

**ПРИМЕНА АЛГОРИТМА ЗА УВОЂЕЊЕ АУТОМАТИЗАЦИЈЕ
У ПРОЦЕСУ СЕМИОРАЗМЕРНОГ КАРТОГРАФИСАЊА**

НАТАША УРОШЕВ*¹

¹Републички Геодетски Завод, Булевар војводе Мишића 39, Београд, Србија

Сажетак: У овом раду биће поред основне тематике представљени и принципи средње оптерећености тематске карте. Алгоритам је заснован и на овој тематици као и на основама семиоразмерног картографисања. С обзиром на веома честу преоптерећеност тематских карата знаковима, ради задржавања квалитативно-квантитативних особености појава и процеса у географском простору, ова два фактора су сједињена у самом алгоритму. Савремени ГИС софтвери имају могућност креирања тематских карата урађених методама сигнатура или знакова, картограма и методом картодијаграма. То су често веома прецизне карте у смислу представљања одређене појаве али истовремено графички неусклађене са пуно преклопних површина које додатно оптерећују карту. Из тог разлога, често се прибегава семиоразмерном картографисању због чега је и неопходно увођење оваквог алгоритма који би дао одређену равнотежу у оквирима тематизоване површине карте.

Кључне речи: Алгоритам, семиоразмерно картографисање, графичка оптерећеност карте.

Увод

На осову алгоритма проф. др Љубинка Сретеновића (Сретеновић Љ., 2007) урађен је нови алгоритам који се односи на аутоматизацију у тематском картирању. Овај алгоритам је заснован на утврђивању основних параметара тематског картирања (базни скалар–S, валерни сводитељ–T, базна вредност–G, вредност показатеља–g, скалар знака–s), као и на средњој графичкој оптерећености карте, заснованој на вредности квадрата златног пресека дужи.

На основу анализе 35 репрезентативних тематских карата различитих публикација, атласа, сајтова и др., у магистарском раду „Семиометричко изналажење графичке оптерећености тематске карте”, (Лагатор Н., 2007), извршена је систематизација и анализа преко 1000 квантитативних и 105 квалитативних података са ових карата у 35 статистичких табела. Овом анализом добијени су параметри тј. показатељи графичког оптерећења тематске карте знаковима. Сви знакови на одређеној тематској карти поред тога што дају основне информације о квантитативним и квалитативним карактеристикама појава које се картирају, истовремено прекривају одређене тематизоване површине карте. Често се ти исти знакови међусобно преклапају. Преклопне површине обухватају прекривне и покривне површине. Као основа за даља разматрања оптималног оптерећења тематских карата у наредном поглављу биће представљени основни елементи који су улазне величине за израчунавање овог оптерећења.

* E-mail: natashaurosev@gmail.com

Основне поставке истраживања

На основу истраживања Љ. Сретеновића у научној дисциплини картографска семиометрика, дошло се до закључка да је у теоретско-математичком смислу оптимално графичко оптерећење⁽²⁾ засновано на „златном пресеку” дужи, (А)

$$A = \frac{\sqrt{5}}{2} - 0.5$$

$$A = 0.618033988$$

тако да је, графичко оптерећење површине карте (P_t) сврсисходно упоредити са златним пресеком односа површина тематске карте:

$$P_a = A^2 P_t = 0.38197 P_t$$

P_t – тематизована површина карте

При семиоразмерном димензионисању фигура знакова треба постићи следеће:

1. да формације фигура знакова⁽³⁾ нису често позиционирани, што значи да није оптимално графичко оптерећење,
2. да семиоразмерна величина фигура знакова буде тако димензионирана да се разликују према величини у циљу очигледног информисања и визуелне перцепције разлика између нумеричких вредности серије и
3. могућност семиометријског израчунавања картографских нумеричких вредности, а тиме и нумеричког информисања о вредности серија.

На графичко оптерећење карте утиче:

1. избор семиоразмера, односно, величине фигура формације знакова,
2. развијеност третиране појаве у простору,
3. генерализација картографисане тематике и
4. мрежни размештај – локације третиране појаве (Урошев Н., 2008).

При семиоразмерном картографисању потребно је узети примарну величину фигуре као *валер знака* (на пр. површина круга, запремина лопте) и при израчунавању семиоразмера треба узети за скалар знака дужи праволинијски параметар (на пр. пречник круга уместо полупречника), јер нам омогућује тачније вредности при семиоразмерном картографисању и семиометрисању (Сретеновић Љ., 1989).

Као што је познато, фигуре знакова се позиционирају (*позиционе тачке фигура*) у средишњим тачкама објеката где је развијена картографисана тематика. Ако је тематика веома развијена а димензионисање фигура знакова је прилагођено очигледности и прегледности садржине, онда је често потребно да се знаци међусобно делимично или потпуно прекривају (*прекривна површина*, F_p – делимично прекривају један други и *покривна површина* F_o – у потпуности покривају својом површином део знака на коме се налазе). То значи да при израчунавању графичког оптерећења са фигурама знакова треба елиминисати прекривну и покривну површину, које укупно чине *преклопну површину* F_k .

⁽²⁾ Под појмом: *оптимално*, подразумева се: *идеално за одређене услове*.

⁽³⁾ *Формација фигура знакова* се односи на серију нумеричких вредности семиоразмерног картографисаног предмета

Код позиционирања одређених знакова додирно смештених на карти јављају се одговарајуће празнине (размакне површине). Издвајање знака графички је конструисано са периметром (граничном линијом обима фигуре) и међуфигурном површином (празнином, размакном површином).

Дефиниције различитих семиоразмерних површина фигура знакова

Формација фигура знакова

N_s Семиоразмерно пројектоване и позиционо конструисане једнолике фигуре на тематској карти чине формацију свих фигура знакова појединачно, (N_s), којом је представљена (=) серија нумеричких вредности (N_v) картографисане тематике. Представља укупан број семиорезмерне формације сви фигура знакова на карти.

$$N_s = F_1, F_2, \dots, F_n = N_v = g_1, g_2, \dots, g_n$$

Формација свих фигура знакова (N_s) позиционирана на карти састоји се из два дела:

$$N_s = N_b + N_o$$

N_b Базне формације знакова:

- појединачне – издвојене фигуре знакова
- секуће фигуре знакова – фигуре са одсечцима и др.
- фигуре знакова са покривним фигурама

$$N_b = F_1, F_2, \dots, F_n$$

N_o Покривне фигуре знакова – позициониране на базним фигурама

$$N_o = F_1, F_2, \dots, F_n$$

Површина фигуре знака

F_1 Површина планиметријске фигуре знака (под којом подразумевамо површину самог знака али и површину знака конструисаног од више фигура и знакова)

F_2 Планиметријска површина пројективно конструисаног у тродимензионалној перспективи, цртежа стереометријске фигуре знака.

Условно, површине (F) појединачних планиметријских и стерометријских фигура знакова, позиционираних на тематској карти, чине семиоразмерно пројективне и конструисане површине цртежа фигура знакова.

Преклопне површине фигуре знака

f Покривна површина базне фигуре знака

f Прекривна површина (одсечак и др.) базне фигуре знака

Збирне површине формације фигура знакова

F_s Збир површина формација свих фигура знакова

$F_s = F_b + F_o = F_1 + F_2 + \dots + F_n = P_g + F_k$ (даље у тексту: формација знакова)

F_b Збир површина базних формација знакова

$$F_b = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (\text{даље у тексту: базни знакови})$$

F_o Збир покривних површина формације фигура знакова

$$F_o = f_1 + f_2 + \dots + f_n = F_s - F_b = F_s - (P_g + F_p) = F_k - F_p$$

F_p Збир прекривних површина формације фигура знакова

$$F_p = f_1 + f_2 + \dots + f_n = F_s - (P_g + F_o) = F_b - F_g = F_k - F_o$$

F_k Збир преклопних површина формације фигура знакова (покривних и прекривних)

$$F_k = F_o + F_p = F_s - P_g$$

Површине фигура знакова графичког оптерећења карте

F_g Графичко оптерећење са једном фигуром знака

$$F_g = F; \quad F_g = F - f$$

P_g Графичко оптерећење са формацијом фигура знакова

$P_g = F_{g1} + F_{g2} + F_{g3} + \dots + F_{gn} = F_s - F_k = F_b - F_p$ (даље у тексту: базне фигуре знакова)

Напомене

- 1) Површина планиметријске фигуре знака пројектована у сврсисходној перспективи и позиционо конструисана на карти, чини планиметријску површину знака у одређивању графичке оптерећености карте; На пример: семиоразмерна кружна фигура знака пројектована у елипсу;
- 2) У наведеном дефинисању и означавању величина у семиометричкој анализи графичког оптерећења површине тематске карте, исте су ознаке за планиметријске фигуре и стереометријске фигуре знакова у циљу једноставнијег приказа семиометричке анализе, поготову што је истоветан ефекат њихових површина: графичко оптерећење површине тематске карте;
- 3) Позицијско семиоразмерно пројектовање и конструисање фигура знакова условљава местимично и делимично преклапање површина фигура знакова, целом фигуром (покривна површина) или делом прекривање фигуре (одсечак или прекривна површина др.)
- 4) У семиометричкој анализи формације стереометријских фигура знакова подразумева се исти поступак са покривним површинама (F_o) и секућим – прекривним површинама (F_p) цртежа знакова, као и у семиометричкој анализи формације планиметријских фигура знакова.
- 5) Ако су на тематској карти примењене разнолике фигуре по формацијама знакова, треба сабрати вредности истих величина семиометричких анализа свих формација знакова у коначном решењу семиометричке анализе графичке оптерећености површине тематске карте.
- 6) Смисао и суштина позиционирања фигуре тематског картографског семиоразмерног знака је координатни положај знака на тематској карти.

Центар координатно позициониране фигуре знака на тематској карти и њихова површина може бити и ван границе тематизоване површине, и она такође улази у збир површина фигура формације знакова F_s .

Статистички приказ истраживања

Следећа табела означава основне елементе битне за даљу анализу графичког оптерећења тематске карте. Урађене су 35 табеле за 35 карата уз статистички приступ анализи оних елемената који су у ствари показатељи за добијање решења, тј. које је то оптимално графичко оптерећење карте и које су то вредности у чијим оквирима са оно креће (Лагатор Н., 2007).

Табела 1. Статистичка јединица представљања нумеричких вредности графичког оптерећења тематских карата

Број	Опис
1.	НАЗИВ АТЛАСА
1.1	НАЗИВ КАРТЕ, РАЗМЕР КАРТЕ
1.1.1	УКУПНА ПОВРШИНА КАРТЕ, P_t
2.	ВРСТЕ ЗНАКОВА (кругови, квадрати, линије...)
2.1	НАЈМАЊИ ЗНАК (површина, параметар), F_{\min}
2.2	НАЈВЕЋИ ЗНАК (површина, параметар), F_{\max}
2.3	ОДНОС ПОВРШИНА ЗНАКОВА, $q = F_{\min} / F_{\max}$
3.	ПОВРШИНА ФОРМАЦИЈЕ СВИХ ФИГУРА ЗНАКОВА, (семиоразмерна површина), F_s
3.1	УКУПАН БРОЈ ЗНАКОВА, N_s
3.1.1	ПРОСЕЧНА ВЕЛИЧИНА ЗНАКОВА (просечно графичко оптерећење под једним знаком), F_s/N_s
4.	УКУПНА ПРЕКРИВНА ПОВРШИНА, F_p
4.1.	БРОЈ ПРЕКРИВНИХ ПОВРШИНА, N_p
4.1.1	ПРОСЕЧНА ВЕЛИЧИНА ПРЕКРИВАЊА, $F_{p\emptyset} = F_p/N_p$
5.	УКУПНА ПОКРИВНА ПОВРШИНА, F_o
5.1	БРОЈ ПОКРИВНИХ ПОВРШИНА, N_o
5.1.1	ПРОСЕЧНА ВЕЛИЧИНА ПОКРИВНИХ ПОВРШИНА, $F_{o\emptyset} = F_o/N_o$
6.	Збир површина базних знакова, $F_b = F_s - F_o$
6.1	Број базних знакова, $N_b = N_s - N_o$
6.1.1	Просечна површина базних знакова, $F_{b\emptyset} = F_b / N_b$
6.1.2	Процент површине базних знакова, $F_b\% = 100F_b / F_s$
7.	ЗБИР ПРЕКЛОПНИХ ПОВРШИНА, $F_k = F_o + F_p$
7.1	Процент преклопних површина, $F_k\% = 100F_k / F_s$
8.	ГРАФИЧКО ОПТЕРЕЋЕЊЕ СА ФОРМАЦИЈОМ ФИГУРА ЗНАКОВА (базних фигура знакова), $P_g = F_s - (F_b + F_o) = F_s - F_k$
8.1	БРОЈ ЗНАКОВА БЕЗ ПОКРИВНИХ ПОВРШИНА (базних знакова), ($N_b = N_s - N_o$)
8.1.1	Просечно графичко оптерећење базним фигурама знакова, $P_{g\emptyset} = P_g/N_b$
8.1.2	Процент графичког оптерећења са формацијом знакова, $P_{g1}\% = 100P_g / F_s$
8.1.3	Процент графичког оптерећења са базним знаковима, $P_{g2}\% = 100P_g / F_b$
9.	$P_a = q_p P_t$ Графичко оптерећење карте (према златном пресеку),
10.	$P_{ga}\% = 100 P_g / P_a$ Процент графичког оптерећења карте (према златном пресеку)
11.	$A_s = F_s/P_t$ Укупно оптерећење карте формацијом знакова
12.	$A_g = P_g/P_t$ Укупно оптерећење карте базним фигурама знакова

Анализа и оцена стања тематских карата обухваћених истраживањем

Графичко оптерећење карте (према златном пресеку), P_a представља укупну површину која би требало да буде под базним фигурама P_g , у складу са златним пресеком. Према томе, проценат графичког оптерећења (према златном пресеку), P_{ga} би требало да буде 100% по претпостављеној хипотези за оптимално оптерећење карте. Све што је преко 100% је преоптерећено а што је мање или једнако 100% је у границама оптерећења карте.

Уколико је P_{ga} приближно једнако $100\% A_g$ би требало да буде приближно једнако 0.381966 , односно, ове две величине су пропорционалне.

Вредности величине процента графичког оптерећења карте (према златном пресеку), $P_{ga}\% = 100 P_g / P_a$ дају однос између укупне површине базних фигура знакова (P_g) и претпостављеног оптималног графичког оптерећења површине тематске карте ($P_a = q_p P_t = 0.382 P_t$).

Пошто смо претпоставили да је оптимална оптерећеност тематске карте у вредностима A_g од $0.2 - 0.382$, онда можемо извести следеће:

$$A_g = 0.2 = \frac{P_g}{P_t} ; P_t = \frac{P_g}{0.2} ; P_a = 0.382 \cdot \frac{P_g}{0.2} ; P_a = 1.905 \cdot P_g$$

$$P_{ga}\% = 100 \cdot \frac{P_g}{1.905 \cdot P_g} = 52\%$$

Из овога се може закључити да су све вредности $P_{ga}\%$ мање од 52% вредности мале оптерећености карте;

Вредности $P_{ga}\%$ од 52% до 100% су вредности средње оптерећености карте;

Вредности $P_{ga}\%$ веће од 100% су вредности велике оптерећености карте.

Претпоставка да је оптимална оптерећеност тематске карте у вредностима A_g од 0.2 овим се показала валидном јер даје резултат о минималној средњој вредности процента графичког оптерећења карте према златном пресеку - P_{ga} у вредности приближно 50% (минимална средња вредност).

Израчунавањем процента графичког оптерећења карте $P_{ga}\%$ (према златном пресеку) у односу на укупно оптерећење карте знаковима A_s као и укупно оптерећење карте базних фигура знакова A_g , добијамо одређене процентуалне вредности које указују на односе квантитативних карактеристика картираних појава.

$$A_s \text{ или } A_g : P_{ga}\% = 0.381966 : X$$

$$X = \frac{0.381966 \cdot P_{ga}}{A_s \vee A_g}$$

$$X = \frac{q_p \cdot P_{ga}}{A_s \vee (A_g)} = \frac{\frac{P_g}{P_t} \cdot q_p}{A_s \vee (A_g)} \quad X = \frac{\frac{P_g}{P_t}}{\frac{F_s}{P_t} \vee \left(\frac{P_g}{P_t} \right)} = \frac{P_g}{F_s \vee (P_g)}$$

$$X_1 = \frac{P_g}{F_s} \quad X_2 = \frac{P_g}{P_g}$$

Извођењем из претходне формуле добију се два односа који су у ствари основни односи у претходној табели:

- X_1 - однос између укупне површине базних фигура знакова, P_g и семиоразмерне површине F_s . Што је проценат мањи, то је преклапање више заступљено. Разлика

између ове две величине јесте у ствари разлика између: укупног оптерећења карте знаковима A_s и укупног оптерећења карте базних фигура знакова A_g . Одступање од 100% говори о проценту преклопних површина.

- X_2 - однос истих вредности, P_g тј. Између P_{ga} и A_g чије одступање од 1, (100%) говори само о грешци приликом израчунавања или мерења.

Вредност показатеља $P_a = q_p P_t$ показује колика би оптерећеност карте требала да буде према златном пресеку за сваку карту појединачно.

Један од начина регулисања графичке оптерећености тематске карте је преко одређивања величине базне вредности показатеља (G) и дефинисања базног скалара знака S . Да ли ће базна вредност показатеља (G) бити минимална, максимална, просечна или нека друга вредност зависиће од развијености појаве, величине карте, равномерности, односно неравномерности локацијске одређености картиране појаве и др. О свим овим факторима треба водити рачуна приликом израде тематских карата. Семиоразмерно картографисање јесте један од начин конструкције тематске карте. У алгоритму који следи можемо да претпоставимо аутоматизацију у процесу семиоразмерног картографисања којом је омогућена израда тематских карата у оквирима златног пресека.

Савремени ГИС софтвери су у могућности да аутоматски, задавањем одређених величина, исцртавају готове тематске карте са знаковима различитих облика и величина: кругова, одсечака, стубова... којима се могу учавати апсолутне, релативне, упоредне и друге вредности (на пример: број становника према пописним годинама, упоређење пољопривредно и индустријско активног становништва, процентуално упоређење националне структуре становништва и др.). Овакав начин представљања квантитативних величина има за проблем управо локацијску неравномерност и недоследност као и немогућност учављања графичке оптерећености карте, па су чести случајеви квантитативно изузетно прецизних показатеља појава кроз симболе али зато или претерано ситних и ретко позиционираних или претерано збијених знакова са пуно преклопних површина.

Зато је неопходно увођење одређеног алгоритма који би примењен у ГИС или другим ГИС подржаним софтверима, према задатим условима одређивао величину базне вредности показатеља (G) и базног скалара (S) који би били давали вредности скалара знакова ($s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$) у складу са оптималном графичком оптерећеношћу карте.

Алгоритам

1. Улазни подаци: $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ (вредност показатеља појаве која се карта. На пример: број становника, саобраћајна структура, полна, старосна или национална структура становништва и др.)



2. $G = g_{\min}$ (базна вредност)

∨

$G = g_{\max}$

∨

$G = g_{sr}$



$$3. P_{sr} = \frac{P_t \cdot 0.2}{n_g} \text{ za } G = g_{\min}$$

P_t – Тематизована површина карте.

Површина (целина или део) тематске карте са позицијама фигура знакова картографисане тематике

$$P_t \leq P$$

$$P_{sr} = \frac{P_t \cdot 0.382}{n_g} \text{ za } G = g_{\max}$$

$$P_{sr} = \frac{P_t \cdot 0.3}{n_g} \text{ za } G = g_{sr}$$



4.

$S = f(P_{sr})$ Базни скалар. Ова функција зависи од тога која врста знака се картира (круг, стубови, коцке, квадрати и др.)



5. $T = \frac{G}{S^2}$ Валерни сводитељ.



6. $s_{1,2,3...n} = \sqrt{\frac{g_{1,2,3...n}}{T}}$ s – скалар знака



7. $F_x = f(s_x)$ Ова функција зависи од тога која врста знака се картира (круг, стубови, коцке, квадрати и др.)



8. $P_g = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$



$$9. A_g = f(P) = \frac{P_g}{P_i}$$



$$10. 0.381 \geq A_g \geq 0.2$$

а) Ако није: $0.382 \geq A_g \geq 0.2$ променити S: $\longrightarrow S \pm 1$ (ако је A_g веће од 0,382, онда $S = S - 1$, ако је A_g мање од 0,2, онда је $S = S + 1$), следи корак 5., 6., ...9, све до испуњавања услова када је завршна фаза 11 према израчунатим вредностима s, из фазе 6, за крајњу вредност S.

б) $0.382 \geq A_g \geq 0.2$ - Уколико задовољава услов:



11. Фаза исцртавања знакова према израчунатим параметрима који збирно дају просечну вредност графичког оптерећења карте. Центар знака је референтна тачка за локацију на карти.

Десети корак у алгоритму јесте кључ за одређивање димензија знакова путем одабира базног скалара S и њему одговарајуће базне вредности G. Ово је уједно и основа за друга рачунања која би требало да буду у оквирима средње графичке оптерећености карте A_g .

Ако изаберемо за базну вредност $G = g_{\max}$ (за изабрану вредност S) онда, све вредности g ће дати: $s \leq S$, али ако изаберемо за базну вредност $G = g_{\min}$ онда ће све вредности g дати вредности: $s \geq S$.

Из ових разлога, избор вредности базног скалара S утиче и на избор базне вредности G. За $G = g_{\max}$ вредност S ће бити максималана на карти. Насупрот томе, за $G = g_{\min}$ вредност S би била минимална вредност на карти.

Закључна разматрања

На основу детаљне анализе репрезентативног узорка од 35 тематских карата различитих публикација, могу се изнети следећи закључци:

40% карата које су анализирани овом студијом су карте укупног оптерећења карте базних фигура знакова, A_g у вредности од 0.01 – 0.1

17.14% карата имају вредност укупног оптерећења базних фигура знакова, A_g у вредности од 0.1 – 0.2

25.71% карата имају вредност A_g од 0.2 – 0.381 (оптимално)

17.14% карата имају вредност A_g већу од 0.381.

Поред ових вредности требало би истаћи и следеће:

$$P_{ga_укупно} \% = 100 \frac{\sum P_g}{\sum P_a}$$

$$P_{ga_укупно} \% = \mathbf{48.137\%}$$

Из ове релације се може закључити да је збирна оптерећеност тематских карата нешто мало испод оптималне.

Такође су израчунате оптерећености карата појединачно:

57.14% карата има вредност P_{ga} мању од 52%

25.71% карата има вредност P_{ga} од 52% до 100%

17.14% карата има вредност P_{ga} већу од 100%

$$P_{g_укупно} \% = 100 \frac{\sum P_g}{\sum F_s}$$

$$P_{g_укупно} \% = \mathbf{95.35\%}$$

Из ове релације се може закључити да је укупна површина преклапања на свим картама збирно, једнака **4.65%** што и није велики показатељ. Међутим, број преклопних површина није једини фактор оптерећености карте, већ и њихова локацијска одређеност као и укупна површина под знаковима (Урошев Н., 2008).

Графичка оптерећеност тематске карте је оптимална у границама златног пресека али у границама позицијске тачности као и субјективног естетског доживљаја, на пример, фактор транспарентности, нијанси и комбинација боја знакова утичу на оптерећеност карте, као што је пример транспарентности симбола на картама.

Сви ови фактори, заједно са ауторском слободом дизајнирања карте, дају више информација битних за проучавање различитих области наука којима је тематска карта средство али и циљ изражавања.

Предлаже се увођење алгоритма који би у процесу семиоразмерног картографисања давао оне резултате који би уједно били оптимални за једну тематску карту и као такви допринели прегледности, мерљивости и читљивости те исте карте.

Литература

- Живковић, Д. (1989). Иновације о садржини тематских карата у настави географије, *Гласник Српског географског друштва*, свеска 69/1
- Лагатор Н. (2007). *Семиотричко изналажење графичке оптерећености тематске карте*, Београд: Географски факултет, магистарски рад
- Лагатор, Н., Милисављевић-Муждека, С. (2004). Презентација тематских карата у ГИС окружењу за потребе просторног планирања, *Зборник радова, Одрживи просторни, урбани и рурални развој Србије*, Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије
- Љешевић, М. и Живковић, Д. (2001). *Картографија*, Београд: Географски факултет
- Сретеновић, Љ. (1980). Семиоразмерно тематско картирање, *Зборник радова Географског завода*, свеска 27
- Сретеновић, Љ. (1982/83). Видови семиоразмерног картографисања, *Зборник радова Географског завода*, свеска 29/30
- Сретеновић, Љ. (1989). Аера-семиоразмерно картографисање тематике просторно-планерског атлас, *Зборник XIII конгреса географа СФРЈ*, Приштина
- Сретеновић, Љ. (1989). Семиоразмерно картографисање типова нумеричких вредности, *Гласник српског географског друштва*, свеска LXIX
- Сретеновић, Љ. (1989). Картографски метод у истраживању геопростора, *Научни скуп: Југословенски геопростор*, Београд: ЦМУ
- Сретеновић, Љ. (2007). Алгоритам семиоразмерног картографисања и семиотриксања, *Зборник радова Географског института, САНУ*, књ. 57, стр. 417-422.
- Урошев, Н. (2008). Анализа фактора утицаја на графичку оптерећеност тематске карте. *Гласник Српског географског друштва* 88 (3), 25–36.

THE APPLICATION OF ALGORITHM FOR INTRODUCTION OF THE AUTOMATIZATION IN PROCESS OF SYMBOL-SCALE MAPPING

NATAŠA UROŠEV¹

¹Republic Geodetic Authority, Belgrade, Serbia

Abstract: Beside the main subject, this paper will present principals of average graphical weight of thematic map. The algorithm is based on this subject and also on basics of symbol-scaled⁽²⁾ mapping. Maps are very often overloaded by symbols. The main goal of thematic mapping is to represent the quantitative and qualitative characteristics of the occurrences in geospace. These two factors are combined in this algorithm. Modern GIS software has possibility to create thematic maps by methods of signs, cartograms and cart diagrams. These are very precise maps and they are presenting distinctive occurrence but also very graphical chaotic with lot of overcastted areas that are overloading the map. These are the reasons why it's necessary to create this algorithm which would give some balance among boundaries of thematic map area.

Key words: Algorithm, symbol-scale mapping, graphical weight of the map.

Introduction

Based on study by Sretenovic (Sretenovic Lj., 2007), the new algorithm was created for automatization in process of symbol-scaled mapping. This algorithm is based on determination of parameters for symbol scaled mapping (The Basic Scalar - S, The Valer's factor - T, The Basic Value - G, The Inication Value - g, The Scalar of Sign - s), and also on average graphical weight of thematic map, based on scared value of golden section of the length.

The example of 35 thematic maps from representative publications, atlases and websites in the Master's study "Semio-scale method of discovering graphic weight of thematic map" (Lagator N., 2007) is based on measuring, statistics elaboration by method of analysis and synthesis. Statistical systematization of over 1000 quantitative and 105 qualitative data from 35 thematic maps was done into 35 statistical tables. This is the way for establishing the structure of thematic maps that refers to graphical weight of figures of signs by symbol-metrical indications of appearances in the geospace.

The signs on each thematic map describe the qualitative and quantitative characteristics of the occurrences that are subject of mapping. They are also covering certain thematic map areas. Very often these signs are covering each other. There are some new terms in cartography like overcastted area which includes overlaid and covered areas.

Basics of Research

The initial hypothesis assumes that optimal graphical weight of thematic map is the one which is the nearest to area of "golden section", i.e. relation between sum of areas of basic figures of signs and thematic area of the map is round 0,382 ($P_a = 0,382P_t$, graphical weight of the map, according to golden section).

Based on researching of Sretenović in science discipline "the symbol-metric cartography", it was concluded that in theoretical-mathematical sense, the optimal graphical weight is based on theory of "golden section" of length.

* E-mail: natashaurosev@gmail.com

⁽²⁾ Semio-razmer (srb.) = Symbol-scale (eng.)

$$A = \frac{\sqrt{5}}{2} - 0.5$$

$$A = 0.618033988$$

Graphical weight of map area (P_a) responds to squared value of golden section of length

$$Pa = A^2 Pt = 0.38197 Pt,$$

where P_t – thematic area of map

In symbol-scaled constructing of figures of signs it is necessary to achieve following conditions:

1. That formation of figure of signs does not have compact positions. These positions would not give optimal graphical weight,
2. That the symbol-scaled dimensions of figures of signs give obvious information and visual perception about numerical values of occurrences that are mapping,
3. The possibility of symbol-scaled calculations of cartographic numerical values and possibility of giving the information of numerical characteristics of occurrences.

The influences on graphical weight are:

1. Chosen symbolscale, i.e. the volume of formation of sign figures,
2. Development of occurrences in space,
3. The generalization of thematic map,
4. The network position – location of occurrences (Urošev N., 2008).

For symbol-scaled mapping, it is necessary to take the primary size of figure as *valer of sign* (for example, area of the circle, volume of ball). For calculating the symbol-scale it is necessary to take longer straight parameter for *scalar of sign* (for example, diameter of the circle instead of its radius), because it enables getting more accurate values for symbol-scaled mapping.

It is well known that the figures of signs are situated in centre of objects that are presenting. If the thematic of map is abound then the construction of figure of signs needs to be adjusted to good overview of contents. The consequences of these actions are the signs that are partly or completely covering each other (*overlaid area F_p* —partly overlaid each other; *covered area F_o* —they cover sign with their entire area). In order to calculate the graphical weight of thematic map with figures of signs we need to eliminate covered and overlaid areas. These two areas make *overcastted area F_k* .

The connected signs positioned on the map have certain blank space (interspace area). The graphical definition of figure of signs is the construction between border line of figure and interspace area.

Definitions of Areas of Symbol-scaled Figures of Signs on Thematic Map

The formation of figures of signs

Figures that are projected by symbol-scale method and positionally constructed on thematic map, are performing formation of all figures of signs individually.

Formation of all figures of signs (N_s) located on the map is composed by two parts:

$$N_s = N_b + N_o :$$

N_s – Entire number of signs

N_o – Number of covered signs,

N_b – Basic signs' figures:

- individual– separated figures of signs,
- sign figures with covered figures,

- crossing figures of signs – figures with segments.

Area of sign figures

- F_1 Area of plani-metric signs figures (assuming the area of individual sign and area of the figure constructed of several signs) and
 F_2 Plani-metric area of projection constructed by stereometric sign's figure from 3D perspective.

Overcastted areas of sign figures

- f Covered area of basic sign's figure and
 f' Overlaid area (segment) of basic sign's figure.

Sum of areas of sign's figure formation

- F_s Sum of all areas of sign figures formation,
 $F_s = F_b + F_0 = F_1 + F_2 + \dots + F_n = P_g + F_k$ (in text: formation of signs)

- F_b Sum of areas of basic formation of signs,
 $F_b = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ (in text: basic signs),

- F_0 Sum of covered formation of signs figures,
 $F_0 = f_1 + f_2 + \dots + f_n = F_s - F_b = F_s - (P_g + F_p) = F_k - F_p$,

- F_p Sum of overlaid formation of signs figures,
 $F_p = f'_1 + f'_2 + \dots + f'_n = F_s - (P_g + F_0) = F_b - F_g = F_k - F_0$,

- F_k Sum of overcastted formation of signs figures (covered and overlaid)
 $F_k = F_0 + F_p = F_s - P_g$.

The graphical weight of the map by areas of sign figures

- F_g Graphical weight by one sign's figure,
 $F_g = F$; $F_g = F - f'$,

Graphical weight by formation of signs figures

- P_g $P_g = F_{g1} + F_{g2} + F_{g3} + \dots + F_{gn} = \underline{F_s} - \underline{F_k} = F_b - F_p$ (in text: basic figures of signs).

Notices:

- 1) The area of plani-metric figure of the sign projected in perspective and positioned on the map is presenting the plan metric area of the sign in determination of the graphical weight of the map. For example, symbol- scaled area of the circle is projected in ellipse.
- 2) We are using the same units for indicate the plani-metric and stereo-metric figures of the signs in symbol – scaled method defining and analyzing those figures of signs.
- 3) The consequence of positions of constructed projections of cartographic signs is the phenomenon of overlaid and covered areas.
- 4) The calculation of overcastted (overlaid and covered) areas is the same for stereo-metric as for plani-metric figures of signs.
- 5) If there are different types of formations of signs on the thematic map they have to be calculated all together without difference within them.
- 6) The positions of projections of the signs have to be precisely on their coordinate positions in the space as on the map.

Sometimes these positions of the signs have for consequence the phenomenon of the parts of the signs out of the thematic map area that are also concluded for summarizing the area under the signs.

Statistical Review of Research

The following table is denoting basic elements that are important for further analysis of graphical weight of thematic map. There were 35 tables for 35 thematic maps that were presenting the indicators and values of the graphical weight.

Table 1. Overview of Statistical Unit of 35 Thematic Maps

Number	Description
1.	ATLAS NAME
1.1	MAP NAME, MAP SCALE
1.1.1	THEMATIC MAP AREA, P_t
2.	TYPE OF SIGNS (circles, squares, lines...)
2.1	THE SMALLEST SIGN (area, parameter), F_{min}
2.2	THE LARGEST SIGN (area, parameter), F_{max}
2.3	RELATIONS BETWEEN SIGNS, $q = F_{min} / F_{max}$
3.	AREA OF ALL FIGURES OF SIGNS FORMATION, (symbol-scaled area), F_s
3.1	SUM OF NUMBER OF SIGNS, N_s
3.1.1	AVERAGE SIGN DIMENSION, (average graphical weight under one sign), F_s/N_s
4.	SUM OF OVERLAID AREA, F_p
4.1.	NUMBER OF OVERLAID SIGNS, N_p
4.1.1	AVERAGE VALUE OF OVERLAID SIGNS, $F_{p\emptyset} = F_p/N_p$
5.	SUM OF COVERED AREA, F_o
5.1	NUMBER OF COVERED SIGNS, N_o
5.1.1	AVERAGE VALUE OF COVERED SIGNS, $F_{o\emptyset} = F_o/N_o$
6.	Sum of basic sign's areas, $F_b = F_s - F_o$
6.1	Number of basic signs, $N_b = N_s - N_o$
6.1.1	Average basic sign's area, $F_{b\emptyset} = F_b / N_b$
6.1.2	Percent of basic sign's areas, $F_b\% = 100F_b / F_s$
7.	SUM OF OVERCASTTED AREAS, $F_k = F_o + F_p$
7.1	Percent of overcastted areas, $F_k\% = 100F_k / F_s$
8.	GRAPHICAL WEIGHT WITH FIGURES OF SIGNS' FORMATION (basic sign figures), $P_g = F_s - (F_p + F_o) = F_s - F_k$
8.1	NUMBER OF SIGNS WITHOUT COVERED AREAS (basic signs), ($N_b = N_s - N_o$)
8.1.1	Average graphical weight of basic figures of signs, $P_{g\emptyset} = P_g/N_b$
8.1.2	Percent of graphical weight with formation of signs, $P_{g1}\% = 100P_g / F_s$
8.1.3	Percent of graphical weight with basic signs, $P_{g2}\% = 100P_g / F_b$
9.	$P_a = q_p P_t$ Graphical weight of thematic map (according golden section)
10.	$P_{ga}\% = 100 P_g / P_a$ Percent of graphical weight (according golden section)
11.	$A_s = F_s/P_t$ Sum of graphical weight of map by formation of signs
12.	$A_g = P_g/P_t$ Sum of graphical weight with basic figures of signs

The Analysis and Review of Condition of Thematic Maps in This Research

Graphical weight of thematic map (according to golden section), P_a is representing sum of areas which should be under basic figures P_g in harmony with golden section. According to this fact, percent of graphical weight (according to golden section) P_{ga} should be 100% by assuming hypothesis for optimal graphical weight. Everything above 100% is large weight, and below 100% is between limits of average weight.

If value of P_{ga} is around 100%, then A_g should be around 0.381966. This two values are conected i.e. proportional.

Values of percent of the graphical weight of thematic map (according to the golden section), $P_{ga}\% = 100 P_g / P_a$ give relation between sum of areas of basic signs figures (P_g) and assuming graphical weight of thematic map's area. ($P_a = q_p P_t = 0.382 P_t$).

As we assumed that optimal graphical weight of thematic map is in value of A_g from 0.2 to 0.382, we can conclude that:

$$A_g = 0.2 = \frac{P_g}{P_t}; \quad P_t = \frac{P_g}{0.2}$$

$$P_a = 0.381 \cdot \frac{P_g}{0.2}; \quad P_a = 1.905 \cdot P_g$$

$$P_{ga}\% = 100 \cdot \frac{P_g}{1.905 \cdot P_g} = 52\%$$

The conclusion of these relations is that all the values of $P_{ga}\%$ smaller than 52% are values of small graphical weight;

Values of $P_{ga}\%$ from 52% to 100% are values of average graphical weight;

Values of $P_{ga}\%$ larger than 100% are values of large graphical weight

The supposition that optimal graphical weight of thematic map is between values A_g from 0.2 to 0.382 has been proved by result of minimal average value of percent of graphical weight (according to golden section), P_{ga} has value 52% (50%, middle-average value gives value of A_g 0.2).

Percent of graphical weight of thematic map $P_{ga}\%$ (according the golden section) in relation between sum of graphical weight by signs A_s , and graphical weight under basic figures of signs A_g , gives us sum of percentual values that refers to relations of quantitative characteristics of occurrences for mapping.

In the following formulas there will be presented percents of graphical weight of thematic map in relation with weight according to the golden section:

$$A_s \text{ or } A_g : P_{ga}\% = 0.381966 : X$$

$$X = \frac{0.381966 \cdot P_{ga}}{A_s \vee A_g}$$

$$X = \frac{q_p \cdot P_{ga}}{A_s \vee (A_g)} = \frac{\frac{P_g}{P_t} \cdot q_p}{A_s \vee (A_g)}$$

$$X = \frac{\frac{P_g}{P_t}}{\frac{F_s \vee \left(\frac{P_g}{P_t} \right)}{P_t}} = \frac{P_g}{F_s \vee (P_g)}$$

$$X_1 = \frac{P_g}{F_s} \quad X_2 = \frac{P_g}{P_g}$$

These relations give us information about:

– X_1 relations between sum of numerical value of basic figures of signs, P_g and symbol-scaled area F_s which resignation from 100% presents percent of sum of numerical value of covered and overlaid areas

– X_2 relations between same values, P_g which resignation from 1, (100%) is related to error in process of measurement.

The value of P_a ($P_a = q_p P_t$) indicates the expected graphical weight, according to golden section for each map.

Overloading the map can be changed by changing basic scalar (S) or basic valer (G) in process of symbol-scaled mapping if we choose this method for constructing thematic map. Large amplitude between extreme quantitative values of indicators of occurrences

gives large amplitude between minimal and maximal dimensions of signs. These are factors that are very important in symbol-scaled mapping.

Modern GIS softwares are capable to make a thematic map automatically, by determinating values of occurrences and by automatically giving different sign dimensions and shapes like circles, pies, colonnade, squares etc. (f.e. number of inhabitants in inventoried years or comparing agricultural and industrial active inhabitants or comparing the percent of national structure of inhabitants). This method of representing quantitative characteristics of occurrences has problem to determine location and uncontrolled graphical weight with signs that have great number of overcasted areas.

These factors are motive for introducing the algorithm (automatization in cartography) for determination basic scalar (S) and other scalars of signs (s) for constructing the signs. Algorithm is based on average graphical weight determination for map. If chosen basic scalar does not give the sum of values of all signs in boundaries of average graphical weight (golden section) then the procedure of finding basic scalar should be repeated until we got right values of graphical weight.

Algorithm

This is one of methods for calculating dimensions of signs for making thematic map by installing automatization in this discipline of cartography.

1. The entering data, the serial of numerical values of thematic map contents:

g_1, g_2, \dots, g_n (for example, number of inhabitants, industry structure etc)



G – the Basic numerical value of exhibited serial of occurrences

2. $G = g_{\min}$ (basic value)

or

$G = g_{\max}$

or

$G = g_{\text{average}}$

G – is choice from group of $g_{\min}, g_{\max}, g_c, g, \dots$; G - correspond to F or V



$$3. P_{\text{average}} = \frac{P_t \cdot 0.2}{n_g} \text{ for } G = g_{\min}$$

P_t – Thematic map area

Area (part or whole) of thematic map with positions of signs ($P_t \leq P$)

$$P_{\text{average}} = \frac{P_t \cdot 0.382}{n_g} \text{ for } G = g_{\max}$$

$$P_{\text{average}} = \frac{P_t \cdot 0.3}{n_g} \text{ for } G = g_{\text{average}}$$



4. S – is basic scalar of figure of sign formation that we are choosing for chosen basic value
 $S = f(P_{average})$ Determination of basic scalar. This function depends of type of sign that we are mapping (circle, squares, colonnades etc.)



5. $T = \frac{G}{S^2}$ Valer's factor.



6. $s_{1,2,3...n} = \sqrt{\frac{g_{1,2,3...n}}{T}}$ s – scalar of sign (value of radius of circle or, side of square)



7. $F_x = f(s_x)$ This function depends of which type of sign is mapping



8. $P_g = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$



9. $A_g = f(P) = \frac{P_g}{P_t}$



10. $0.381 \geq A_g \geq 0.2$

If condition is not : $0.382 \geq A_g \geq 0.2$ we have to change S : $\longrightarrow S = S \pm 1$ (if A_g is larger then 0,382, then $S = S - 1$, if A_g less then 0,2, then $S = S + 1$), after those changing S we repeat steps 6., 7 ...10, all over again until we get correct relation in step 11.

If condition is correct than:



11. Phase of drawing signs according to calculated parametars that are giving average value of graphical weight. Centre of sign is referent point for locality of sign on the map.

Tenth step of this algorithm is the key for determination all dimensions of the signs by choosing basic scalar S and it's correspond basic value G . This is the base for all other calculations which have to be between values of average graphical weight A_g . If we choose that the basic value is $G = g_{\max}$ (for chosen value of S) then, all values of g will give $s \leq S$, but if we choose the basic value $G = g_{\min}$ then all values of g will give $s \geq S$. From these reasons, the choise of S values depends of choise of G values. For $G = g_{\max}$ value of S will be maximal value on the map and on the other way, for $G = g_{\min}$ value of S will be minimal value on the map.

Conclusion

This researching was based on analysis of 35 representative thematic maps of various atlases, publications, web sites, planes etc. using different science and special cartographic methods. As a conclusion, there were given limits for maintain the start hypothesis:

- 40%** of maps in this study with graphical weight of basic figures of signs, A_g in values between 0.01–0.1,
- 17.14%** of maps have value of A_g between 0.1–0.2,
- 25.71%** of maps have value of A_g between 0.2–0.382 (optimal),
- 17.15%** of maps have value of A_g larger than 0.382.

Besides these values it should be emphasis:

$$P_{ga_sum} \% = 100 \sum P_g / \sum P_a$$

$$P_{ga_sum} \% = \mathbf{48.137\%}$$

From this relation we can conclude that the total graphical weight of thematic maps is little below optimal.

The folowing percents are showing the calculated graphical weight of each map individually:

- 57.14%** of maps has value P_{ga} smaller than 52%,
- 25.71%** of maps has value P_{ga} from 52% to 100% and
- 17.14%** of maps has value P_{ga} larger than 100%.

$$P_{g_sum} \% = 100 \sum P_g / \sum F_s$$

$$P_{g_sum} \% = \mathbf{95.35\%}$$

From this relation we can conclude that the total overcassted area of all maps together is **4.65%**, which is not large indicator of graphical weight. The number of overcassted areas isn't the only factor of graphical weight of map but also the location of signs and total are under them (Urošev N., 2008).

The graphical weight of thematic map is optimal not only in boundaries of golden section, but also in boundaries of punctual positions of signs and subjective estetical experience (for example, factor of transparency, shade, the combination of colors). All these factors with author's freedom of designing maps give us plenty of information relevant for researching in different sciences that have thematic map as an instrument or the goal of that research.

The main intention to contribute the lucidity, measurable and readable of thematic map is introducing the algorithm which should give us the optimal values in process of symbol-scaled mapping.

References

See References on page 248