

39924

HUITIEME CONFERENCE CARTOGRAPHIQUE INTERNATIONALE
URSS, MOSCOU, AOUT, 1976

Par Chibanov G. P., Joukov V. M., Chiriaev E. E.

CODAGE ET RECEPTION A DISTANCE DES INFORMATIONS
CARTOGRAPHIQUES

(Le Comité National des cartographes de l'URSS)

Moscow, 1976

HUITIEME CONFERENCE CARTOGRAPHIQUE INTERNATIONALE

URSS, MOSCOU, AOÛT , 1976

Par Chibanov G.P., Joukov V.M., Chiriaev E.E.

CODAGE ET RECEPTION A DISTANCE DES INFORMATIONS
CARTOGRAPHIQUES.

(Le Comité National des cartographes de l'URSS)

Moscou, 1976

Универсальный документ
с запиской в двух
экземплярах

1320/46

39924

CODAGE ET RECEPTION A DISTANCE
DES INFORMATIONS CARTOGRAPHIQUES.

En vue de réduire les dépenses de travail pour cartographier des planètes et plus notamment des régions peu accessibles de la Terre, actuellement on utilise des vaisseaux spatiaux pilotés et ceux automatiques /KLA/ munis d'équipement de photographie et de télévision.

Les résolutions des problèmes liés à la navigation spatiale émettent des exigences particulières aux levés cartographiques des autres planètes.

Pour l'utilisation des photographies aériennes le traitement des films est effectué, en règle générale, dans les conditions terrestres ce qui limite l'efficacité économique de l'information cartographique reçue.

Quant à l'équipement de télévision, celui-ci est caractérisé par une consommation d'énergie élevée et une capacité de rendement réduite, en outre, il s'expose à l'action des brouillages et ne fonctionne que dans les conditions de la visibilité directe entre les vaisseaux spatiaux automatiques et les stations terrestres de réception d'informations.

Or, il serait rationnel de procéder au traitement préalable de l'information d'image directement au bord des vaisseaux en vue de la réduire à un volume minimum possible et de rendre propre à l'accumulation au bord et à la transmettre à distance dans la direction de la Terre.

On estime comme la plus rationnelle une cartographie en 3 étapes.

A la première étape on effectue une photographie par cadre de la surface d'une planète directement du bord d'un vaisseau spatial. Ensuite, pour un ou plusieurs niveaux de brillance de chaque cadre on fait l'approximation par courbes du second degré [1] en utilisant ultérieurement des invariants de courbes en question en tant qu'indices de l'image. A cette étape on sélectionne un certain nombre d'images type de la surface de planète qui sous forme des photographies

aériennes et des valeurs numériques correspondantes des invariants reviennent sur la Terre à l'aide des vaisseaux automatiques. A la fin de la première étape on reçoit une masse d'images -tests de la surface de planète et une rangée correspondante de valeurs numériques d'indices décrivant identiquement ces images.

A la deuxième étape on n'utilise que des vaisseaux spatiaux automatiques équipés de systèmes de balayage et de codage des images. A cette étape on effectue en même temps le codage automatique des images de la planète et la détermination des coordonnées à la trajectoire du vaisseau. On n'effectue pas l'enregistrement photographique de la planète. La photographie de la surface de planète n'y a pas lieu. Le balayage des images s'effectue depuis de l'écran d'un viseur optique, infra-rouge ou radar. Les procédés de lecture, de balayage et de codage des images se réalisent par un dispositif de lecture du type, par exemple, d'un orthicon à balayage quantique.

La valeur de tension proportionnelle à celle de brillance de chaque élément de quantification / étant codée/ rentre dans la mémoire d'une calculatrice numérique de bord.

On divise la gamme de valeurs de sortie de

$$U_{\min} \text{ à } U_{\max}$$

en m parties égales de telle sorte qu'à chacune correspond un certain niveau de brillance. Les tensions de

$$U_{\min} + (j-1) \frac{U_{\max} - U_{\min}}{m} \text{ à } U_{\min} + j \frac{U_{\max} - U_{\min}}{m}$$

correspondent à la j partie de cette gamme.

La disposition des éléments d'une image appartenant à un niveau de brillance va en approximation par une courbe du second degré dans le système de coordonnées cartésiennes. Le traçage des courbes pour chaque niveau de brillance est effectué de façon suivante. Vu ce but on détermine et on fait rentrer dans la mémoire de la calculatrice de bord les coordonnées x_i et y_i / $i = 1, 2, \dots, N$ / des points de l'image

ayant le niveau fixe donné. Chaque paire de valeurs x_i, y_i est présentée dans l'équation

$$b'xy + c'y^2 + d'x + e'y + f' = -x^2$$

reçue de celle canonique des courbes du second degré

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0$$

par le procédé de division de tous les membres de cette équation par le premier coefficient et du déplacement du premier membre à droite. Alors on a le système N d'équations à

$n = 5$ inconnues (b', c', d', e', f') :

$$\left. \begin{array}{l} b'x_1y_1 + c'y_1^2 + d'x_1 + e'y_1 + f' = -x_1^2 \\ b'x_2y_2 + c'y_2^2 + d'x_2 + e'y_2 + f' = -x_2^2 \\ \text{-----} \\ b'x_{N-1}y_{N-1} + c'y_{N-1}^2 + d'x_{N-1} + e'y_{N-1} + f' = -x_{N-1}^2 \\ b'x_Ny_N + c'y_N^2 + d'x_N + e'y_N + f' = -x_N^2 \end{array} \right\} \text{(I)}$$

Notons que le système reçu est celui des équations linéaires. Si ce système des équations est présenté sous forme de matrice, on peut trouver les coefficients b', c', d', e' et f' d'après le procédé de moindres carrés sous les conditions :

$$V^T PVA = V^T PW \quad (2)$$

où V - la matrice des valeurs connues de la partie gauche du système calculé avec x_i et y_i ;

V^T - la matrice transposée ;

W - la matrice des parties droites du système (I);

A - la matrice des valeurs cherchées des grandeurs inconnues, déterminées par le moyen de moindres carrés;

P - la matrice diagonale des valeurs/ dans notre cas des valeurs des erreurs des grandeurs mesurées x_i et y_i /.

Les erreurs dans les mesures des valeurs x_i et y_i à la lecture de l'image à l'aide du tube électronique et du traitement électronique ultérieur sont stipulées par plusieurs rai-

sons : non-aligné du balayage, non- stabilité des généra-
 teurs du balayage, application de la quantification etc.
 Pourtant les valeurs de ces erreurs dans les dispositifs
 modernes de lecture ne dépassent pas un élément de résolution.
 La déformation des coordonnées des points des contours de
 l'image à déterminer n'influence pas sur les valeurs des in-
 dices. On prend comme identique et égale les valeurs des
 erreurs et la matrice P - unique. Alors l'égalité sera suivante:

$$V^T \cdot V \cdot A = V^T \cdot W \quad (3)$$

La matrice des évaluations A, comme nous l'avons vu
 dans l'équation [2], est déterminée uniquement.

On a

$$V = \begin{vmatrix} x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N-1} y_{N-1} & y_{N-1}^2 & x_{N-1} & y_{N-1} & 1 \\ x_N y_N & y_N^2 & x_N & y_N & 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

$$V^T = \begin{vmatrix} x_1 y_1 & x_2 y_2 & \dots & x_{N-1} y_{N-1} & x_N y_N \\ y_1^2 & y_2^2 & \dots & y_{N-1}^2 & y_N^2 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_{N-1} & x_N \\ y_1 & y_2 & \dots & y_{N-1} & y_N \end{vmatrix} \quad (5)$$

$$W = \begin{vmatrix} -x_1^2 \\ -x_2^2 \\ \vdots \\ -x_{N-1}^2 \\ -x_N^2 \end{vmatrix} \quad (6.)$$

$$A = \begin{vmatrix} b' \\ c' \\ d' \\ e' \\ f' \end{vmatrix} \quad (7.)$$

Le déterminant du produit des matrices est le suivant:

$$V^T V = \begin{vmatrix} [x^2 y^2] & [x y^3] & [x^2 y] & [x y^2] & [x y] \\ [x y^3] & [y^4] & [x y^2] & [y^3] & [y^2] \\ [x^2 y] & [x y^2] & [x^2] & [x y] & [x] \\ [x y^2] & [y^3] & [x y] & [y^2] & [y] \\ [x y] & [y^2] & [x] & [y] & [1] \end{vmatrix} \quad (8)$$

où $[x^2 y^2] = \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i^2$; $[x y^3] = \sum_{i=1}^N x_i y_i^3$
 etc est le déterminant de Grama - $\det(V^T V)$
 Comme le rang $(V^T V) = n$, alors $\det(V^T V) \neq 0$
 et le systèmes d'équations déduit uniquement.

Selon l'expression (3) y compris (2), (4) - (8) nous avons le système d'équations à n inconnues :

$$\left. \begin{aligned} [x^2 y^2] \cdot b' + [x y^3] \cdot c' + [x^2 y] \cdot d' + [x y^2] \cdot e' + [x y] \cdot f' &= -[x^3 y] \\ [x y^3] \cdot b' + [y^4] \cdot c' + [x y^2] \cdot d' + [y^3] \cdot e' + [y^2] \cdot f' &= -[x^2 y^2] \\ [x^2 y] \cdot b' + [x y^2] \cdot c' + [x^2] \cdot d' + [x y] \cdot e' + [x] \cdot f' &= -[x^3] \\ [x y^2] \cdot b' + [y^3] \cdot c' + [x y] \cdot d' + [y^2] \cdot e' + [y] \cdot f' &= -[x^2 y] \\ [x y] \cdot b' + [y^2] \cdot c' + [x] \cdot d' + [y] \cdot e' + [1] \cdot f' &= -[x^2] \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Ayant résolu ce système relativement au système b', c', d', e', f' et ayant divisé les valeurs des coefficients sur 2, on a les coefficients $b'' = \frac{b'}{2}$, $c'' = c'$, $d'' = \frac{d'}{2}$, $e'' = \frac{e'}{2}$, $f'' = \frac{f'}{2}$, qui dans $a'' = a' = I$ sont utilisés pour calculer les invariants

$$\Delta = \begin{vmatrix} a'' & b'' & d'' \\ b'' & c'' & e'' \\ d'' & e'' & f'' \end{vmatrix}, \quad \gamma = \begin{vmatrix} a'' & b'' \\ b'' & c'' \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad S = a'' + c''$$

où Δ et γ dans la géométrie analytique portent les noms d'un grand et petit discriminant respectivement.

Ces valeurs sont les indices d'image pour un niveau fixe donné de brillance. Les valeurs numériques d'invariants ne sont pas fonction de la disposition d'une image dans les limites du champ d'image d'un dispositif de lecture, donc, elles sont indépendantes de la direction du trajet de vaisseau par rapport à la surface de planète. Ce fait permet de réduire en proportions importantes les exigences à la précision des sys-

tèmes d'orientation et de stabilisation du vaisseau.

Les valeurs d'invariants Δ , γ et S ainsi que les données de coordination sur chaque image sont fixées sous aspect de codes dans la mémoire de bord et transmises, suivant le programme donné où les commandes venues de la Terre, à une station terrestre de réception par une voie de transmission télémétrique.

La troisième étape se réalise directement dans une station terrestre de réception et de traitement d'information d'images. Elle consiste dans la comparaison consécutive des groupes d'invariants Δ_j , γ_j , S_j reçus aux groupes d'invariants Δ_{0j} , γ_{0j} , S_{0j} des images-tests au premier étape. A condition que $\Delta_j = \Delta_{0j}$; $\gamma_j = \gamma_{0j}$; $S_j = S_{0j}$; on procède à l'identification des photographies aériennes par les invariants décrits Δ_{0j} , γ_{0j} et S_{0j} avec l'image décrite par les invariants Δ_j , γ_j , S_j . Si les échelles de l'image-test et celle analysée ne coïncident pas, on reçoit les relations suivantes: $\Delta_j \neq \Delta_{0j}$, $\gamma_j = \gamma_{0j}$ et $S_j = S_{0j}$. C'est pourquoi avant l'opération de comparaison des invariants il est nécessaire d'effectuer la réduction de l'échelle de l'image vers l'échelle de l'image-test (Δ'_j). Cette opération est effectuée d'après la formule

$$M = \sqrt{\frac{\Delta'_j}{\Delta_{0j}}}$$

On exige une telle transformation dans le cas, si les altitudes d'orbites du vaisseau sont différentes à la première et à la deuxième étapes.

Il est à noter que l'utilisation du procédé exposé de codage et de réception à distance des informations cartographiques est limité dans le diapason visible de longueurs d'ondes par une nécessité de balayage et de codage des images à la deuxième étape donné les mêmes conditions d'éclairément de la surface de planète qui étaient présentées durant la photographie à la première étape. Les dites restrictions sont élevées au cas de réception des informations cartographiques de la surface de planète comme images ultra-rouges ou radar.

du système de lecture.

C'est pourquoi pour traiter de grandes masses et assurer le fonctionnement normal du programme des transformations des coordonnées qui répondent à la rotation de l'image, on a pris les mesures suivantes.

Au lieu de la transformation de la rotation d'après les formules

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha ; \\y' &= x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha ,\end{aligned}$$

on introduit la transformation

$$\begin{aligned}x' &= (x \cdot \cos \alpha) \cdot 10^{-2} + (y \cdot \sin \alpha) \cdot 10^{-2} ; \\y' &= (x \cdot \sin \alpha) \cdot 10^{-2} + (y \cdot \cos \alpha) \cdot 10^{-2},\end{aligned}$$

où α est l'angle de rotation de l'image de la parcelle de planète relativement à la direction du vol des vaisseaux spatiaux automatiques.

Outre cela, toute la résolution a été déplacée à l'unité à l'aide de la seconde transformation des coordonnées

$$\begin{aligned}x'' &= (x' + 200) \cdot 10^{-3} ; \\y'' &= (y' + 200) \cdot 10^{-3},\end{aligned}$$

ce qui est équivalent à certaines transformations admissibles du champ récepteur et de l'image analysée de la parcelle de planète.

En conclusion on peut dire .

- I. La méthode de codage et réception à distance des informations cartographiques exposée dans le rapport permet d'élever l'efficacité économique du processus de l'accumulation, de la transmission et du traitement de l'information cartographique.
2. Les indices proposés (pour la description des images des parcelles de planète) Δ , γ , et S ne dépendent pas de la direction du vol des vaisseaux spatiaux automatiques par rapport aux parcelles indiquées aux rotations et aux

déplacements linéaires des images au champ de vue du système de lecture ce qui simplifie considérablement la réalisation technique des moyens de codage de bord et élève la précision de l'information reçue.

3. Les expériences ont affirmé la raison de l'application du moyen proposé dans les buts de navigation spatiale.

L I T T E R A T U R E

1. CHIBANOV G.P. Reconnaissances dans les systèmes d'autocontrôle.

"Machinostroénié ", M., 1973.

2. LINNIK I.V. Méthode de moindres carrés et les bases de théorie mathématico- statistique du traitement des observations.

Physmatguise, M., 1962.

Подп. к печати 29.06.76г.

Зак.289 кпл МИИГАиК т.300