

Alexander ŠÚBERT

## ŠTATISTICKÁ ANALÝZA DENZITOMETRICKÝCH HODNÔT FAREBNÝCH ŠKÁL NA MAPÁCH

**Šúbert, Alexander:** The statistics analysis of density value from colour scales on the maps. Kartografické listy, 1993, 1, 5 figs., 4 tables, 4 refs.

**Abstract:** In article the first inputs of colour tones on the maps are analysed. The analyse starts from two groups of information:

1. Basic dates measured by means density of single colours: yellow, magenta, cyan, grey - in difference ten percentages;

2. Reading about relationship between density and intensity of the expressing perception. All informations are on place: "Bank of dates density value". Detail outputs of analysis are published in literature.

**Key words:** measure, density, intensity of the expressing perception, bank of dates density value, four colours of map.

### Úvod

Mapu chápeme ako jednu z foriem odrazu okolitého sveta, ako grafický záznam priestorového rozmiestnenia a vzájomnej súvislosti objektov a javov tohto sveta poznaného človekom. Mapa je výsledkom ľudského poznania a zároveň aj nástrojom ďalšieho poznávania objektívnej skutočnosti.

V súčasnosti vnímame mapu nielen ako matematicky definované a zovšeobecnené rovinné obrazovo-znakové zobrazenie (model), vyjadrujúce priestorové rozmiestnenie (stav, vzťahy, dynamiku a ďalšie vlastnosti) rôznych prírodných a spoločenských objektov a javov (cieľavedome vyberaných v súlade s účelom), chápeme ju ako neverbálne graficko-topologické vyjadrenie konkrétnych i abstraktných predstáv a súčasne ako podklad či zdroj usudzovania, t.j. tvorby nových poznatkov [1, 2].

Spracovanie viacfarebnej mapy bolo a je prácou náročnou, lebo tlač každej farby ako výrazového prostriedku bola zložená zo súhrnu zložitých technologicko-reprodukčno-litografických procesov. Každý farebný tón s gradačným určením bol na zvláštnej tlačovej forme a tlačil sa samostatne. Tým sa farebná tlač máp odlišuje od polygrafického spracovania, napr. od tlače farebnej fotografie. Zavedene stabili-

zovanej ofsetovej tlače do kartografickej tvorby a reprodukcie prinieslo kvalitatívnu zmenu do celého technologického procesu spracovania kartografických diel. Aplikácia metód stabilizovanej ofsetovej tlače spočíva v technológii vyhotovovania tlačových podkladov, pomocou ktorých sa v polygrafickom spracovaní nadobúda farebnou súťažou verná podoba autorského originálu.

Metodická zmena nastala riešením problému štandardizácie farebných tónov na mapách pomocou "banky dát denzitometrických hodnôt" (ďalej BDDH). V kartografickej praxi sa vytvára priestor pre objektivizáciu výberu farebných tónov a rozvíja sa aktivita kartografov v oblasti nových technológií pri spracovaní kartografických diel. Analýza farebných škál na mapách je ústredným problémom tejto state.

## **Analýza primárnych vstupov farebných tónov na mapách**

Každý farebný tón na mape môžeme vyjadriť v denzitometrických hodnotách.

Pri štatistickej analýze dát v BDDH získaných ako výsledky meraní základných veličín a ich vzťahov sme vychádzali z dvoch súborov:

Prvý súbor predstavujú primárne údaje meraných veličín denzity jednotlivých farieb (žltá, purpurová, azúrová a sivá) podľa zvoleného 10 %-ného kroku škály. V rámci tohto súboru sme skúmali potrebný počet pozorovaní pri predpísanej veľkosti intervalu spoľahlivosti. Ďalej sme skúmali stabilitu tónu podľa meraní pomocou "clusterovej analýzy."

Druhý súbor dát predstavuje bázu o vzťahu medzi denzitou a vektorom intenzity vnemu.

Na základe analýzy nameraných hodnôt sledovaných veličín sme po výpočte základných štatistických charakteristík získali odhady potrebného počtu pozorovaní pre  $n = 4$  podľa [3].

Stabilitu meraní sme skúmali pomocou analýzy variability a to prostredníctvom variačného koeficienta. Výsledky základných štatistických charakteristík sú v práci [4].

Na overenie stability tónu na testovanej predlohe sme použili "clusterovú analýzu". Merania sme zoskupili do štyroch skupín podľa uvažovaných farieb. Použili sme 40 premenných z 10-tich škál intenzity a na štyroch filtroch.

Výsledky analýzy variability sú v grafoch obr. 1, obr. 2.

Prehľad vzťahov medzi denzitou podľa farieb a intenzitou v percentách, ako aj medzi denzitami vnemu navzájom uvádza graf na obr. 3.

Exaktný vzťah je určený pomocou mocninovej funkcie /1/:

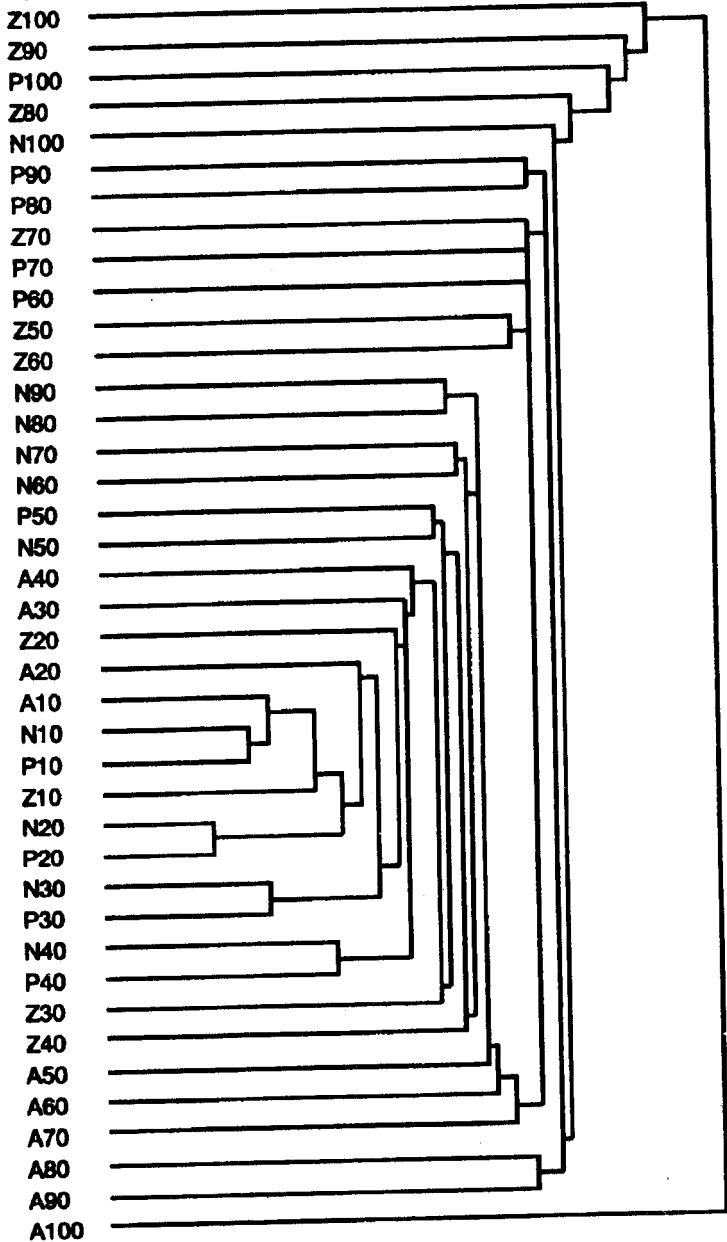
$$D = I^{(PER)}$$

/1/

TREE DIAGRAM  
0.00000

DISTANCES

0.10000

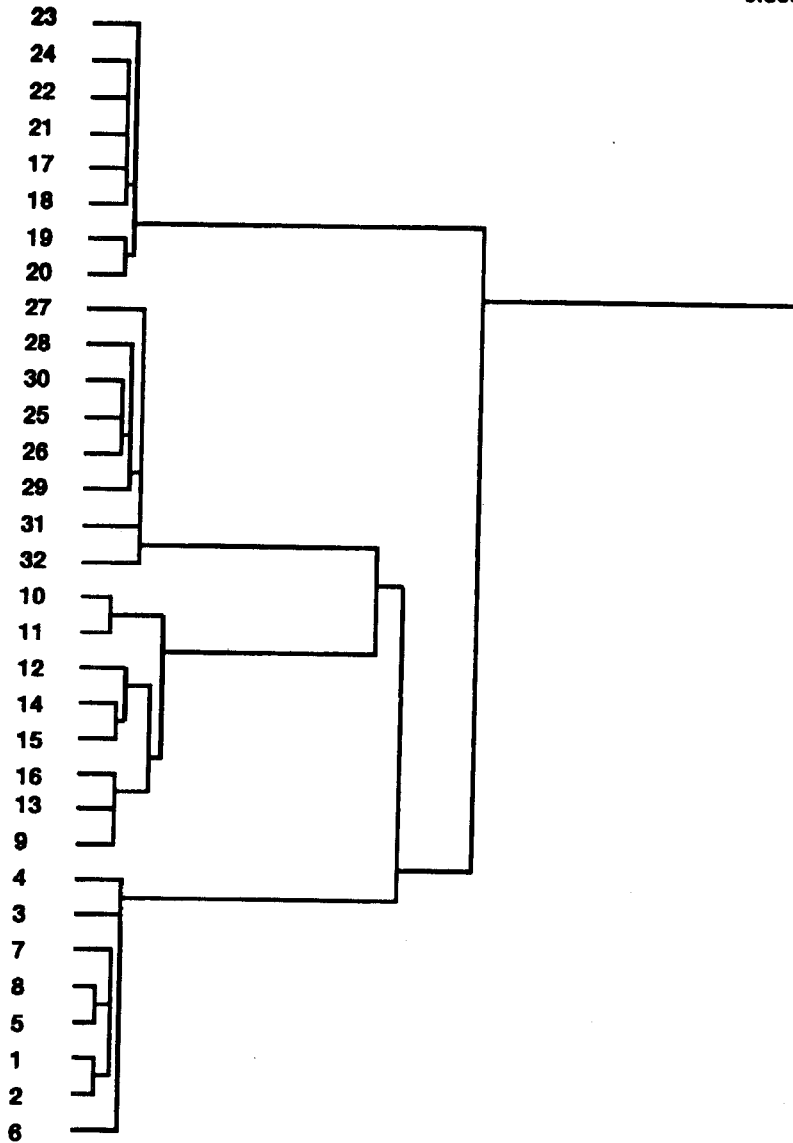


Obr. 1 Clusterova analýza - podobnost premenných

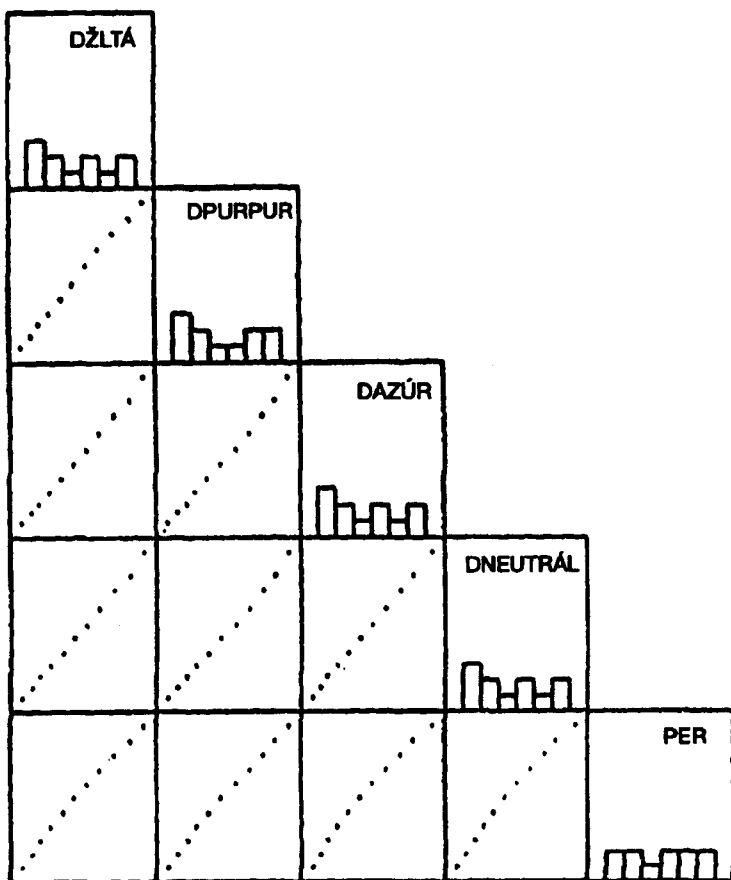
TREE DIAGRAM  
0.00000

DISTANCES

0.50000



Obr. 2 Clusterova analýza - podobnosť objektov



Obr. 3 Empirické závislosti denzít a intenzity

Tento graf bol navrhnutý na základe fyzikálnej podstaty a dlhodobého empirického skúmania. Výsledky skúmania závislosti  $D = A \cdot PER^B$  pre všetky 4 farby (D-žltá, D-purpurová, D-azúrová, D-čierna) ukazujú, že zvolený tvar funkcie správne vystihuje jej priebeh (pozri tab. 1).

Pre odhad parametrov zvoleného modelu sme použili Nonlin programového produktu SYSTAT Quasi-Newtonovu metódu.

Pre výpočet opacity  $O = F(PER)$  bol testovaný vzťah /2/:

$$O = A \cdot B^{PER}$$

/2/

## Tabuľka 1

ODHAD VZTAHU  $D = a \cdot \text{PER}^B$

|  |          |         |         |       |         |
|--|----------|---------|---------|-------|---------|
| DEPENDENT VARIABLE IS DZLTA                          |          |         |         |       |         |
| RAW R-SQUARED (1-RESIDUAL/TOTAL) = 0.99975           |          |         |         |       |         |
| CORRECTED R-SQUARED (1-RESIDUAL/CORRECTED) = 0.99924 |          |         |         |       |         |
| PARAMETER  | ESTIMATE | A.S.E.  | LOWER   | <95%> | UPPER   |
| A  | 0.00312  | 0.00025 | 0.00255 |       | 0.00370 |
| B  | 1.22671  | 0.01857 | 1.18471 |       | 1.26871 |

|  |          |         |         |       |         |
|--|----------|---------|---------|-------|---------|
| DEPENDENT VARIABLE IS DRURPUR                        |          |         |         |       |         |
| RAW R-SQUARED (1-RESIDUAL/TOTAL) = 0.99970           |          |         |         |       |         |
| CORRECTED R-SQUARED (1-RESIDUAL/CORRECTED) = 0.99908 |          |         |         |       |         |
| PARAMETER  | ESTIMATE | A.S.E.  | LOWER   | <95%> | UPPER   |
| A  | 0.00376  | 0.00032 | 0.00303 |       | 0.00448 |
| B  | 1.18657  | 0.01961 | 1.14222 |       | 1.23092 |

|  |          |         |         |       |         |
|--|----------|---------|---------|-------|---------|
| DEPENDENT VARIABLE IS DAZUR                          |          |         |         |       |         |
| RAW R-SQUARED (1-RESIDUAL/TOTAL) = 0.99969           |          |         |         |       |         |
| CORRECTED R-SQUARED (1-RESIDUAL/CORRECTED) = 0.99910 |          |         |         |       |         |
| PARAMETER  | ESTIMATE | A.S.E.  | LOWER   | <95%> | UPPER   |
| A  | 0.00210  | 0.00020 | 0.00165 |       | 0.00255 |
| B  | 1.30813  | 0.02160 | 1.25926 |       | 1.35700 |

|  |          |         |         |       |         |
|--|----------|---------|---------|-------|---------|
| DEPENDENT VARIABLE IS DCIERNA                        |          |         |         |       |         |
| RAW R-SQUARED (1-RESIDUAL/TOTAL) = 0.99947           |          |         |         |       |         |
| CORRECTED R-SQUARED (1-RESIDUAL/CORRECTED) = 0.99843 |          |         |         |       |         |
| PARAMETER  | ESTIMATE | A.S.E.  | LOWER   | <95%> | UPPER   |
| A  | 0.00250  | 0.00030 | 0.00182 |       | 0.00318 |
| B  | 1.25039  | 0.02740 | 1.18841 |       | 1.31238 |

V tab. 2 sme odhady parametrov stanovili metódou najmenších štvorcov pre vzťah /3/:

$$\log O = \log A + \text{PER} \cdot \log B \quad /3/$$

Na základe štatistického vyhodnotenia sme dokázali, že vhodnejší je vzťah /4/:

$$O = 10^D \quad /4/$$

kde:  $D = A \cdot \text{PER}^B$  (a to pre všetky farby).

## Tabulka 2

**NÁVISLOST O -A\*B<sup>PER</sup>**

**A = 10<sup>a</sup>, B = 10<sup>b</sup>**

DEP VAR: OZLTA N: 11 MULTIPLE R: 0.996 SQUARED MULTIPLE R: 0.991

ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .990 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.02915

| COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T        | P(2 TAIL) |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| a           | -0.04318  | 0.01645  | 0.00000   | -2.62575 | 0.02755   | A=0.90536 |
| b           | 0.00895   | 0.00028  | 0.99569   | 1.00000  | .32E+02   | B=1.02082 |

DEP VAR: OPURPUR N: 11 MULTIPLE R: 0.997 SQUARED MULTIPLE R: 0.994

ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .993 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.02448

| COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T        | P(2 TAIL) |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| a           | -0.03864  | 0.01381  | 0.00000   | -2.79842 | 0.02755   | A=0.90536 |
| b           | 0.00895   | 0.00028  | 0.99569   | 1.00000  | .32E+02   | B=1.02087 |

DEP VAR: OAZUR N: 11 MULTIPLE R: 0.993 SQUARED MULTIPLE R: 0.986

ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .985 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.03621

| COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T        | P(2 TAIL) |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| a           | -0.05545  | 0.02043  | 0.00000   | -2.71464 | 0.02382   | A=0.88014 |
| b           | 0.00876   | 0.00035  | 0.99309   | 1.00000  | .25E+02   | B=1.02038 |

DEP VAR: OCIERNA N: 11 MULTIPLE R: 0.994 SQUARED MULTIPLE R: 0.989

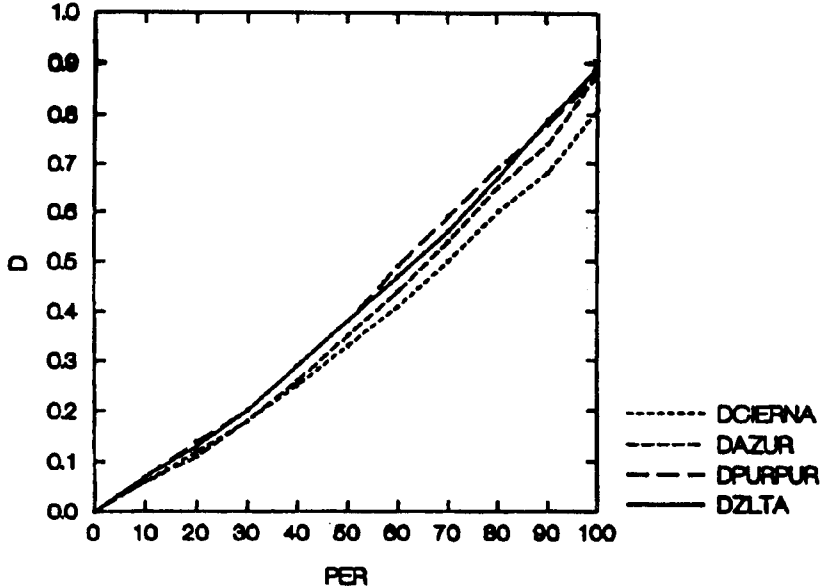
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .988 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.02973

| COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T        | P(2 TAIL) |           |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| a           | -0.04045  | 0.01677  | 0.00000   | -2.41223 | 0.03911   | A=0.91107 |
| b           | 0.00797   | 0.00028  | 0.99436   | 1.00000  | .28E+02   | B=1.01852 |

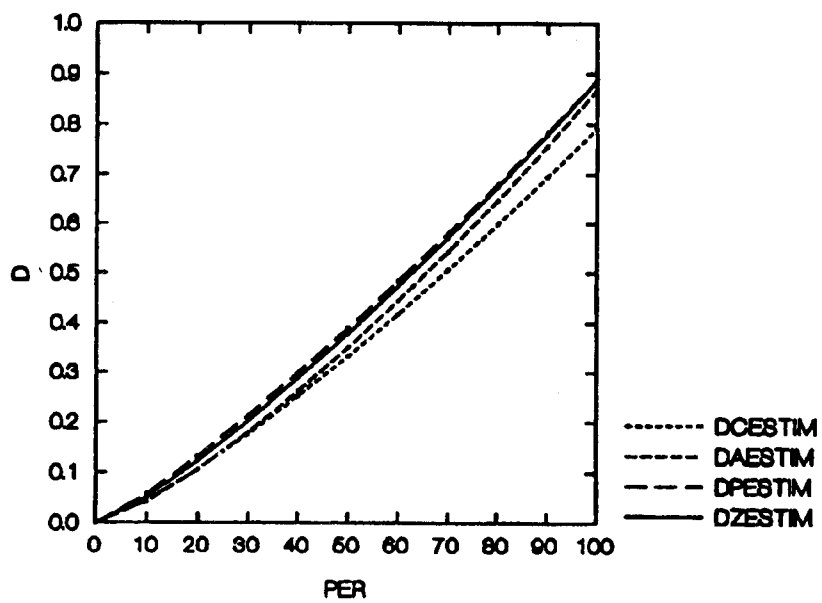
Tento vzťah je tiež výstižnejší na vyjadrenie absorpcie A, pre ktorú platí vzťah /5/:

$$A = \left( \frac{1}{0} \right) \cdot 100 \quad (\%) \quad /5/$$

Ilustrácia tvaru kriviek pre dané farby je v grafoch na obr. 4, obr. 5.



Obr. 4 Denzitomerické hodnoty monochromatických zložiek



Obr. 5 Teoretické hodnoty denzít monochromatických zložiek



**Analýza premenných PER, D, O, A (percento, denzita, opacita, absorpcia) pre všetky farby ukázala veľmi silný korelačný vzťah medzi premennými D, O, A a PER, ale tiež medzi všetkými premennými navzájom, pozri tab. 3.**

**Tabuľka 3**

PEARSON CORRELATION MATRIX

|         | PER     | DZLTA   | DPURPUR | DAZUR   | DCIERNA |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PER     | 1.00000 |         |         |         |         |
| DZLTA   | 0.99569 | 1.00000 |         |         |         |
| DPURPUR | 0.99697 | 0.99906 | 1.00000 |         |         |
| DAZUR   | 0.99309 | 0.99917 | 0.99835 | 1.00000 |         |
| DCIERNA | 0.99436 | 0.99925 | 0.99852 | 0.99980 | 1.00000 |
| OZLTA   | 0.93611 | 0.96294 | 0.95418 | 0.96813 | 0.96641 |
| OPURPUR | 0.94801 | 0.97210 | 0.96575 | 0.97753 | 0.97581 |
| OAZUR   | 0.92747 | 0.95496 | 0.94655 | 0.96248 | 0.96081 |
| OCIERNA | 0.93657 | 0.96192 | 0.95418 | 0.96885 | 0.96743 |
| AZLTA   | 0.98417 | 0.96423 | 0.96917 | 0.95722 | 0.96034 |
| APURPUR | 0.98177 | 0.96057 | 0.96663 | 0.95360 | 0.95688 |
| AAZUR   | 0.98924 | 0.97219 | 0.97709 | 0.96652 | 0.96896 |
| ACIERNA | 0.98989 | 0.97282 | 0.97746 | 0.96710 | 0.96998 |

|         | OZLTA   | OPURPUR | OAZUR   | OCIERNA | AZLTA   |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| OZLTA   | 1.00000 |         |         |         |         |
| OPURPUR | 0.99832 | 1.00000 |         |         |         |
| OAZUR   | 0.99789 | 0.99660 | 1.00000 |         |         |
| OCIERNA | 0.99811 | 0.99777 | 0.99967 | 1.00000 |         |
| AZLTA   | 0.86116 | 0.87742 | 0.84955 | 0.86257 | 1.00000 |
| APURPUR | 0.85370 | 0.87122 | 0.84231 | 0.85568 | 0.99960 |
| AAZUR   | 0.87547 | 0.89191 | 0.86493 | 0.87727 | 0.99911 |
| ACIERNA | 0.87827 | 0.89421 | 0.86795 | 0.88024 | 0.99916 |

|         | APURPUR | AAZUR   | ACIERNA |
|---------|---------|---------|---------|
| APURPUR | 1.00000 |         |         |
| AAZUR   | 0.99853 | 1.00000 |         |
| ACIERNA | 0.99867 | 0.99961 | 1.00000 |

NUMBER OF OBSERVATIONS: 11

# Tabuľka 4

## ZÁKLADNÉ ŠTATISTICKÉ CHARAKTERISTIKY

|              | PER       | DŽLTÁ   | DPURPUR | DAŽÚR   | DNEUTRÁL |
|--------------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| N OF CASES   | 11        | 11      | 11      | 11      | 11       |
| MINIMUM      | 0.00000   | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000  |
| MAXIMUM      | 100.00000 | 0.89000 | 0.88000 | 0.88000 | 0.81000  |
| MEAN         | 50.00000  | 0.40455 | 0.41000 | 0.38273 | 0.35818  |
| STANDARD DEV | 33.16625  | 0.29827 | 0.29850 | 0.29268 | 0.26593  |
| C.V.         | 0.66332   | 0.73731 | 0.72804 | 0.76472 | 0.74243  |

|              | PER       | DŽLTÁ   | DPURPUR | DAŽÚR   | DNEUTRÁL |
|--------------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| N OF CASES   | 11        | 11      | 11      | 11      | 11       |
| MINIMUM      | 0.00000   | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000  |
| MAXIMUM      | 100.00000 | 7.76000 | 7.59000 | 7.59000 | 6.46000  |
| MEAN         | 50.00000  | 3.14509 | 3.18000 | 2.98091 | 2.71455  |
| STANDARD DEV | 33.16625  | 2.21888 | 2.18529 | 2.10464 | 1.73618  |
| C.V.         | 0.66332   | 0.70461 | 0.68720 | 0.70604 | 0.63958  |

|              | PER       | DŽLTÁ    | DPURPUR  | DAŽÚR    | DNEUTRÁL |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| N OF CASES   | 11        | 11       | 11       | 11       | 11       |
| MINIMUM      | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000  | 0.00000  | 0.00000  |
| MAXIMUM      | 100.00000 | 87.11340 | 86.82477 | 86.82477 | 84.52012 |
| MEAN         | 50.00000  | 52.02799 | 52.50816 | 50.07278 | 48.73760 |
| STANDARD DEV | 33.16625  | 29.39846 | 29.48035 | 29.50570 | 28.18199 |
| C.V.         | 0.66332   | 0.56505  | 0.56144  | 0.58926  | 0.57824  |

### VÝPOČET KOFICIENTOV SUBSTITÚCIE PRE DENZITU

#### DŽLTÁ

$$kz = 1$$

$$kp = 0.41000/0.40455 = 1.01347$$

$$ka = 0.38273/0.40455 = 0.94606 \quad KZ = 1.92511 \text{ a teda } I = 1.92511 * Dp$$

$$kc = 0.35818/0.40455 = .88538$$

#### DPURPUR

$$kz = 0.40455/0.41000 = 0.98671$$

$$kp = 1$$

$$ka = 0.38273/0.41000 = 0.93349 \quad KP = 1.77543 \text{ a teda } I = 1.77543 * Dp$$

$$kc = 0.35818/0.41000 = 0.87361$$

#### DAŽUR

$$kz = 0.40455/0.38273 = 1.05701$$

$$kp = 0.41000/0.38273 = 1.07125$$

$$ka = 1$$

$$KA = 2.03487 \text{ a teda } I = 2.03487 * Da$$

$$kc = 0.35818/0.38273 = 0.93586$$

#### DCIERNÁ-NEUTRÁL

$$kx = 0.40455/0.35818 = 1.12974$$

$$kp = 0.41000/0.35818 = 1.144759 \quad KC = 2.175899 \text{ a teda } I = 2.175899 * Dc$$

$$ka = 0.38373/0.35818 = 1.071612$$

$$kc = 1$$

## Spresnený vzťah vektora intenzity vnemu

Všetky korelačné koeficienty sú veľmi blízke hodnote 1. Táto analýza ukazuje ďalšiu možnosť substitúcie premenných medzi danými farbami pri nasledujúcich analýzach. Pri výpočte vektora intenzity vnemu  $I$  vychádzame zo vzťahu /6/:

$$I = \sqrt{D_z^2 + D_p^2 + D_a^2 + D_n^2} \quad /6/$$

Odvodili sme tiež aproximáciu podľa vzťahov /7/:

$$D_z = K_z \cdot D_n; \quad D_p = K_p \cdot D_n; \quad D_a = K_a \cdot D_n \quad /7/$$

kde koeficienty sú vzťahy /8/:

$$K_z = \frac{D'_z}{D'_n}; \quad K_p = \frac{D'_p}{D'_n}; \quad K_a = \frac{D'_a}{D'_n} \quad /8/$$

pričom:  $D'_z$ ,  $D'_p$ ,  $D'_a$ ,  $D'_n$  sú priemerne hodnoty denzity pre žltú, purpurovú, azúrovú a neutrálnu - sivú farbu.

Potom platí náš výsledný vzťah /9/ pre vektor intenzity vnemu  $I$ :

$$I = \sqrt{D_n^2 \cdot (k_z^2 + k_p^2 + k_a^2 + 1)} = D_n \cdot K_n \quad /9/$$

$$\text{kde: } K_n = \sqrt{k_z^2 + k_p^2 + k_a^2 + 1}$$

pričom:  $k_z = 1.129$ ;  $k_p = 1.444$ ;  $k_a = 1.027$ ;  $K_n = 2.176$  sú pre neutrálnu farbu.

Všeobecne môžeme vybrať za základ ľubovoľnú farbu a príslušné hodnoty koeficientov sú v tab. 4.

## Záver

Analýza farebných tónov na mapách umožnila vytvoriť BDDH. Odvodený korelačný vzťah medzi denzitou, opacitou, absorpciou a percentom umožňuje objektivizovať výber farebných tónov na mapách. Táto skutočnosť umožňuje výraznú aplikáciu v automatizovanej technológii spracovania kartografických diel.

1. HÁJEK, M. - ČIŽMÁR, J. - KELNAR, B. - ŠÚBERT, A.: Techniky rozmnožovania starých farebných máp. In: Zborník zo seminára: Historické mapy. Bratislava, P-ČSVTS, Slovenská kartografia, n.p. 1983
2. ŠÚBERT, A. - KELNAR, B.: Racionalizácia a inovácia v tvorbe štandardnej farebnej kompozície mapy. In: Zborník 7. kartografickej konferencie. Bratislava, P-ČSVTS 1984.
3. LIKEŠ, J. - MACHEK, J.: Matematická statistika. (Matematika pro vysoké školy technické). Praha, SNTL 1983.
4. ŠÚBERT, A.: Optimalizácia obsahu kartografického spracovania odvetvových máp pre poľnohospodárstvo. (Kandidátska dizertačná práca). Bratislava, Stavebná fakulta STU 1990.

## S u m m a r y

### The statistics analysis of density value from colour scales on the map

Production of colour maps is pretentious work, because printing of each colour is compound of the whole complicated processes from technological, reproductional and lithographical spheres.

The basic changes in quality of production maps brought application of stable offset printing.

We used in article statistic methods and characteristics, i.e. coefficient of variation, correlation, etc. Especially we made analysis of substitution colour tones through value density (D), permitting (O), veiling area (A), and percentages (PER).

Intensity of the expressing perception (I) based on sturdy dependence we can determined by mean formula number nine:

$$I = D_n \cdot K_n$$