

ПОДХОД И ИЗЧИСЛИТЕЛНА СХЕМА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ КОНДИЦИЈАТА НА ГРАВИМЕТРИЧНИТЕ И МАГНИТНИТЕ КАРТИ

Стефан Димовски

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; dimovski@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Съставен е алгоритъм и е разработена компютърна система за оценка плътността на разпределението (кондицията) на измервателни точки в правоъгълен планшет (картен лист). Системата е разработена за разнoвариантна оценка на кондицията на измервателните точки в картните листове на магнитната карта на България в мащаб 1:100 000. Тя може да се използва за оценка на кондицията на гравиметричните и магнитни карти в зависимост от поставената целева задача за мрежа със зададен ъгъл на ориентиране на профилите спрямо правоъгълния планшет и при зададена елементарна площ, за която се удовлетворяват методическите изисквания. Приложеният подход и програмните модули позволяват компютърната система да се използва за оценка кондицията на фактическия материал за всички геофизични и други карти.

ALGORITHM AND COMPUTER SYSTEM FOR ESTIMATING DATA DENSITY OF GRAVITY AND MAGNETIC MAPS

Stephan Dimovski

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700

ABSTRACT. An algorithm is proposed and a computer system is elaborated for estimating data density of the observation stations located in a rectangular map sheet. The initial objective of the study was to evaluate data density (map resolution) of the map sheets of the magnetic map 1:100 000 of Bulgaria. The developed computer system can be used for estimating data density of gravity and magnetic maps according to the particular task – for a set of lines striking in a given direction towards the initial rectangular map sheet, and for a specific elementary area. The applied approach and the developed program modules make possible the application of the proposed system for evaluating data density of observation stations of different types of maps (geophysical, geological, etc.).

Въведение

Целевата насоченост на гравитационните и магнитните изследвания определя изискванията към методиката на снимките. Един от основните въпроси на методиката е разположението на профилите и точките на измерване, което определя кондицията (гъстотата) на снимката.

Разположението на профилите и точките на измерване зависи от характера на снимката. Тя може да бъде площна или профилна. При равномерната площна снимка измервателната мрежа е близка до квадратната. Тя дава най-пълна характеристика на изучаваното поле за определен мащаб и дава възможност да се построи карта на полето с еднаква и равномерна кондиция. При търсещо-проучвателни снимки, ако е известно, че търсените структури са изтеглени в определена посока, обикновено проектираната площна снимка е неравномерна. Напротив на известната посока, в която са изтеглени търсените или проучвани структури, се проектира мрежа от профили с разстояние между тях L и точки по профилите със стъпка l . Отношението на разстоянието между точките на наблюдение l и разстоянието между профилите L не трябва да бъде по-малко от 1:10 ($l/L \geq 1/10$).

В някои случаи се извършва снимка по отделни профили, разположени на разстояние, което не позволява да се построи достоверна карта на изолиниите, а се представя само разпределението на полето по тези профили. Такава профилна снимка се планира само за предварителна оценка на ефективността на метода или при детайлизация по отделни профили - измервания с по-голяма гъстота и по-висока точност за целите на количествената интерпретация.

Кондиция на измервателната мрежа

Оценката за оптимална гъстота на измервателна мрежа е един от най-сложните и в известна степен все още дискуссионни въпроси на методиката на гравитационните и магнитните изследвания. Натрупаните практически резултати от гравитационните и магнитни снимки в различни геоложки условия позволяват да се дефинират някои основни положения за избор на гъстотата на измервателната мрежа и да се определят рационални съотношения между точността на снимката и гъстотата на мрежата при гравитационните снимки (Димитров, 1976; *Гравиразведка*, 1981). Изискванията към гъстотата на измервателната мрежа и точността при различни гравиметрични снимки са систематизирани в Таблица 1.

Таблица 1. Систематизирани данни за изискванията към гъстотата на измервателната мрежа и точността при различни гравиметрични снимки

Мащаб на картата или графика	Сечение на изолиниите, mGal	Точност на снимката (средно-квадратична грешка), MGal	Грешка при интерполацията, MGal	Гъстота на мрежата при площна снимка – площ, в която се разполага една измервателна точка km ²	Гъстота на мрежата при профилна снимка – разстояние между точките, m
Дребномащабна гравиметрична снимка					
1:2 500 000	10	до $\pm 0,5$	до $\pm 4,0$	150-400	5 000-10 000
1:1 000 000	10	до $\pm 0,5$	до $\pm 4,0$	150-140	5 000-10 000
1:1 000 000	5	до $\pm (0,3-0,4)$	до $\pm 2,0$	25-10	2 500-5 000
Средномащабна и едромащабна гравиметрична снимка					
1. Равнинни райони					
1:500 000	5	до $\pm (0,3-0,5)$	до $\pm 2,0$	25-10	2 500-5 000
1:200 000	2	до $\pm (0,3-0,4)$	до $\pm 1,0$	10-4	1 000-2 000
1:100 000	2	до $\pm 0,3$	до $\pm 1,0$	10-4	1 000-2 000
1:100 000	1	до $(\pm 0,3-0,2)$	до $\pm 0,5$	4-1	500-1 000
1:50 000	0,50	до $\pm 0,15$	до $\pm 0,35$	1-0,5	200-500
1:50 000	0,25	до $\pm 0,08$	до $\pm 0,20$	0,25-0,08	50-250
1:25 000	0,25	до $\pm 0,07$	до $\pm 0,20$	0,08-0,03	50-250
1:25 000	0,20	до $\pm 0,06$	до $\pm 0,15$	0,06-0,02	20-100
1:10 000	0,20	до $\pm 0,05$	до $\pm 0,15$	0,05-0,01	20-100
1:10 000	0,10	до $\pm 0,04$	до $\pm 0,07$	0,04-0,008	10-50
1:5 000	0,10	до $\pm (0,04-0,03)$	до $\pm 0,07$	0,03-0,006	10-50
1:5 000	0,05	до $\pm 0,02$	до $\pm 0,03$	0,02-0,005	5-25
2. Планински райони					
1:500 000	5	до $\pm 0,5$	до $\pm 3,0$	25-10	2 500-5 000
1:200 000	2	до $\pm (0,5-0,4)$	до $\pm 1,5$	10-4	1 000-2 000
1:100 000	2	до $\pm 0,4$	до $\pm 1,5$	10-4	1 000-2 000
1:100 000	1	до $(\pm 0,3-0,25)$	до $\pm 0,7$	4-1	500-1 000
1:50 000	1	до $\pm 0,25$	до $\pm 0,7$	1-0,5	200-500
1:50 000	0,50	до $\pm 0,08$	до $\pm 0,35$	0,25-0,08	50-250
1:25 000	0,25	до $\pm 0,06$	до $\pm 0,20$	0,06-0,02	20-100
1:10 000	0,20	до $\pm 0,06$	до $\pm 0,15$	0,05-0,01	20-100
1:5 000	0,10	до $\pm (0,06-0,05)$	до $\pm 0,07$	0,03-0,006	10-50
1:2 000	0,10	до $\pm 0,05$	до $\pm 0,06$	0,01-0,004	5-25
1:1 000	0,10	до $\pm 0,04$	до $\pm 0,05$	0,005-0,001	5-25

Систематизираните данни в таблица 1 илюстрират универсализирани изисквания. Следва да се посочат обаче и някои методични постановки, утвърдени при проектирането на гравиметричните снимки. Гъстотата на измервателната мрежа трябва да бъде достатъчна, за да се отбележат достоверно особеностите на гравитационното поле, които отразяват влиянието на търсените обекти. Тези обекти трябва да се регистрират с не по-малко от три последователни точки. При търсещо-проучвателните снимки стъпката (разстоянието между измервателните точки) l по профилите, разположени напречно на простиранието на изучаваните обекти, трябва да бъде минимум 2-3 пъти по-малко от дълбочината до смутителите. При налагането на допълнителни изисквания за целите на количествената интерпретация, гъстотата на измервателната мрежа

следва да осигури изменение на силата на тежестта между две съседни точки, която не превишава трикратната точност на измерванията.

Изискванията към гъстотата на измервателната мрежа при магнитопроучвателните работи се определя формално от условия мащаб (Димитров и Ставрев, 1986; Магниторазведка, 1990) - Таблица 2.

За големи територии, какъвто е случаят например с представянето на гравитационната и магнитната карта на България в М 1:100 000, гравитационните и магнитните измервания в отделните участъци са с различна гъстота и точност. Това налага изискванията за удовлетворяване на необходимата кондиция да се оценяват конкретно и в съответствие с поставените задачи.

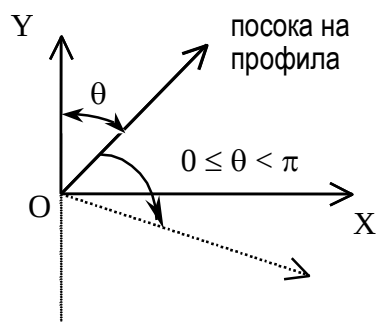
Таблица 2

Гъстота на измервателната мрежа при магнитните снимки

Мащаб на снимката	Категория на мащаба	Разстояние между профилите, m		Разстояние между измервателните точки за наземната снимка, m
		Вид на снимката		
		Аеромагнитна	Наземна	
1:2 500 000	Дребен	25 000	-	-
1:2 000 000	»	20 000	-	-
1:1 000 000	»	10 000	-	-
1:500 000	Среден	5 000	-	-
1:200 000	»	2 000	2 000	200-400
1:500 000	»	1 000	1 000	100-200
1:50 000	Едър	500	500	50-100
1:25 000	»	250	250	20-50
1:10 000	»	100	100	10-40
1:5 000	»		50	5-20
1:2 000	»		20	5-10
1:1 000	»		10	2-5

Алгоритъм и компютърна програма за оценка кондицията на гравитационни и магнитни карти

Разработеният алгоритъм е ориентиран към оценка кондицията на измервателни точки в правоъгълен планшет (картен лист). Кондицията се определя за общия случай на мрежа със зададен ъгъл θ на ориентирание на профилите спрямо правоъгълния планшет и зададена елементарна площ, за която се удовлетворяват методическите изисквания за конкретната задача (Фиг. 1). Ако изследваният правоъгълен планшет е в координатната система XOY профилите могат да бъдат ориентирани под ъгъл θ , който е в обхвата от 0 до π .



Фиг. 1. Илюстриране ориентиранието на профилите на зададената мрежа спрямо координатната система на изследвания планшет.

Ако разстоянието между профилите е L , а между точките на измерване по профилите е l , елементарната площ ще бъде $L \times l$. Представянето на тази елементарна площ при $0 \leq \theta \leq \pi/2$ се илюстрира на фиг. 2, а при $\pi/2 < \theta < \pi$ - на фиг. 3. За всяка елементарна площ следва да се определи присъствието или отсъствието на измервателна точка. За двата възможни диапазона на ъгъл θ се прилага конкретен подход, като и в двата случая се изследват само "цели" елементарни площи, т.е. непълните елементарни площи по периферията на планшета не се изследват за кондиция.

Подходът за определяне на кондицията на елементарните площи се илюстрира на фиг. 4 и фиг. 5.

Въз основа на приетите обозначения, използваните разстояния за определяне координатите на елементарните площи са както следва.

За $0 \leq \theta \leq \pi/2$ (фиг. 2 и фиг. 4):

$$X_L = L / \cos \theta; \quad Y_L = L / \sin \theta$$

$$\Delta X_L = L \cdot \cos \theta; \quad \Delta Y_L = L \cdot \sin \theta$$

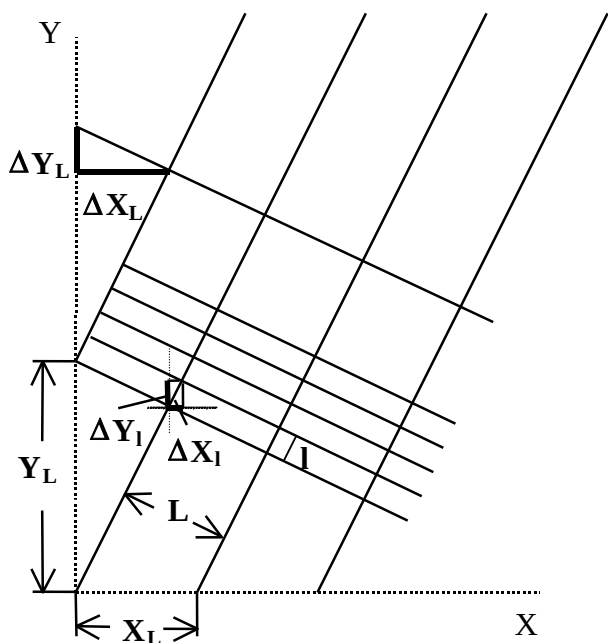
$$\Delta X_l = l \cdot \sin \theta; \quad \Delta Y_l = l \cdot \cos \theta$$

За $\pi/2 < \theta < \pi$ (фиг. 3 и фиг. 5):

$$X_L = L / \cos (180-\theta); \quad Y_L = L / \sin (180-\theta)$$

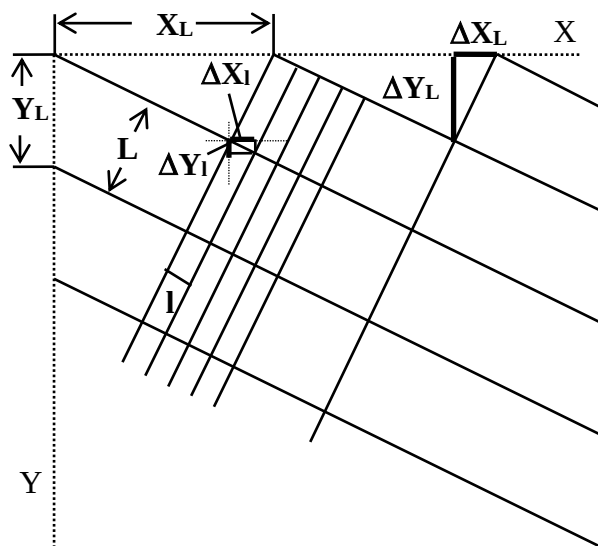
$$\Delta X_L = L \cdot \cos (180-\theta); \quad \Delta Y_L = L \cdot \sin (180-\theta)$$

$$\Delta X_l = l \cdot \sin (180-\theta); \quad \Delta Y_l = l \cdot \cos (180-\theta)$$



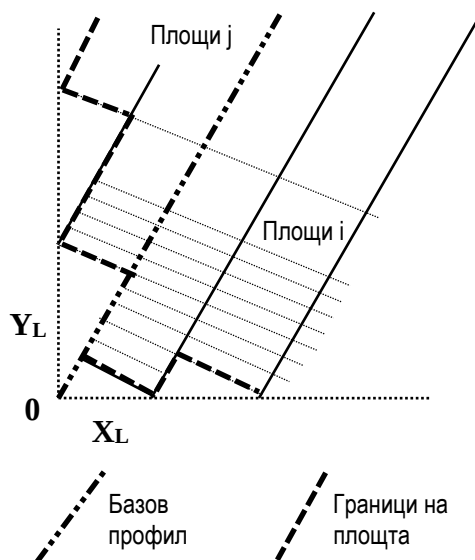
Фиг. 2. Представяне на елементарната площ на мрежата при $0 \leq \theta \leq \pi/2$

X_L и Y_L - разстояния между пресечните точки на профилите съответно с оста X и оста Y на изследвания планшет;
 ΔX_L и ΔY_L - разстояния между проекциите съответно на оста X и на оста Y на два последователни профила;
 ΔX_l и ΔY_l - разстояния между проекциите съответно на оста X и на оста Y на две последователни измервателни точки



Фиг. 3. Представяне на елементарната площ на мрежата при $\pi/2 < \theta < \pi$

X_L и Y_L - разстояния между пресечните точки на профилите съответно с оста X и оста Y на изследвания планшет;
 ΔX_L и ΔY_L - разстояния между проекциите съответно на оста X и на оста Y на два последователни профила;
 ΔX_l и ΔY_l - разстояния между проекциите съответно на оста X и на оста Y на две последователни измервателни точки



Фиг. 4. Илюстриране на границите на площта, за която се определя кондицията на измервателните точки в изследваната територия при $0 \leq \theta \leq \pi/2$

Анализът на кондицията за изследвания планшет при $0 \leq \theta \leq \pi/2$ (фиг. 2 и фиг. 4) започва от сектор с начални координати $X_{1(1)} = 0$ и $Y_{1(1)} = Y_L$.

Последователно се изследват елементарните площи (правоъгълници) $j = 1, 2, 3, \dots$, съответно с върхове в последователност по часовниковата стрелка:

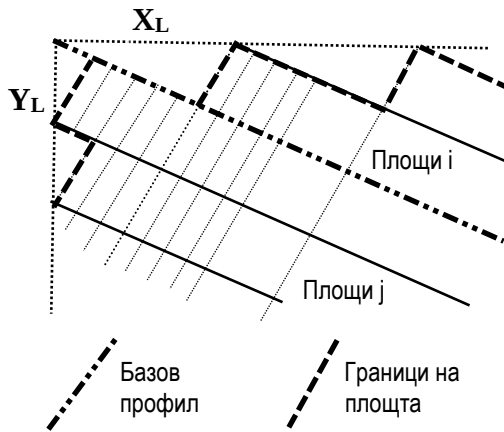
$$\left. \begin{aligned} X_j^{(1)} &= X_{j-1}^{(1)} + \Delta X_l & Y_j^{(1)} &= Y_{j-1}^{(1)} + \Delta Y_l \\ X_j^{(2)} &= X_j^{(1)} + \Delta X_L & Y_j^{(2)} &= Y_j^{(1)} + \Delta Y_L \\ X_j^{(3)} &= X_j^{(2)} + \Delta X_L & Y_j^{(3)} &= Y_j^{(2)} - \Delta Y_L \\ X_j^{(4)} &= X_j^{(3)} - \Delta X_l & Y_j^{(4)} &= Y_j^{(3)} - \Delta Y_l \end{aligned} \right\} (1)$$

Определя се броят P на измервателните точки във всяка елементарна площ. Той може да бъде $P \geq 0$ – кондицията се удовлетворява или $P = 0$ – кондицията не се удовлетворява.

Анализът продължава до последната “пълна” елементарна площ за конкретния сектор, т.е. докато се удовлетворява условието:

$$\left(X_j^{(3)} \leq X^{\max} \right) \text{ AND } \left(Y_j^{(2)} \leq Y^{\max} \right) = \text{TRUE} \quad (2)$$

След приключване с този сектор се преминава към следващия, с начални координати $X_1^{(1)} = 0$; $Y_1^{(1)} = 2Y_L$ и този процес продължава докато се удовлетворява условието $nY_L < Y^{\max}$.



Фиг. 5. Илюстриране на границите на площта, за която се определя кондицията на измервателните точки в изследваната територия при $\pi/2 < \theta < \pi$

Анализът с преходи по абсцисата на планшета X (фиг. 2 и фиг. 4) започва от сектор с начални координати $X_1^{(1)} = X_L$ и $Y_1^{(1)} = 0$. Последователно се изследват елементарните площи $i = 1, 2, 3, \dots$, съответно с върхове в последователност по часовниковата стрелка:

$$\left. \begin{aligned} X_i^{(1)} &= X_{i-1}^{(1)} + \Delta X_L & Y_i^{(1)} &= Y_{i-1}^{(1)} + \Delta Y_L \\ X_i^{(2)} &= X_i^{(1)} - \Delta X_L & Y_i^{(2)} &= Y_i^{(1)} + \Delta Y_L \\ X_i^{(3)} &= X_i^{(2)} + \Delta X_L & Y_i^{(3)} &= Y_i^{(2)} + \Delta Y_L \\ X_i^{(4)} &= X_i^{(3)} + \Delta X_L & Y_i^{(4)} &= Y_i^{(3)} - \Delta Y_L \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Анализът продължава до последната “пълна” елементарна площ за конкретния сектор, т.е. докато се удовлетворява условието:

$$\left(X_i^{(4)} \leq X^{\max} \right) \text{ AND } \left(Y_i^{(3)} \leq Y^{\max} \right) = \text{TRUE} \quad (4)$$

След приключване с този сектор се преминава към следващия, с начални координати $X_1^{(1)} = 2X_L$; $Y_1^{(1)} = 0$ и този процес продължава докато се удовлетворява условието $mX_L < X^{\max}$.

Алгоритъмът за оценка на кондицията при $\pi/2 < \theta < \pi$ (фиг. 3 и фиг. 5) е разработен при аналогичен подход като анализът започва от сектор с начални координати $X_1^{(1)} = 0$ и $Y_1^{(1)} = Y^{\max} - Y_L$. Последователно се изследват елементарните площи $j = 1, 2, 3, \dots$, съответно с върхове в последователност по часовниковата стрелка:

$$\left. \begin{aligned} X_j^{(1)} &= X_{j-1}^{(1)} + \Delta X_L & Y_j^{(1)} &= Y_{j-1}^{(1)} - \Delta Y_L \\ X_j^{(2)} &= X_j^{(1)} + \Delta X_L & Y_j^{(2)} &= Y_j^{(1)} + \Delta Y_L \\ X_j^{(3)} &= X_j^{(2)} + \Delta X_L & Y_j^{(3)} &= Y_j^{(2)} - \Delta Y_L \\ X_j^{(4)} &= X_j^{(3)} - \Delta X_L & Y_j^{(4)} &= Y_j^{(3)} - \Delta Y_L \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Анализът продължава до последната “пълна” елементарна площ за конкретния сектор, т.е. докато се удовлетворява условието:

$$\left(X_j^{(3)} \leq X^{\max} \right) \text{ AND } \left(Y_j^{(4)} \geq 0 \right) = \text{TRUE} \quad (6)$$

След това се преминава към следващия сектор, с начални координати $X_1^{(1)} = 0$; $Y_1^{(1)} = Y^{\max} - 2Y_L$ и този процес продължава докато се удовлетворява условието $nY_L < Y^{\max}$.

Аналогично, анализът с преходи по абсцисата на планшета (фиг. 3 и фиг. 5) започва от сектор с начални координати $X_1^{(1)} = X_L$ и $Y_1^{(1)} = Y^{\max}$. Последователно се изследват елементарните площи $i = 1, 2, 3, \dots$, съответно с върхове в последователност по часовниковата стрелка:

$$\left. \begin{aligned} X_i^{(1)} &= X_{i-1}^{(1)} + \Delta X_L & Y_i^{(1)} &= Y_{i-1}^{(1)} - \Delta Y_L \\ X_i^{(2)} &= X_i^{(1)} + \Delta X_L & Y_i^{(2)} &= Y_i^{(1)} - \Delta Y_L \\ X_i^{(3)} &= X_i^{(2)} - \Delta X_L & Y_i^{(3)} &= Y_i^{(2)} - \Delta Y_L \\ X_i^{(4)} &= X_i^{(3)} - \Delta X_L & Y_i^{(4)} &= Y_i^{(3)} + \Delta Y_L \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

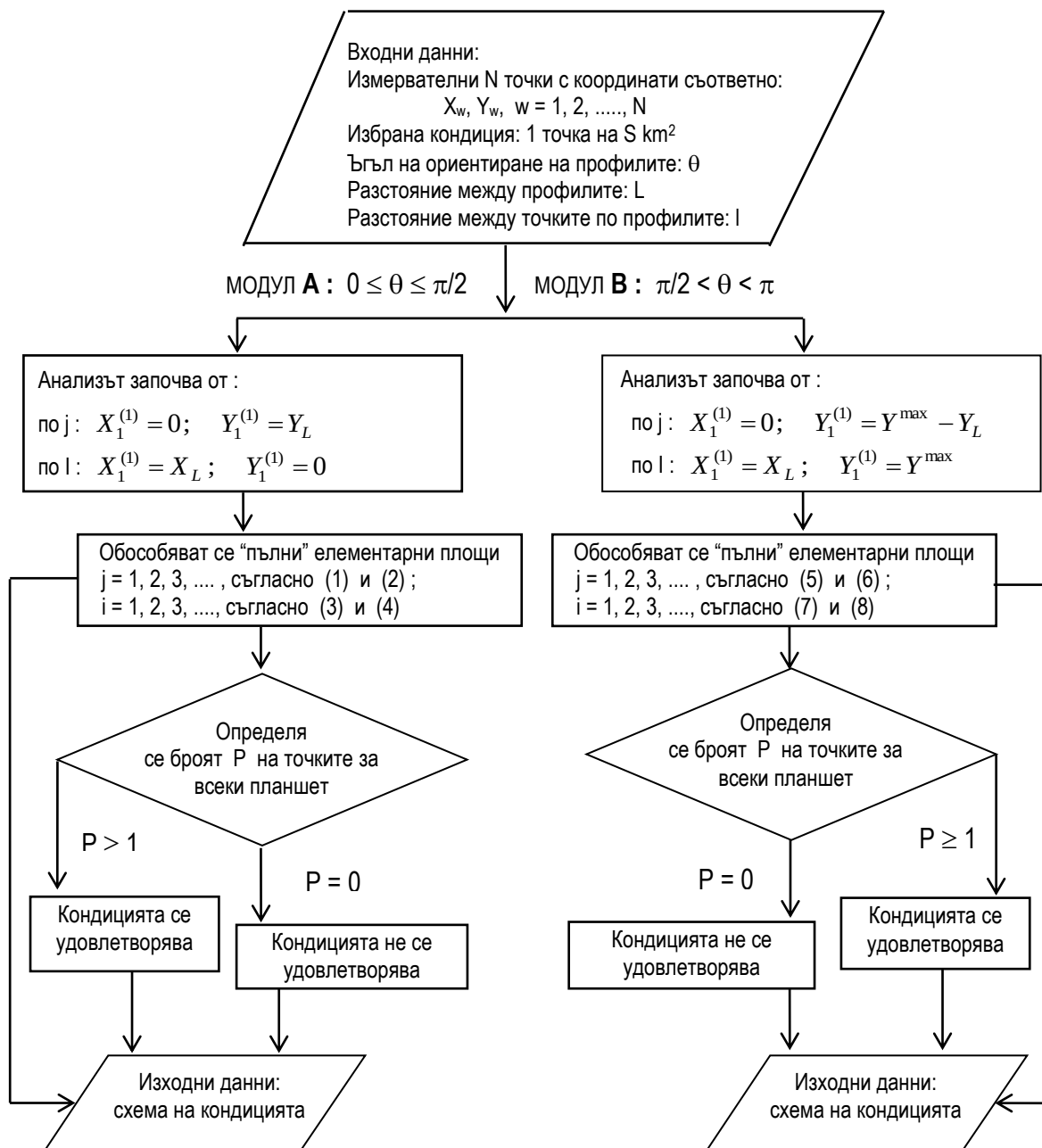
Анализът продължава до последната “пълна” елементарна площ за конкретния сектор, т.е. докато се удовлетворява условието:

$$\left(X_i^{(2)} \leq X^{\max} \right) \text{ AND } \left(Y_i^{(3)} \geq 0 \right) = \text{TRUE} \quad (8)$$

След приключване с този сектор се преминава към следващия, с начални координати $X_1^{(1)} = 2X_L$; $Y_1^{(1)} = Y^{\max}$ и този процес продължава докато се удовлетворява условието $mX_L < X^{\max}$.

Следва да се отбележи, че началото на координатната система за планшета като $X=0$ и $Y=0$ се приема условно за описание на възприетия подход при разработването на алгоритъма. В програмата началото на координатната система съответствува на $X = X^{\min}$ и $Y = Y^{\min}$.

Блок схемата на съставената програма за оценка на кондицията на гравитационните и магнитни карти е показана на фиг. 6.



Фиг. 6. Обобщена блок схема на съставената компютърна програма за оценка на кондицията на гравитационните и магнитни карти

Заклучение

Съставен е алгоритъм и е разработена компютърна система за оценка плътността на разпределение (кондицията) на измервателни точки в правоъгълен планшет (картен лист). Системата е разработена за разнoвариантна оценка на кондицията на измервателните точки в картните листове на магнитната карта на България в мащаб 1:100 000. Тя може да се използва за оценка на кондицията на гравиметричните и магнитни карти в зависимост от поставената целева задача:

- за мрежа със зададен ъгъл θ на ориентирание на профилите спрямо правоъгълния планшет;
- при зададена елементарна площ, за която се удовлетворяват методическите изисквания.

Приложеният подход и програмните модули позволяват компютърната система да се използва за

оценка кондицията на фактическия материал за всички геофизични и други карти.

Литература

- Димитров, Л. 1976. *Гравипроучване*. С., Техника, 290 с.
 Димитров, Л., П. Ставрев. 1986. *Магнитни методи в геофизиката*. С., МНП, 433 с.
Справочник геофизика. Гравиразведка. 1981. М., Недра, 397 с.
Справочник геофизика. Магниторазведка. 1990. М., Недра, 470 с.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Приложна геофизика", ГПФ