

**L'EXPERIENCE BULGARE DANS LA MISE AU POINT D'UNE TECHNOLOGIE AUTOMATISEE
POUR L'ETABLISSEMENT DE CARTES A GRANDE ECHELLE**

**BULGARIAN EXPERIENCE IN DEVISING AUTOMATED TECHNOLOGY
FOR LARGE-SCALE MAPPING**

Dr Ivan Katzarsky et Shnork Postadjian, M.Sc.

Société "Géodésie et Photogrammétrie", Sofia, Bulgarie

Commission IV

RÉSUMÉ:

Une technologie automatisée d'établissement et de révision de cartes à grande échelle à partir de mesures photogrammétriques a été mise au point dans la société de recherche scientifique et de technologie GEODESIE ET PHOTOGRAMMETRIE à Sofia. Le rapport contient l'essentiel de la conception sur laquelle est fondée cette technologie, l'ordre successif des processus technologiques, ainsi que certains résultats pratiques.

ABSTRACT:

An automated technology for compilation and revision of large-scale maps by photogrammetric measurements has been devised in GEODESY AND PHOTOGRAMMETRY Co. for Research and Technology, Sofia. The paper deals with the essentials of the conception on which the technology is based, the sequence of technological processes and some practical results.

NOTS CLÉS: Analog, Analytical, Computer Graphics, Mapping, Map Revision.

INTRODUCTION

Une technologie pour la mise au point et la maintenance de modèles numériques de localités à partir des données de mesures photogrammétriques a été créée dans la section "Photogrammétrie et télédétections" de la Société de recherche et de technologies "Géodésie et photogrammétrie" (Katzarsky, et al., 1989; Katzarsky, Postadjian, Petkov, 1990).

La base de cette technologie est la conception sur l'utilisation des moyens techniques disponibles dans le pays, intégrés dans un système photogramétrique spécialisé, sur le traitement numérique des mesures photogrammétriques au moyen de micro-ordinateurs, et sur la compatibilité de cette information avec celle obtenue par des mesures géodésiques.

Le système photogramétrique, dont les principaux éléments sont: un appareil stéréocartographe analogue et un micro-ordinateur, est destiné à fonctionner en mode connecté. Ceci permet la réalisation en temps réel des processus technologiques suivants:

- orientation des couples stéréoscopiques dans l'appareil photogramétrique,
- numérisation des modèles stéréoscopiques et traitement primaire des mesures par l'appareil photogramétrique,
- traitement de l'information;
- stockage de l'information sur des supports techniques dans des ensembles à structure déterminée.

CONCEPTION

Cette technologie de formation et de maintenance de modèles numériques des localités à partir de données obtenues par des mesures photogrammétriques directes est basée sur la conception suivante:

1. L'interprétation topographique sur le terrain se fait selon la pratique traditionnelle. Le processus a été toutefois modifié de manière à permettre à l'opérateur de l'appareil photogramétrique d'introduire l'information sémantique sous forme codée. Tous les éléments de la planimétrie sont indiqués par un code, au lieu d'utiliser le mode traditionnel d'assemblage photographique.

2. Les exigences envers le canevas géodésique (les points d'appui) sont en conformité avec les règlements techniques. Ce canevas peut être densifié au moyen de procédés géodésiques ou photogrammétriques (aérotriangulation). L'aérotriangulation est recommandée même pour le premier cas, dans le but d'établir l'homogénéité du canevas géodésique, d'y repérer d'éventuelles grosses erreurs, de déterminer les coordonnées géodésiques des éléments planimétriques durables et nettement visibles, ainsi que les sommets des quartiers.

3. L'orientation externe (relative et absolue) des photos aériennes est réalisée à partir des données initiales

de l'aérotriangulation et par la vérification au moyen de l'appareil photogrammétrique.

4. L'information métrique et sémantique, fournie par le modèle stéréoscopique comprend des éléments de la planimétrie et des éléments du relief. Les éléments planimétriques sont codés tels qu'ils sont indiqués sur les assemblages photographiques. Un point ne peut être mesuré et reporté qu'une seule fois, quel que soit le nombre des détails planimétriques dont il fait partie. La planimétrie est numérisée par mesurage discret et enregistrement. Chaque détail planimétrique est déterminé par une multitude de points. Chaque point est déterminé par ses coordonnées géodésiques. Il n'y a pas de condition préalable pour mesurer les éléments planimétriques. Ils sont enregistrés à la suite d'une sélection automatique par niveaux.

5. Pour garantir la plus grande cohérence et précision de la planimétrie, ainsi que le traitement de l'information respective en temps réel, la numérisation est limitée aux unités occupées par des quartiers ou des rues. Lorsque toutes les opérations relatives à un modèle stéréoscopique, y compris le contrôle sur chaque unité, ont été effectués, on peut passer à la numérisation du modèle suivant.

6. L'opérateur introduit au moyen du clavier du micro-ordinateur les distances de référence et les dimensions des toits des maisons, reportées sur les levés photogrammétriques.

7. La précision de la numérisation est vérifiée par la sommation des superficies des aires se trouvant dans les contours d'un quartier, ou par des distances de référence, tandis que l'exactitude et la fiabilité de l'information est contrôlée au moyen de l'infographie.

8. Le relief est présenté par les procédés traditionnels au moyen d'horizontales, de points caractéristiques du terrain et de hachures. Les horizontales sont numérisées par mesurage discontinu et par enregistrement discret de points courants. Les points caractéristiques du terrain sont mesurés en enregistrés en mode discret. Les traits représentant les accidents du relief sont traités comme les détails de la planimétrie. Les points courants des horizontales sont enregistrés par leur coordonnées géodésiques, alors que les points caractéristiques du terrain sont enregistrés par leurs cotes et coordonnées géodésiques.

9. La numérisation du relief se fait dans les limites de la surface utile du modèle stéréoscopique. L'ajustage des modèles

stéréoscopiques voisins est réalisée en mode analytique.

10. Lorsque l'information numérisée est destinée à des plans-feuilles, ou si elle doit servir à tracer un équivalent graphique du modèle numérique de la localité, il y a un ajustage zéro entre les plans-feuilles voisins.

11. Pour les signes conventionnels, le réseau de coordonnées, la présentation en cadre et hors-cadre des plan-feuilles est utilisée une information numérique, préalablement préparée et archivée.

12. L'information numérique définitive concernant une localité ou une partie de cette localité est archivée pour un stockage durable sur un support technique approprié.

13. En vue de la maintenance et de la rénovation de l'information, sa structure doit être identique à celle de l'information créée à partir des données des mesures géodésiques.

MOYENS TECHNIQUES

L'application de la Technologie exige un système photogrammétrique automatisé, qui a été mis au point dans la section "Photogrammétrique et télédétection" de la société "Géodésie et photogrammétrique" (Georgiev, 1989). Le système comprend les moyens techniques suivants:

- un appareil analogue Stéréométrographe Zeiss Jena;
- un module universel PC-FE pour la connexion entre l'appareil analogue et l'ordinateur;
- un ordinateur 16 bits (Pravetz 12, EC1837, Super 11 ou tout autre, compatible avec l'ordinateur IBM PC/XT ou AT);
- un traceur de courbes (Izot 6413C);
- une station à bande magnétique -UPDLM EC 9004);
- un lecteur de courbes assurant la précision nécessaire.

Les moyens techniques sont représentés sur les schémas qui suit.

PROCESSUS PHOTOGRAMMETRIQUES

La formation et la maintenance de modèles numériques de localités à partir des données fournies par des mesures photogrammétriques entraîne certaines modifications dans les processus technologiques appliqués actuellement pour l'élaboration de cartes de localités à l'échelle 1:1000 et 1:500 au moyen des méthodes photogrammétriques. Ceci est dû aux différents types de produit final. La technologie exposée ici permet de créer un modèle numérique d'une localité où chaque point est représenté par des coordonnées géodésiques. D'autre part il

est possible, à partir de cette information numérique, de tracer un équivalent graphique (une carte) à l'échelle désirée, au moyen d'un traceur de courbes.

Les principaux processus technologiques sont:

- préparation sur place (travaux de sondage, planification des prises de vue aérienne et des travaux géodésiques, repérage préalable des points de référence sur le site);
- prise de vue aériennes et travaux en photolaboratoire;
- repérage des points de référence et interprétation sur le terrain;
- aérotriangulation (préparation, mesures, calculations);
- mesures photogrammétriques analogues (orientation des couples stéréoscopiques, digitalisation des modèles stéréoscopiques - planimétrie et relief);
- traitement de l'information;
- formation du modèle numérique de la localité
- archivage de l'information.

Numérisation des modèles stéréoscopiques

La numérisation du modèle stéréoscopique consiste à mesurer les points planimétriques (et du terrain) et d'enregistrer leur numéro codé et leurs coordonnées (et leurs altitude). Tout cela s'effectue en régime interactif de l'ordinateur au moyen du menu. Le principal menu du programme contient 6 fonctions, divisées en sous-fonctions.

La numérisation de chaque modèle commence par les mesures des points de repère et l'enregistrement de leurs coordonnées-machine. Les coordonnées géodésiques de ces mêmes points sont saisies au moyen du clavier du micro-ordinateur, à partir d'une bande magnétique ou d'une disquette. Suit une transformation affine ou orthogonale. Sur le visuel du moniteur est indiquée la bande de fonctionnement du modèle stéréoscopique, dans les limites de laquelle est réalisée la numérisation.

La numérisation de chaque modèle stéréoscopique est réalisée en deux étapes: la numérisation de la planimétrie et la numérisation du relief. Pour chaque modèle stéréoscopique numérisé est créé un ensemble de données sur la planimétrie et un ensemble de données sur le relief.

Numérisation de la planimétrie. La numérisation de la planimétrie par niveaux et par types du modèle stéréoscopique est réalisée dans la bande de fonctionnement du modèle stéréoscopique. La numérisation est réalisée par mesurage discret et par enregistrement de chaque élément planimétrique. A l'exception des éléments

de très faible superficie, chaque élément planimétrique est représenté par une multitude de points, qui définit un contour ouvert ou fermé. Chaque point est mesuré une seule fois et ses coordonnées géodésiques sont enregistrées une seule fois, sans égard aux éléments planimétriques dont il fait partie. L'ordre dans lequel sont mesurés les détails planimétriques est librement choisi. Compte tenu du mode d'exploitation du micro-ordinateur et des étapes suivantes du traitement de l'information, il serait nécessaire d'optimiser l'ordre successif de mesurage et d'enregistrement des points dans chaque détail planimétrique.

La numérisation des détails planimétriques de chaque modèle stéréoscopique est réalisée en mode de fonctionnement interactif du micro-ordinateur et consiste à:

- introduire par code, au moyen du clavier, le niveau du détail planimétrique qui doit être numérisé;
- choisir le menu respectif du programme d'après le type des points détaillés de l'élément planimétrique, qui sera numérisé;
- introduire les distances de référence et les dimensions des toits, reportés sur l'assemblage photographique;
- enregistrer les coordonnées photogrammétriques des points.

Toute ligne planimétrique est traitée en tant qu'une suite de points planimétriques enchaînés. Pour introduire une ligne dans le modèle numérique il est nécessaire d'introduire les coordonnées géodésiques des points dont elle est définie. Le programme prévoit plusieurs moyens pour le faire:

- mesurage à l'aide d'un appareil cartographique;
- positionnement à l'aide du curseur, commandé par le clavier de l'ordinateur;
- saisie des coordonnées géodésiques (en ce mode de fonctionnement la technologie est compatible avec une technologie de mise au point de modèles numériques à partir des données obtenues par des mesures géodésiques);
- indication d'un point connu du modèle numérique, qui fait partie d'une autre ligne.

Le premier traitement des données enregistrées et le contrôle des distances mesurées sont réalisés en temps réel et ensuite sur un support technique pour chaque point sont stockés:

- ses coordonnées géodésiques;
- le niveau du détail planimétrique auquel appartient le point;
- le code de gestion automatique de la table traçante numérique, qui détermine

la position géométrique du point par rapport aux autres points du détail planimétrique.

Tous les éléments planimétriques mesurés et enregistrés sont tracés sur un dessin de référence.

La mesure et l'enregistrement des points qui définissent les bâtiments est effectuée sur les sommets de leurs toits. Le numéro codé indiquant la destination de l'édifice ainsi que les dimensions des toits sont introduits sur l'assemblage photographique en vue de leur réduction automatique. Les éléments de très faible superficie (poteaux électriques et autres, fontaines, puits etc.) sont numérisés par l'introduction de leur niveau et de leur types tels qu'ils sont indiqués sur les levés photogrammétriques.

Pour assurer plus de précision de l'information enregistrée, la numérisation est limitée à un quartier, respectivement à un segment de rue. La précision de la digitalisation est contrôlée par confrontation des distances de référence ou par sommation des superficies des domaines dans un quartier, respectivement une rue. La plénitude et la précision de l'information sont contrôlées au moyen de l'infographie.

Il est recommandé qu'un élément planimétrique soit complètement digitalisé par un modèle stéréoscopique, même au cas où une partie de cet élément reste en dehors du champ d'action du modèle. De cette manière est facilitée l'étape suivante de regroupement des informations fournies par des modèles stéréoscopiques voisins. Après le contrôle et le traitement en mode interactif de l'information concernant un quartier ou un segment de rue, suit la numérisation d'un détail de plus grande dimension (quartier ou segment de rue également).

Digitalisation du relief. Le relief est représenté par des horizontales, des points caractéristiques du terrain et des hachures. Les horizontales sont numérisées dans les limites de l'étendue d'application du modèle stéréoscopique, par mesurage discontinu et enregistrement discret des points courants. Le menu de numérisation des horizontales comprend 7 fonctions. L'opérateur peut successivement mesurer et enregistrer des points d'une même altitude, en choisissant le régime respectif. Plusieurs options sont possibles: enregistrement en introduisant un intervalle de temps ou la longueur d'un arc de l'horizontale, soit au moyen d'un signal donné par l'opérateur.

Le premier traitement de l'information transmise par l'appareil photogrammétrique est réalisé en temps réel; pour

chaque point envisagé sur un support technique sont stockées les données suivantes:

- altitude de l'horizontale;
- coordonnées géodésiques du point envisagé;
- code de gestion automatique du traceur numérique.

Les points étant mesurés, chaque horizontale est corrigée par une fonction cubique spline et son image est représentée sur l'écran.

Les points caractéristiques du terrain sont mesurés et enregistrés en mode discret au moyen de leurs cotes et coordonnées géodésiques. Les hachures représentant les accidents du relief sont traités en tant qu'éléments de la planimétrie.

TRAITEMENT DE L'INFORMATION

Le traitement de l'information enregistrée commence lorsque la numérisation dans l'étendue d'un quartier ou d'un segment de rue est achevée, de même que le champ d'action d'un modèle stéréoscopique entier, c'est-à-dire après la formation d'ensembles de données sur la planimétrie et le relief. Le traitement est réalisé en mode interactif, mais à partir soit d'un dessin tracé automatiquement à paramètres fixés (échelle, étendue, etc.), soit à partir du levé photogrammétrique, ou à partir des dessins de référence, élaborés au cours de la numérisation.

Il est possible de réaliser les opérations suivantes:

- tracé automatique de l'information digitalisée dans une bande de fonctionnement donnée;
- corrections de l'information par modification de la codification des types des détails de la planimétrie, modification des codes de gestion automatique du traceur numérique;
- définition de limites supplémentaires entre les points de repère enregistrés;
- introduction de nouveaux points de repère sur les coordonnées géodésiques enregistrées;
- destruction de l'information;
- établissement des contours des détails de la situation et estimation de leur superficie;
- indication des endroits des inscriptions et des marques de classement des bâtiments;
- traitement de signes conventionnels et autres.

Les opérations énumérées sont exécutées au moyen d'une visualisation directe de l'information enregistrée et des modifications et complètement qui y sont

apportées. Lorsque le traitement de l'information est achevé, elle est stockée sur un support technique pour un usage ultérieur.

ELABORATION DU MODELE NUMERIQUE

Le modèle numérique de la localité est formé à partir de l'information digitalisée concernant la planimétrie et le relief. A cette fin l'information contenue dans les différents modèles stéréoscopiques est réunie. Ceci se fait par bandes (verticalement) ou entre les bandes (horizontalement). Seules les informations préalablement traitées et contrôlées sur la bande de fonctionnement des modèles stéréoscopiques sont regroupées. L'ajustage des modèles stéréoscopiques voisins est réalisé en mode analytique, à partir des critères de précisions préalablement saisis.

INFORMATION DE SORTIE

A la suite des mesures photogrammétriques et du traitement des données obtenues est créée l'information de base suivante;

- une liste des coordonnées géodésiques de points du territoire de la localité ayant une sémantique et une structure déterminée, qui coïncide avec l'information du modèle numérique formé au moyen de procédés géodésiques;
- des caractéristiques superficielles de référence;
- une issue graphique du modèle numérique (tracé automatique).

Tracé automatique

A moyen d'un traceur de courbes il est possible d'élaborer des minutes graphiques à différente échelle, d'une étendue et d'un contenu différents. Les paramètres du tracé automatique sont introduits en mode dialogué. Lors de la production de minutes à une proche échelle l'information n'est généralisée.

L'étendue d'une minute graphique peut être obtenue de deux manières:

1. Par introduction des coordonnées géodésiques des sommets d'un rectangle qui contient l'information respective. Ceci permet de produire des tracés automatiques sur des plans-feuilles.

2. En introduisant la nomenclature des plans-feuilles. En fait cette possibilité est similaire à la première. Le processus peut être automatisé grâce à l'information, préalablement préparée, sur la disposition des plans-feuilles, leurs numéros et les coordonnées de leur sommets. En indiquant le numéro de la feuille, l'information est obtenue automatiquement.

Dans les deux cas on obtient un ajustage

zéro des feuilles avoisinantes.

Les minutes graphiques peuvent comporter des différences non seulement en ce qui concerne leur échelle et leur étendue, mais aussi en ce qui concerne leur contenu thématique: ils peuvent porter soit seulement sur la planimétrie (entièrement ou éléments choisis) soit seulement sur le relief (courbes de niveau et points du terrain, ou biens courbes de niveau uniquement, ou points du terrain uniquement), minutes mixtes (planimétrie et relief).

Un tracé automatique peut être conçu en utilisant un fichier de signes conventionnels qui sont automatiquement reportés. A partir des numéros codés des bâtiments est réalisée l'inscription automatique de leurs signes indiquant le nombre des étages, le type de la construction et leur destination. Le réseau de points est reporté automatiquement, et les points de repère qui entrent dans les contours du plan sont automatiquement séparés. Le dessin tracé par l'ordinateur est présenté en cadre ou hors-cadre;

Archivage de l'information

L'information numérique sur la localité, après traitement, est archivée pour un stockage durable sur une bande magnétique, dans deux ensembles: information sur le relief et sur la planimétrie. Cette information est organisée dans une base de données par indice territorial, à partir de groupes d'information formées d'après des contours fermés et la il n'en existe pas - d'après des réseaux de coordonnées avec un recouvrement minimal. Les fichiers binaires utilisés sont organisés automatiquement. Pour la maintenance et de la rénovation de l'information métrique et sémantique, la structure des données sur la localité doit coïncider avec celle créée à partir des mesures géodésiques.

MISE A ESSAIS

La technologie pour la mise au point et la maintenance de modèles numériques de localités à partir de mesures photogrammétriques directes et les programmes afférents ont été soumis un test au moyen de données réelles. A cette fin a été choisie une des unités de la société "Geoplanproekt": des quartiers du village de Boukovets, région de Mikhailovgrad. En 1989 ont été prises des vues aériennes avec une caméra Zeiss RMK A 15/23 cm. A une altitude de vol moyenne de 840 m ont été obtenues des vues aériennes à une échelle approximative 1:5600. Les couples stéréoscopiques sont assurés par 6 points de repère géodésiques, dont deux - disposés dans la partie supérieure, deux - dans la partie

moyenne (de la base) et deux - dans la partie inférieure.

A partir des mesures effectuées par l'appareil stéréocomparateur Stecometre Zeiss Jena et les calculs effectués ensuite au moyen du programme ABA84X destiné à l'aérotriangulation analytique par égalisation au moyen de faisceaux de rayons projetés, ont été obtenues les coordonnées géodésiques des sommets des quartiers. A partir des données initiales sur les éléments d'orientation externe des photos aériennes formant un couple stéréoscopique, obtenues par aérotriangulation, le modèle stéréoscopique a été orienté dans l'appareil analogue Stéréométrographe Zeiss Jena. Le modèle numérique de la partie examinée de la localité est formé par l'application des processus technologiques énumérés plus haut. Parallèlement a été réalisée la restitution stéréoscopique traditionnelle.

+ PÉRIODIQUES:

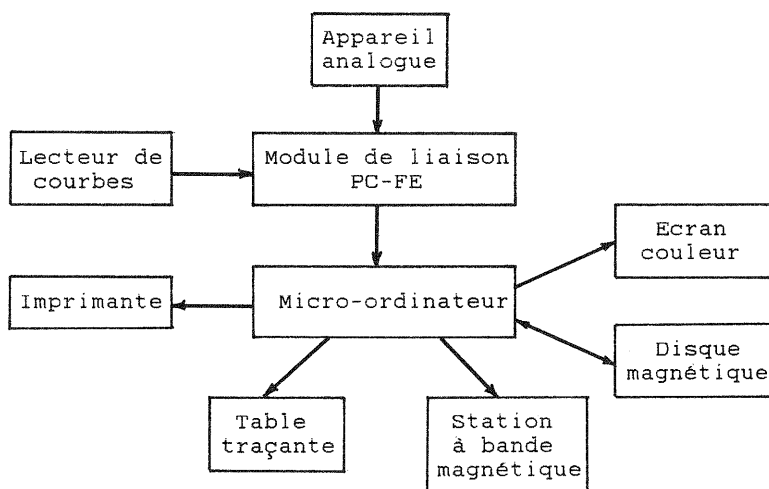
Katzarsky, I., Postadjian, S., Petkov, P., 1990. A technology for compilation and revision of digital models of urban areas by photogrammetric measurements (in Bulgarian). Geodezia, Kartografia, Zemeustroistvo, Sofia, 3:22-26.

+ LITTÉRATURE GRISE:

a) Katzarsky, I. et al., 1989. A technology for compilation of digital urban maps by land survey and photogrammetric measurements. Part II - By photogrammetric measurements. Technical report (in Bulgarian). Geodesy and Photogrammetry Co. for Research and Technology, Sofia, Bulgaria.

b) Georgiev, H., 1989. An automated photogrammetric system based on analog stereoplotters and computers. Technical report (in Bulgarian). Geodesy and Photogrammetry Co. for Research and Technology, Sofia, Bulgaria.

MOYENS TECHNIQUES



ADRESSE DES AUTEURS: Dr Ivan Katzarsky, Shnork Postadjian, M.Sc.
 GEODESY AND PHOTOGRAMMETRY Co.
 1, Moussala Street, BG-1618 Sofia, Bulgaria