Čech je již v jiné konstrukci korelač-

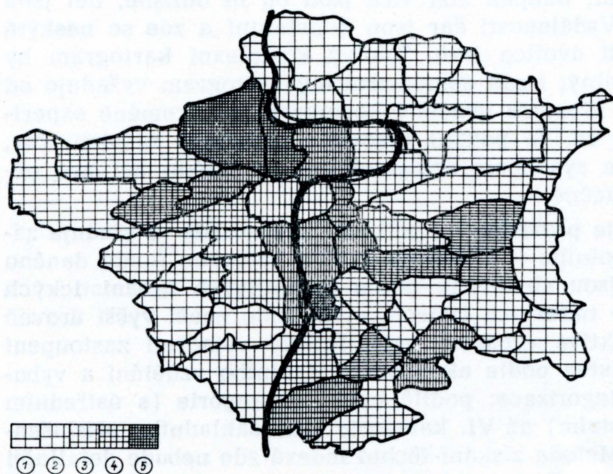


5. Rozdělení Prahy na urbanistické čtvrtě a jejich názvy (podle Směrného územního plánu hl. m. Prahy). Silnými čarami vyznačeny urbanistické rajóny.

ního diagramu a regresní čáry. Pro daný soubor bodů (urbanistických čtvrtí) je tentokrát pro změnu sestrojena regresní křivka, přestože by zde mohla postačit opět jen regresní přímka (obr. 6). Druhou odlišností je použití dělených, nikoliv kontinuálních stupnic kartogramu. Hodnoty na ose x, vyjadřující indexy vybavenosti bytů, jsou rozděleny na stejné úseky (rozdíl indexů I_x je vždy 25). Regresní závislost zde však byla stanovena jako nelineární, a proto v tomto případě, nelze-li regresní čáru definovat nějakou funkcí, musíme úseky na ose y získat pomocí kolmic. Tak nám vznikne 5 velikostních skupin oddělených těmito hodnotami: 125 [122,4], 150 [126,6], 175 [132,2] a 200 [138,6]. Spodním okrajem stupnice je index 100, resp. 110, horní hranice není pro výskyt několika extrémních hodnot stanovena.



6. Korelační diagram závislosti vzdělanosti obyvatelstva (na ose y) na vybavenosti bytů v Praze (na ose x) a vymezení pěti si odpovídajících skupin hodnot I_y a I_x .



7. Základní korelační kartogram s dělenou stupnicí. V legendě vyznačeno 5 typů čtvercového rastru pro odpovídajících si 5 skupin hodnot I_y a I_x (pro čtvrtě, jejichž hodnoty se přimykají regresní křivce).

Odpovídající si skupiny jsou pak na kartogramu vyjádřeny rastrem podle připojené legendy (obr. 7); legendou je vyznačen čtvercový rastr, takový, jaký je v oblastech, jejichž hodnoty se nejvíce blíží regresní křivce.

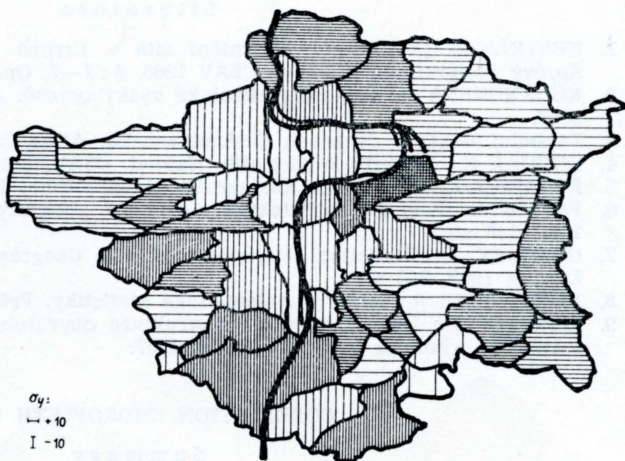
Přestože nebyl vypočítáván koeficient korelace sledované závislosti ani jiná míra závislosti obou jevů (která by se ostatně dala graficky z kartogramů odvodit), již pohled na obr. 7 a zejména na obr. 8 nás přesvědčuje o tom, že závislost je jistě prokazatelná. Na obr. 8 je totiž graficky

vyjádřeno, jaké jsou rozdíly dvou vzájemně si odpovídajících skupin (na ose x a y) v jednotlivých čtvrtích: maximálně jde o rozdíl dvou skupin. Na kartogramu jsou prázdnými plochami vyjádřeny čtvrtě, kde není žádný rozdíl skupin, vodorovným (svislým) rastrem řídkým pak čtvrtě, kde je převaha jedné skupiny x nad y (y nad x), rastrem hustým pak převaha dvou skupin x nad y (y nad x). Např. čtvrt Malá Strana má I_x ve 2. skupině, ale I_y ve 4. skupině, je zde tedy rozdíl dvou skupin, proto plocha je položena svislým rastrem hustým.

Kdybychom chtěli vyjádřit skutečné odchylky jednotlivých čtvrtí od regresní křivky, můžeme zkonstruovat kartogram podle obr. 9. Zde jsou odchylky σ_y vyjádřeny ve své skutečné hodnotě opět hustotou čar, tentokrát podle zásady, že čím blíže regresní čáře, tím hustší rastr. V legendě je úsečkou vyznačena odchylka σ_y o hodnotě 10 pro kladný i záporný směr. Odchylka σ_y vlastně vyjadřuje rozdíl hodnoty čtvrtě I_y a hodnoty jí příslušné na regresní křivce. Kartogram tak např. ukazuje, že největší kladnou odchylku, tj. převahu vzdělání obyvatelstva nad průměrným vybavením bytů, má čtvrt Roztyly a Spořilov, kde jsou svislé čáry nejdále od sebe. Čtvrt Karlín, ležící přímo na regresní křivce, je vyjádřena čtvercovým rastrem. Konečně je možno, tak jak je to znázorněno na obr. 10, vyjádřit odchylnost jednotlivých čtvrtí od stochastické závislosti sklonem čar, které jsou zde vedeny ve směru diagonál rovnoběžníků, vznik-

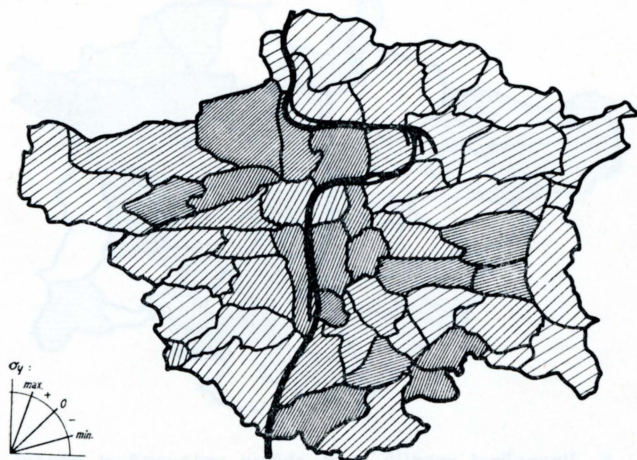


8. Vyznačení rozdílů mezi oběma vzájemně si odpovídajícími skupinami hodnot I_y a I_x . Prázdnými plochami vyznačeny čtvrtě mající indexy y i x ve stejné skupině; vodorovným (svislým) rastrem řídkým čtvrtě, kde je převaha jedné skupiny x nad y (y nad x), rastrem hustým převaha dvou skupin x nad y (y nad x).



9. Vyjádření odchylek jednotlivých čtvrtí od regresní závislosti (σ_y) hustotou rastru. Úsečka značí kladnou i zápornou hodnotu $\sigma_y = 10$ vyjádřenou v indexních jednotkách.

lých na základním kartogramu (obr. 7). Nejvyšší sklon vyjadřuje největší převahu hodnot y nad hodnotami x , regresní závislost je dána sklonem 45° ; kromě toho kartogram hustotou čar ukazuje i na absolutní hodnoty I_x a I_y . Také tento kartogram by bylo možno ještě doplnit dalším rastrem, vyjadřujícím ještě jiné charakteristiky čtvrtí, pak by jeho čtení bylo ale opět velmi ztíženo.



10. Vyjádření odchylností jednotlivých čtvrtí (na základě skupinového rozřídění) od regresní závislosti sklonem čar daným směry diagonál obdélníků z obr. 7.

Je zřejmé, že i kartogram, který je na první pohled primitivní kartografickou vyjadřovací formou, lze sestavit a použít tak, aby byl nástrojem hlubší geografické analýzy. Tento korelační kartogram, který — pokud jsem informován — nebyl v kartografické literatuře dosud popsán, lze doporučit všude tam, kde jde o kartografické vyjádření dvou nebo více na sobě závislých geografických jevů. Jeho konstrukce je sice proti obvyklému kartogramu poněkud složitější a pracnější, ale zato kartogram tím značně získá na své sdělovací hodnotě.

Literatura

1. KESTRÁNEK J.: Hustota železniční sítě v Evropě a její zobrazení kartogramem. Zprávy Geografického ústavu ČSAV 1965, 8: 1—7, Opava 1965.
2. KUDRNOVSKÁ O.: Střední nadmořské výšky okresů. Atlas ČSSR, list 2, ÚSGK, Praha 1967.
3. Základní údaje o okresech Československa. Atlas ČSSR, list 2, ÚSGK, Praha 1967.
4. KUCHAR K.: Základy kartografie. Naklad. ČSAV, Praha 1953, 192 str.
5. RATAJSKI L., WINID B.: Kartografia ekonomiczna. PPWK, Warszawa 1963, 274 str.
6. PAVLÍK Z.: Úvod do statistických metod pro geografy. Učební text K. U., SPN, Praha 1965, 148 str.
7. GREGORY S.: Statistical Methods and the Geographer. Longmans, Green & Co., London 1963, 240 str.
8. REISENAUER R.: Metody matematické statistiky. Práce, Praha 1965, 208 str.
9. MURDYCH Z.: Územní rozdíly ve struktuře obyvatelstva a bytového fondu v Praze, Investiční výstavba 5, č. 10, Praha 1967.

CORRELATION CHOROPLETH MAPS

Summary

Correlation choropleth map is such choropleth map whose scale is derived from regression line which was constructed in scatter diagram to find out the correlation between two geographical features. The interval between two lines of line pattern corresponds to the regression coefficient of correlation dependence which was analysed.

The basic type of correlation choropleth maps (fig. 3 and 7) uses two systems of line patterns: horizontal and vertical. When two corresponding values of geographical features of an area are near the regression line, both systems of line patterns create squares. The more the values differ from the regression line, the longer oblongs are created by the line patterns.

Explanations of the figures

1. Choropleth map with horizontal lines of constant intervals (representing the norm 650 inhabitants per one worker in hair-cutting facilities in Prague). The real value of the ratio is represented by the intervals of the vertical lines.
2. Scatter diagram showing the dependence of the ratio of wood lands (axis x) on the average height above sea level of districts in Bohemia (axis y).
3. Basic correlation choropleth map with continual scale. The average height above sea level of Bohemian districts (the ratio of wood lands) are represented by the interval between the horizontal (vertical) lines. The basic values are shown in the key by abscissas, the regression coefficient (5,9 %, 100 m) is represented by the short abscissa.
4. Correlation choropleth map where the values for individual districts are represented by the inclination of line pattern. The squares again represent the regression dependence, the deviation from the regression is demonstrated by the angle of two corresponding lines.
5. The urban delimitation of Prague and the names of individual urban quarters.
6. The scatter diagram showing the dependence of the education of population (on axis y) on the standard of flats (according to their conveniences, axis x) — the higher index represents the higher education or standard — and the delimitation of 5 corresponding groups.
7. Basic correlation choropleth map with interrupted scale. 5 types of square patterns corresponding to 5 groups of indices (which represent quarters near the regression curve).
8. The differences of groups (x and y) in individual quarters: both values (x and y) are in the same group (x and y) — blank area; the positive difference (y over x) of one group (2 groups) is represented by the vertical line pattern sparse (dense), the negative difference by horizontal line patterns (in the same way).
9. The deviations of individual quarters from a regression line represented by the density of line pattern. The abscissa represents the deviation $\sigma_y = 10$ (as a scale; see also fig. 6).
10. The differences of individual quarters (on the basis of delimitation into groups) from regression represented by the inclination of line patterns which are in the direction of the diagonals of oblongs from fig. 7.