

ROMUALD KACZYŃSKI

HIGH RESOLUTION RUSSIAN SATELLITE IMAGES FOR URBAN MAPPING ¹

ABSTRACT: *Experience with the Russian high resolution space photographs KFA-1000 and KVR-1000 which have been used in IGiK for map updating, urban mapping and elaborating satellite image maps in the scales 1:50000 and 1:25000 is discussed.*

Usefulness of these photographs and completeness of urban mapping done by other authors is also presented. KFA-1000 could be used for map updating up to the scale 1:50 000. Two meters resolution KVR-1000 photographs could be used for production of the digital B/W ortho-photomaps up to the scale 1:10 000. KVR-1000 merged with multispectral SPOT XS data are suitable for production of colour satellite image maps up to the scale 1:25 000.

Methodology for map revision up to the scale 1:25 000 is discussed. Examples of map revision digitally of Warsaw area on the Intergraph ImageStation Imager are presented. Some results of filtering of the KVR-1000 digital data in the frequency domain used for image enhancement and for extractions of some topographic features are shown. Application of digital supervised classification of merged KVR-1000 with SPOT XS data for map revision in the scale 1:50000 is restricted to some land cover classes.

INTRODUCTION

The status of art in satellite mapping has been published lately on the ISPRS Commission IV Symposiums which had been held in Hannover in 1993 and in Athens, Georgia, USA in 1994. It has been reported among others by Jacobsen (1993) and Konecny (1994) that for mapping urban features like buildings pixel size of 2 meters is required and 5 meters for minor road network. Buildings' blocks could be detected on images with 10m resolution.

¹ Referat wygłoszono na spotkaniu specjalistów „Remote Sensing and Urban Analysis” programu ESF GISDATA w Strasburgu, 8-10 czerwiec 1995r.

To satisfy urban mapping needs French SPOT P, German MOMS-02 and Russian Space photographs can be used for mapping in the scales 1:50 000 and 1:25 000. Space Imaging, Eyeglass and Earth Watch in USA hopes to design soon a new generation panchromatic satellite scanners with 1 meter pixel size (Fritz 1995).

The results of joint Belgium -Polish project, which main aim was to assess and compare different methods for updating topographic maps using SPOT, KFA-1000 and KVR-1000 Russian satellite images have been published in the Final Report (Donnay, 1994).

The use of the Russian high resolution space photographs for urban mapping and map updating up to the scale 1:10 000 is discussed in this paper.

1. DATA OF THE RUSSIAN HIGH RESOLUTION PHOTOGRAPHS

1.1. KFA-1000

Data of the available Russian high resolution space photographs that could be used for urban mapping in the scales from 1:50 000 up to the scale 1:10000 are shown in Table1. KFA-1000 photographs have been used in the Institute of Geodesy and Cartography (IGiK) for topographic map updating up to the scale 1:50 000 since 1987. These photographs have been also used for elaborating orthophotomaps in the scale 1:50 000 using analytical plotter Planicomp P-1 and Orthocomp Z-1 ZEISS. Results were published on the XVI ISPRS Congress in Kyoto (Kaczynski and Konieczny 1988).

The possibility of the updating different topographic features shown on the maps in the scale 1:50 000 have been evaluated in the Photogrammetry Department of the IGiK. The following elements can be extracted visually:

- houses longer than 20m and wider than 10m;
- airfields;
- bridges wider than 4m;
- railways, roads, main streets;
- industrial areas;
- canals, rivers wider than 3m;
- dams;
- forests, parks;
- grasslands;
- agricultural plots wider than 20m.

The following elements cannot be extracted:

- houses smaller than 20m;
- electrical lines;

- monuments;
- fuel stations;
- forest/park areas smaller than 20m by 20m.

About 20% of the topographic features which should be presented on a map in the scale 1:50 000 must be collected in the field. Analogue and analytical instruments Zoom Transfer Scope, Kartoflex Zeiss, Planicomp P-1 and Orthocomp Z-1 Zeiss have been used successfully in IGIK for mapping with accuracy $mp = \pm 0.3\text{mm}$.

Image coordinates measured on the KFA-1000 images have to be corrected for radial distortion characteristic for the lens of the photogrammetric camera and for the instability of the Russian spectrozonal or B/W films.

Software for space triangulation has also been developed in the Photogrammetry Department of the IGIK in 1988. A block consisting of the three strips (each containing six space photographs with 60% overlap and 10% sidelap) was elaborated using only 6 GCPs. RMSE $xy = \pm 7\text{m}$ and RMSE $z = \pm 30\text{m}$ were achieved. These photographs and calculated coordinates of the photopoints have been used for production of orthophotomaps and updating of maps up to the scale 1:50,000. As the base/high ratio of the KFA-1000 ($b/h = 1/8.3$) is rather poor, high accuracy of DEM is not possible to achieve. Nevertheless, DEM elaborated digitally with accuracy approx. 30m could be generated. These photographs as 2nd generation B/W or false colour spectrozonal diapositives size 30cm by 30cm are available from Sojuzkarta in Russia.

The usefulness of KFA-1000 satellite photographs for updating of topographic maps in scale 1:25,000 has been also evaluated by Krammer and Illhardt (1990).

Completeness of mapping in scale 1:50 000 with KFA-1000 has been also reported lately by Jacobsen (1993). Built-up areas, rivers, railways, highway and main streets have been identified with 100% accuracy. Narrow streets, small houses etc. have not been detected.

1.2. KVR-1000

The KVR-1000 photographs are a new generation of the Russian space data (available to civilian application only for the last two years). Black and White or false colour photographs are taken by a panoramic spy camera with 1000mm focal length, from unmanned satellites. Only the central part of the photograph (size 18 by 18 cm) is extracted and digitized; usually with $7.5\mu\text{m}$ or $15\mu\text{m}$ aperture. General description of the camera and some results of elaborating of these photographs for mapping up to the scale 1:10 000 have been reported by Sollner (1993), Marek (1994), Kaczynski (1994), Muller *et al.* (1994).

Depending on the contrast, the ground resolution of these data varies from 1.2 to 4m. Marek (1994) has reported detectability of topographic objects on the digitized KVR-1000 photograph with aperture $7.5\mu\text{m}$ (pixel size 1.6m by 1.6m in field). Some results and accuracy achieved are listed below:

- streets, roads with 100%;
- railway 100%;
- hydrography 100%;
- single buildings 95%;
- closely built-up areas 100%;
- forests 100%;
- industrial plants 86%.

Kaczynski (1993) has produced first time in Poland fully digitally a B/W satellite image map of Warsaw in the scale of 1:50 000 on the ERDAS V.7.3 in OPOLiS in the Institute of Geodesy and Cartography. KVR-1000 alone as B/W photograph was scanned on the P-1700 Optronics by dr J.Drachal with aperture $25\mu\text{m}$. Rectification and contrast enhancement were performed on the PC based software ERDAS. Hardcopy was produced on the STORK high precision printer by Geosystems GmbH in Munich in 1993.

The use of KVR-1000 data could replace small scale aerial photography for production of the image maps, even in the scale 1:10 000.

WIB GmbH in Germany has produced in 1994 digitally B/W satellite image maps of Berlin, Hannover and Hamburg in scale 1:10 000.

Fedorowicz (1994) has produced digitally a B/W satellite image map of Gdansk area in the scale 1:10 000. Merged KVR-1000 photograph with Landsat TM spectral data were also used for supervised classification on the ERDAS Imagine system. Digital maps are used for urban planning as a background for depicting the spatial distribution of the ownership structure of the Gdansk area by the town authority.

KVR-1000 images have been used by IGiK and SURFACES Laboratory for updating topographic maps up to the scale 1:25 000 and for merging with SPOT XS digital data. Colour hard copy image maps of Warsaw and Liege in scale 1:25 000 were also printed with the use of offset technique.

1.3. KFA-3000

New KFA-3000 Russian satellite photographs are taken with a 3000mm focal length camera and are available since 1994. These photographs are supposed to be used for urban mapping up to the scale 1:10 000; replacing of small scale aerial photography.

2. FILTERING OF THE KVR-1000 IMAGES IN SPATIAL AND FREQUENCY DOMAIN

Fast Fourier Transform (FFT) software of the System 600 and VI²STA of the International Imaging Systems have been used for topographic features enhancement/extraction and for improving accuracy of the supervised classification of multispectral data (Kaczynski 1993).

KVR-1000 image of Warsaw area, scanned with pixel size 25 μ m, has been filtered in the frequency domain using different filters. Enhancement and delineation of edges have been done using Raise_Power, high-pass Gauss and exponential filters in the frequency domain. On the other hand WALLIS filter in the spatial domain was also used to detect edges in the KVR-1000 image. This filtered image, merged with SPOT XS data was used for elaborating the new satellite image map of Warsaw. Since the area of Warsaw is rather flat, the DEM was not used for rectification. Hard copy in the scale 1:25 000 has been printed by EUROSENSE in 1994.

This digital image has been also used for updating old military topographic maps of Warsaw in the scales' 1:50 000 and 1:25 000.

3. METHODOLOGY FOR MAP REVISION

The results of the evaluation of KVR-1000 image merged with SPOT XS data for map revision up to the scale 1:25 000 has been published in 1994 (Muller *et al*). The flowchart of the methodology used for map revision is shown in Fig.1.

Filtered KVR-1000 digital image has been rectified to topographic maps in the scale 1:25 000 with pixel size 5.8m by 5.8m. SPOT XS data were corrected geometrically to the KVR-1000 rectified image. A bilinear interpolation resampling method was used to create new SPOT XS data where the pixel size was recalculated from 20m by 20m to 5.8m by 5.8m. Following contrast enhancement, false colour composite has been created (XS3 in Red, KVR-1000 in Green and XS2 in Blue). This RGB file of Warsaw was used for further processing to produce colour hard copy of the satellite image map in scale 1:25 000:

The black layers of the topographic maps of Warsaw were scanned by an Intergraph Large Format Scanner ANATech 3640 with an aperture of 800 dpi. This one bit digital data was resampled to the pixel size 5.8m by 5.8m. The digital topomap file was superimposed in white on the RGB file using Boolean algebra. The resulting file has been used for further processing to produce other colour hard copy satellite image map of Warsaw in scale 1:25 000 with the topographic layer. This data has also been used for updating the old (1983)

topographic maps of Warsaw on the ImageStation Intergraph. With the colour image in background, it was easy to draw new or not mapped topographic features. Some examples extracted from different parts of the Warsaw area are shown in figures 2 and 3. Update has been made by drawing on the screen, using MicroStation Bentley/Intergraph software. In each of these figures, KVR-1000 and SPOT XS 3 bands are shown respectively in the upper left and in the upper right corners. In the lower left corner, the topographic map elaborated in 1983 is shown, while the new, updated map, is presented in the lower right corner. New buildings and runway in the Warsaw International Airport are shown in Fig. 3. New bridge and new buildings in another part of Warsaw are shown in Fig. 4. Fig. 5 shows an example of urban growth in the old airport Warsaw-Bemowo. A new housing development has been built here from 1983 to 1992, therefore map of the area should definitely be updated. Fig. 6 shows the results of an automatic extraction of new map features. Runway outlines were extracted from KVR-1000 using sophisticated I²S software. Thresholding procedure with a Linear Feature Preservation filter allowed to obtain a binary image. The result of processing is shown on the left side and the old map on the right side.

KVR-1000 images can be used alone or with the SPOT multispectral data to update topomaps up to the scale 1:25 000 with an accuracy $mp = \pm 0.3mm$. If better accuracy is required, then coordinates of the GCPs should be taken from aerial triangulation or measured directly in field by GPS technique.

SPOT XS data are a valuable source of additional colour information which helps the operator to recognize and delineate new topographic features. Delineation of new urban features, which should be presented on the topomaps in scale 1:25 000 can be easily interpreted on a screen and transferred from the RGB image to digital topographic data base.

Also Sollner (1993) has reported that following urban features could be identified on the KVR-1000 image of the former military complex near Berlin:

- residential and commercial buildings;
- walls fence;
- buildings pits;
- rails, railway stations, platforms;
- roads;
- bridges;
- forest and single trees

4. RESULTS OF SUPERVISED CLASSIFICATION OF MERGED SPOT XS AND KVR-1000 IMAGES

The results of joint Polish - Belgium project completed by IGiK and SURFACES Laboratory in Liege have been published (Donnay 1994, Bochenek

1995). Accuracies of the classification of different images were evaluated qualitatively and quantitatively, using a set of test fields in Warsaw area, on the ERDAS system. Overall accuracy of 87% has been achieved for the merged SPOT XS with KVR-1000 images. However, application of digital supervised classification for topographic map revision in the scale 1:50 000 is restricted to some land cover categories as is listed below:

- water (three subclasses);
- main streets;
- densely built-up areas;
- low density built-up areas;
- forests;
- gardens/residential areas;
- grasslands;
- open areas;
- sandy soil;
- parks;
- cultivated land.

5. CONCLUSION

When emphasis is given to the rapid rate of map updating up to the scale 1:25 000, satellite images KVR-1000 can be used alone or merged with SPOT XS data.

Satellite B/W image maps (orthophotomaps) can be generated digitally, with accepted accuracy in the scales 1:25 000 and 1:10 000, using high resolution KVR-1000 images scanned by high precision flat bed scanner with the aperture size between 7.5 μ m and 25 μ m.

Colour satellite image maps can be generated digitally in the scales 1:50000 and 1:25 000 using KVR-1000 image merged with multispectral SPOT XS data.

The generation of DEM and new contour lines based on KVR-1000 photographs is not possible. New satellite systems with pixel size below 5m and with along track stereo capability will solve the problem of generation the 3-D city model with high accuracy. So far, high altitude aerial photography with spatial resolution about 1m should be used for this purpose.

Cost/benefit analysis shows, that it is presently still cheaper to use small scale aerial photographs than KVR-1000 data for elaborating small town area. The use of KVR-1000 images is advised when large area has to be elaborated in short time, or when aerial photographs in small scale are not available.

The interpretation of KVR-1000 images require some field work and ground truth verification similar as is required for aerial photographs.

Coordinates taken from existing aerial triangulation blocks or measured directly in field with GPS techniques can be used for rectification of the KVR-1000 images. Coordinates of points which will be used for rectification taken from existing topographic maps in the scale 1:25 000 should be avoided as topographic features are mapped with accuracy not better than 0.25mm in the map scale and secondly many of them are usually shown as symbols.

Table 1. Technical data of the Russian Space Photographs

Satellite	Camera	Approx. Altitude [km]	Scale	Film size [cm]	stereo overlap [%]	Ground Resolution [m]	Area [km ²]	Mapping in scale
Resurs F1	KFA-1000	270	1:270 000	30x30	60	5-6	70x70	1:50 000
Resurs	KFA-3000	240	1:80 000	30x30	60	2-3	22x22	1:10 000
DD-5	KVR-1000	220	1:220 000	18x18	20	1-2	40x40	1:25 000 1:10 000

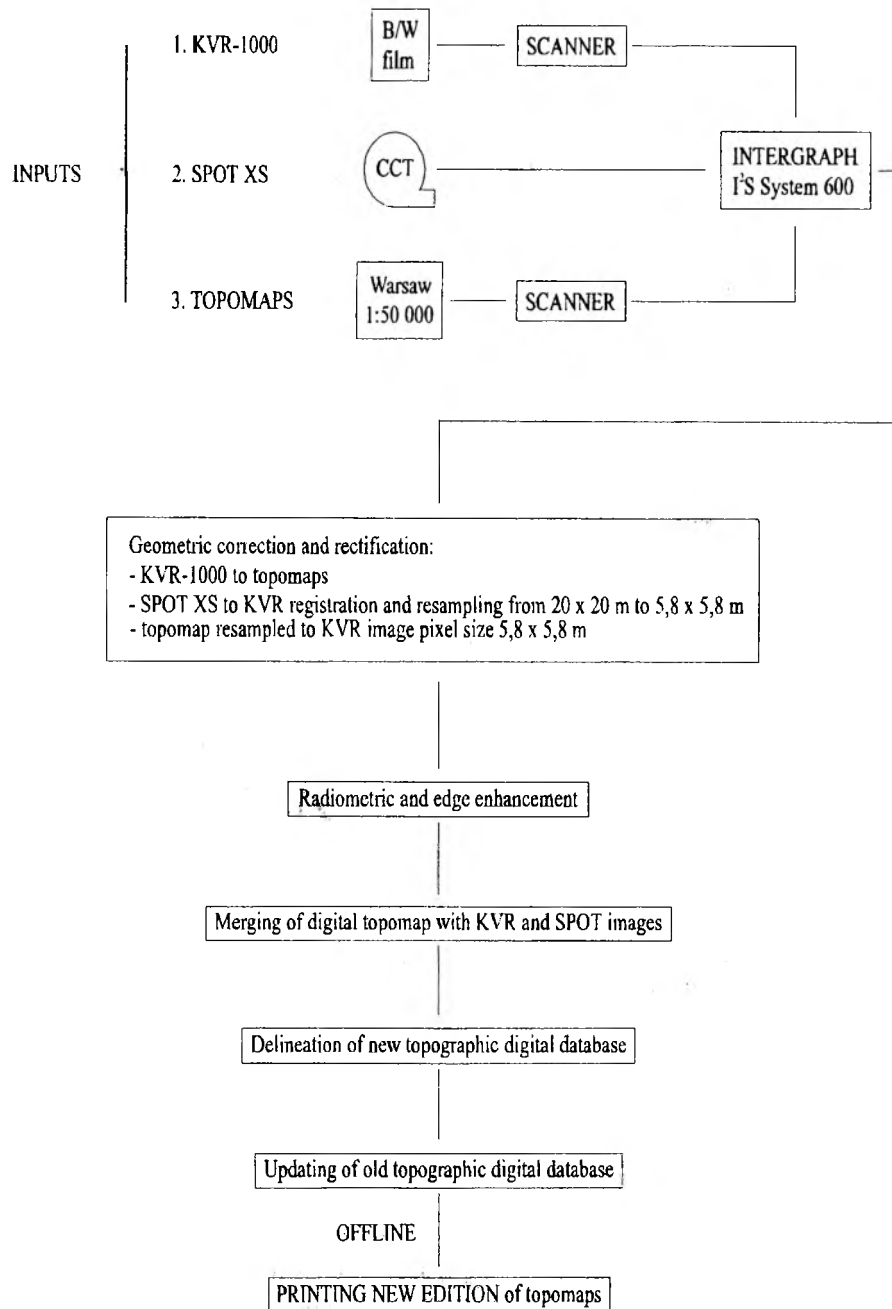


Fig 1. Flowchart of the topographic map revision procedure



Fig 2. New built - up area in Warsaw:

- Upper left: KVR - 1000 image 1992
- Upper right: SPOT XS 3 image 1992
- Lower left: old topomap 1983
- Lower right: updated topomap

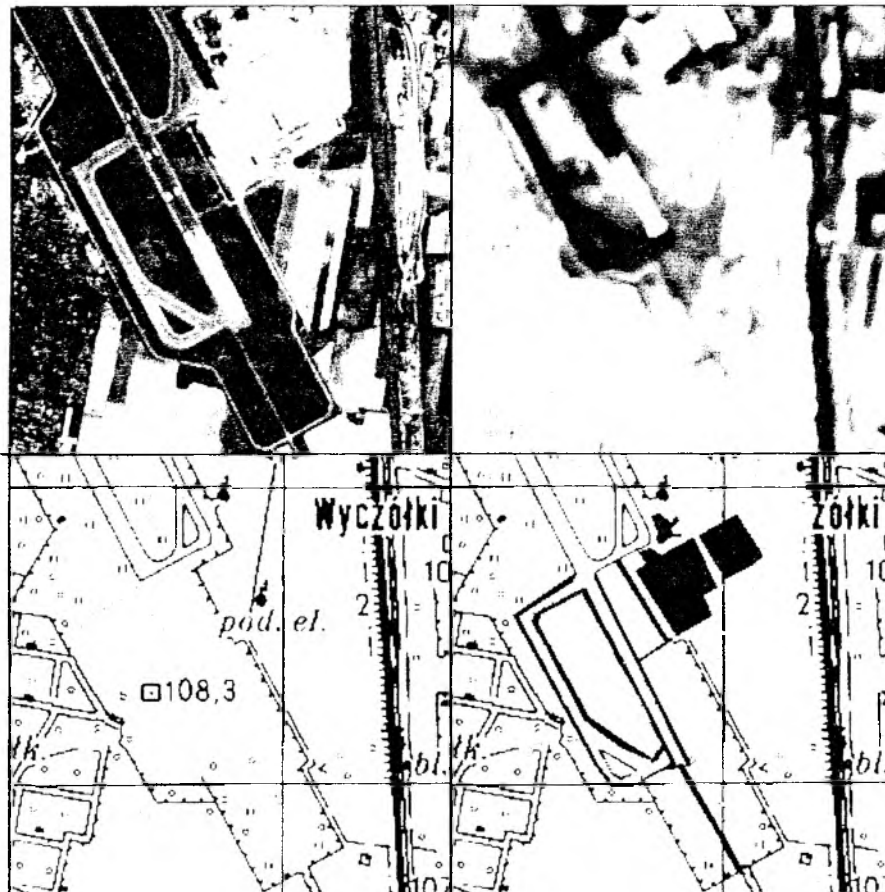


Fig 3. New buildings and runway in the airport area:
Upper left: KVR - 1000 image 1992
Upper right: SPOT XS 3 image 1992
Lower left: old topomap 1983
Lower right: updated topomap

Fig. 4. New „Syrena” bridge
upper - topographic map
middle - KVR-1000 image with topographic map superimposed
lower - updated topographic map with superimposed KVR-1000 image



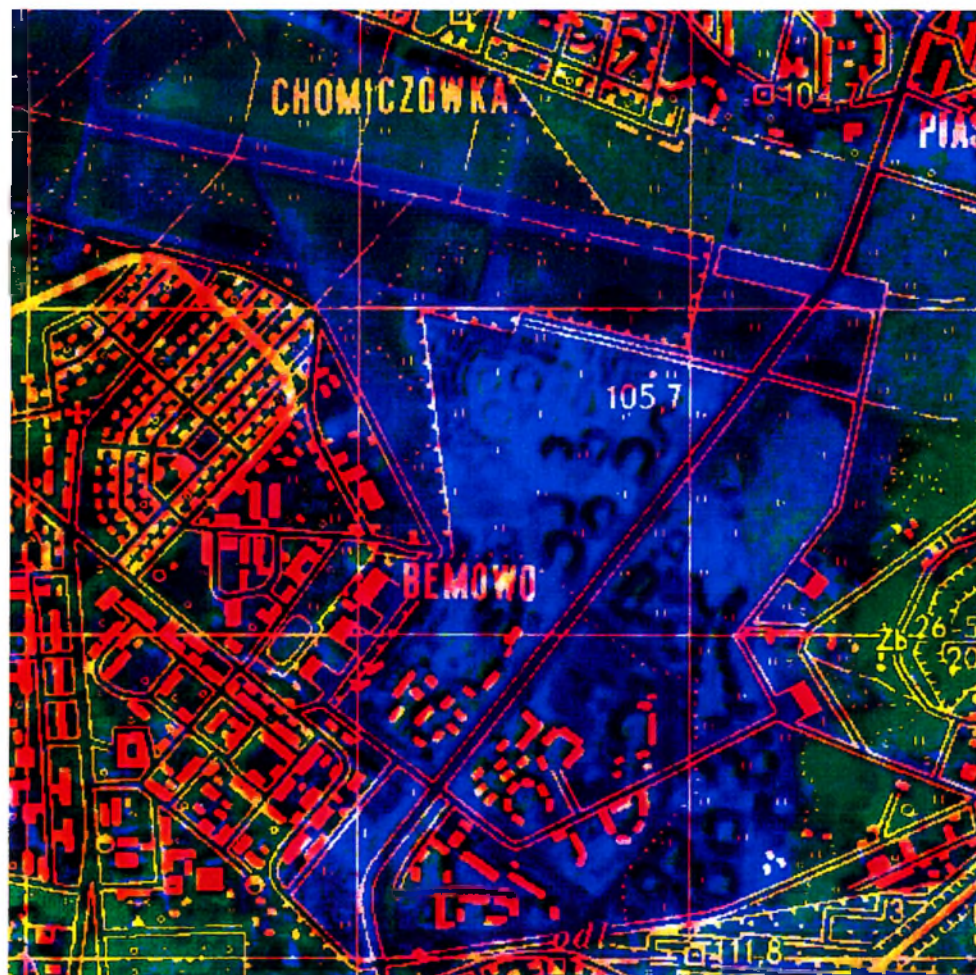


Fig. 5. Color composite as the results of processing on PS:

- SPOT XS3 (R) + KVR (G) + SPOT XS2 (B) → IHS
- enhancement of Intensity (I)
- TOPOMAP (R) + SPOT XS3 (G) + I (B)

In red color are shown features existing on both KVR - 1000 image (1992) and Topomap 1:50 000 (1983). In green color are shown parks, grass areas. In blue color are shown regions of changing 1983-1992.

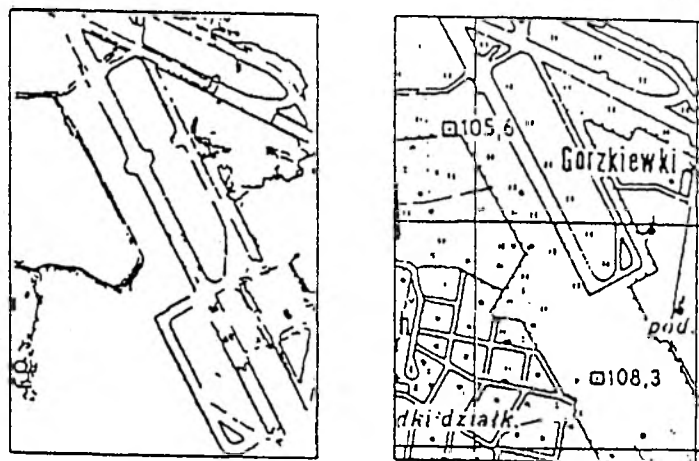


Fig 6. Results of automatic extraction of new map features from KVR - 1000 image

REFERENCES

- [1] Bochenek Z.: *Use of the satellite imagery for revision of the topographic maps*. Proceedings of the Institute of Geodesy and Cartography 1995 Vol. 52, No. 92
- [2] Fedorowicz-Jackowski W.: *Application of satellite imagery for GIS implementation. Example from northern Poland*. In: 3rd France-Polish Symposium, Warsaw 1994
- [3] Fritz L.W.: *Recent Developments for Optical Earth Observation in the United States*. Photogrammetric Week'95. Wichmann, Stuttgart 1995, p.75-83
- [4] Jacobsen K.: *Comparative analysis of the potential of satellite images for mapping*. In: Proceedings of the ISPRS Com. IV Conference «International Mapping from Space». Hannover, edited by G.Konecny, (University of Hannover) 1993, p. 107-113
- [5] Kaczynski R., Konieczny J.: *High resolution soviet space photographs for topographic mapping*. In: 16th ISPRS Congress, Kyoto. Int. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing. Com. II 1988 Vol.27, T.B2, p. 501-505

-
- [6] Kaczynski R.: *Application of filtering techniques in spatial and frequency domains for improving accuracy of supervised classification*. Proceedings of the Institute of Geodesy and Cartography. Vol. 50, No. 1, 1993, p. 37-58
 - [7] Kaczynski R.: *Satellite Image Map of Warsaw area in scale 1:50 000* (in digital format and as hardcopy), 1993
 - [8] Kaczynski R., Muller F. and Donnay J.P.: *Satellite image map of Warsaw in the scale 1:25 000*. In: 14th EARSeL symposium «Topography from Space». Goteborg, Sweden 1994
 - [9] Kaczynski R.: *Mapa satelitarna Warszawy w skali 1:25 000* wydana przez IGIK w 1994 r. ISBN 83- 900969-3-5
 - [10] Kaufmann K.U., Bouchroithner M.F.: *Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten von Satellitenbilddaten durch digitale Kombination von Landsat-TM und KWR-1000 Daten*. ZPF 4 /1994, p.133-137
 - [11] Konecny G.: *Current status and future program*. ISPRS Com. IV Symposium. Gorgia, Athens, USA 1994
 - [12] Kramer J. and Illhardt E.: *Usage of space photos with high resolution by the KFA-1000 camera for the reduced updating of maps on the scale 1:25 000*. Vermessungstechnik 1990 38, pp. 5-9
 - [13] Marek K.-H., Weigelt A.: *The 3rd generation of space photography*, In: Proceedings of the ISPRS Com. IV Conference «International Mapping from Space». Hannover, edited by G. Konecny, (University of Hannover), 1993, p. 101-106
 - [14] Muller F., Donnay J.P. and Kaczynski R.: *Evaluation of high resolution Russian satellite photographs for map revision up to the scale 1:25 000*. In: Proceedings of the ISPRS Com. IV Symposium on Mapping and GIS, Athens, Georgia, USA 1994, p. 304-310
 - [15] Riess A., Albertz J., Sollner R. and Tauch, R.: *Neue hochauflösende Satellitenbilddaten aus Russland*. ZPF 1/1993, p. 42-46
 - [16] Sollner R.: *First Experiences with the application of superhigh resolution photographs*. In: Proceedings of the ISPRS Com. IV Conference «International Mapping from Space». Hannover, edited by G. Konecny, (University of Hannover), 1993, p.117-127

- [17] *Utilisation de l'imagerie spatiale russe KOSMOS pour la mise jour de la carte topographique et des banques de données géographiques. Report Final. Liege, edited by J.P. Donnay, (Universite de Liege), 1994*

Recenzował: doc. dr hab. inż. Adam Linsenbarth

Przyjęto do opublikowania w kwietniu 1997 roku

ROMUALD KACZYŃSKI

WYSOKOROZDZIELCZE
ROSYJSKIE ZDJĘCIA SATELITARNE
DLA OPRACOWANIA MAP TERENÓW MIEJSKICH

S t r e s z c z e n i e

Prezentowane są doświadczenia zdobyte w IGiK i Laboratorium SURFACES Uniwersytetu w Liege dotyczące wykorzystania zdjęć satelitarnych w opracowaniu map topograficznych i ich aktualizacji w skalach 1:50 000 i 1:25000. Zamieszczono również wyniki prac innych autorów.

Wykorzystanie zobrazowań i zdjęć satelitarnych w opracowaniu map obrazowych przedstawiono m.in. na sympozjum MTFiT Komisji IV w Hanowerze w 1993 r. i w Athens, USA w 1994 r. Określono, że dla opracowania map dla celów planowania przestrzennego rejonów zurbanizowanych wielkość piksela powinna wynosić co najmniej 2 metry dla wyróżnienia zabudowań i 5 metrów dla wyróżnienia dróg podrzędnych. Duże bloki są już widoczne na zobrazowaniach cyfrowych rejestrowanych pikselem o wielkości 10 metrów. Biorąc powyższe pod uwagę jedynie dane satelitarne SPOT P, MOMS-02 i rosyjskie wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne mogą być przydatne do tego celu. W latach 1996 i 1997 planowane jest przez USA umieszczenie na orbicie satelitów nowej generacji ze skanerami zbierającymi dane panchromatyczne pikselem o wymiarach 1x1 m (Fritz 1995).

Dotychczasowe prace prowadzone w IGiK dotyczące aktualizacji map topograficznych w skali 1:50 000 na podstawie rosyjskich zdjęć spektrostrefowych KFA-1000 pozwoliły na wizualne wydzielenie nstp. elementów sytuacyjnych:

- domy dłuższe niż 20 m i szersze niż 10 m;
- lotniska;
- mosty szersze niż 4 m;
- linie kolejowe, drogi i główne ulice;
- rejonry przemysłowe;
- kanały i rzeki szersze niż 3 m;

- zapory wodne;
- lasy i parki;
- łąki;
- pola uprawne szersze niż 20 m.

Nie można było wydzielić z tych zdjęć nstp. elementów sytuacyjnych:

- domy mniejsze niż 20 m;
- linie wysokiego napięcia i linie telefoniczne;
- pomniki;
- stacje benzynowe;
- lasy i parki o powierzchni mniejszej jak 20x20 m.

Podobnie jak to ma miejsce przy stosowaniu małoskalowych zdjęć lotniczych 20% szczegółów topograficznych, przedstawianych na mapie topograficznej w skali 1:50 000, należy odczytać bezpośrednio w terenie. Analogowe instrumenty fotogrametryczne jak n.p. Zoom Transfer Scope czy Kartoflex Zeissa mogą być użyte do wizualnej interpretacji z dokładnością $mp = \pm 0.3$ mm.

Autograph analityczny Planicomp i Orthocomp Z-1 ZEISS były użyte do opracowania ortofotomapy satelitarnej w skali 1:50 000 już w 1988 roku, a rezultaty prac opublikowano na XVI Międzynarodowym Kongresie Fotogrametrii i Teledetekcji w Kyoto w 1988 r. (Kaczyński 1988).

W Zakładzie Fotogrametrii IGiK opracowano również wówczas oprogramowanie do wyrównania kosmotriangulacji bloku zdjęć KFA-1000. Otrzymano dokładność $m_{x,y} = \pm 7$ m i $m_z = \pm 30$ m. Ze względu na mały stosunek bazowy ($b/h = 1/8.3$) Numeryczny Model Terenu nie może być generowany z dużą dokładnością.

Krammer (1990) opublikował również wyniki swoich prac dotyczących opracowań zdjęć KFA -1000.

Dostępne od niedawna rosyjskie wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne KVR-1000 znane w USA również jako DD-5 wykonywane są szpiegowskimi kamerami panoramicznymi na błonie panchromatycznej z wysokości około 240km. W zależności od stosunku kontrastu obiektu do kontrastu tła terenowa zdolność rozdzielcza wynosi od 1,2 m do 4 m. Na podstawie interpretacji tych zdjęć można wydzielić nstp. elementy sytuacyjne mapy topograficznej w skalach 1:50 000 i 1:25 000:

- autostrady, drogi i ulice 100%
- linie kolejowe 100%
- sieć hydrograficzna 100%
- pojedyncze zabudowania 95%
- gęsta zabudowa 100%
- lasy 100%
- parki 100%
- tereny przemysłowe 86%

Na podstawie tych zdjęć możliwe jest również opracowanie map satelitarnych w skalach 1:50 000 i 1:25 000, a nawet w skali 1:10 000 (Fedorowicz 1994).

Mapę satelitarną Warszawy w skali 1:25 000 opracowano w IGiK na podstawie połączonych zdjęć KVR-1000 i cyfrowych zobrazowań wielospektralnych SPOT XS (Kaczynski 1994).

Od 1995 roku dostępne są również inne zdjęcia satelitarne wykonywane z rosyjskich satelitów kamera KFA-3000. Zdjęcia te pozwalają na opracowanie i aktualizację map topograficznych do skali 1:10 000.

Negatyw zdjęcia KVR-1000 w skali 1:240 000 rejonu Warszawy został zeskanowany aperturą 25x25 um na P-1700 Optronics oraz aperturą 15x15 um na PS-1 ZEISS/INTERGRAPH. W rezultacie filtracji zeskanowanego zdjęcia otrzymano poprawny obraz, który wykorzystano do dalszych opracowań.

W rezultacie opracowania na systemach cyfrowej analizy obrazów ISI-2 INTERGRAPH i VI²STA International Imaging Systems otrzymano nstp. cyfrowe mapy satelitarne:

- mapa satelitarna Warszawy w skali 1:25,000 z połączenia KVR-1000 i SPOT XS o dokładności $mp = \pm 0.3$ mm w skali mapy czyli $mp = \pm 7.8$ m w terenie;

- mapa satelitarna Warszawy w skali 1:25 000 z nałożoną treścią sytuacyjną z mapy topograficznej wydanej przez WZKart w 1983 roku. Treść topograficzna pierworysu mapy została zeskanowana na skanerze ANATech 3640 aperturą 800 dpi i zarejestrowana cyfrowo jako obraz 1 bitowy. Obraz ten połączony został cyfrowo z obrazową mapą satelitarną w skali 1:25 000.

Mapa ta została wykorzystana do aktualizacji mapy topograficznej przeprowadzonej bezpośrednio na ekranie monitora wykorzystując oprogramowanie MicroStation Bentley/INTERGRAPH.

Na rys.1 pokazano schemat aktualizacji mapy topograficznej na podstawie połączonych zobrazowań cyfrowych. Przykłady wyników aktualizacji pokazano na rys.2-5. Na rys. 6 zamieszczono rezultat cyfrowego wydobycia elementów liniowych z obrazu KVR-1000. Wykorzystano do tego celu oprogramowanie VI²STA firmy International Imaging Systems. Krawędzie pasa startowego zostały wydzielone z czarno-białego zdjęcia KVR-1000.

KVR-1000 niezależnie lub w połączeniu z zobrazowaniem SPOT XS mogą być wykorzystane również do aktualizacji map topograficznych do skali 1:25 000. Sollner (1993) również potwierdził przydatność zdjęć KVR-1000 do identyfikacji obiektów wojskowych. Donnay (1994) i Bochenek (1995) opublikowali wyniki klasyfikacji nadzorowanej połączonych zobrazowań SPOT XS i KVR-1000 na systemach ERDAS i ISI-2 INTERGRAPH i ich przydatność do aktualizacji map topograficznych rejonów Warszawy i Liege w skali 1:50000. Ustalono, że nstp. elementy topograficzne zostały wydzielone jako niezależne klasy:

- wody
- główne drogi i ulice
- zabudowa zwarta
- zabudowa rozproszona
- lasy
- ogrody i zabudowa willowa
- łąki
- parki
- gleba
- pola uprawne.

Reasumując, można stwierdzić, że zdjęcia satelitarne KVR-1000 zeskanowane aperturą w przedziale 7.5 um do 25 um mogą być użyte do opracowań czarno-białych map satelitarnych w skali 1:50 000 i 1:25 000 z wymaganą dokładnością kartometryczną.

Barwne mapy satelitarne mogą być generowane cyfrowo do skali 1:25000 na podstawie połączonych zdjęć KVR-1000 i SPOT XS. Generowanie NMT na podstawie zdjęć KVR-1000 jest niemożliwe.

Wykorzystanie zdjęć KVR-1000 do opracowań map miast zalecane jest wówczas, jeżeli brak jest aktualnych małoskalowych zdjęć lotniczych oraz dla dużych obszarów (rzędu 1500 km²). Do opracowań małych miast bardziej ekonomiczne wydaje się użycie makalowych zdjęć lotniczych.

Do korekcji zdjęć KVR-1000 wskazane jest wykorzystanie współrzędnych fotopunktów z aerotriangulacji lub pomierzonych bezpośrednio w terenie techniką GPS. W przypadku korzystania ze współrzędnych punktów pomierzonych na mapie topograficznej w skali 1:25 000 należy liczyć się z błędem identyfikacji i pomiaru punktu rzędu $mp = \pm 0.25$ mm tj. $mp = \pm 6$ m w terenie.

РОМУАЛЬД КАЧИНЬСКИ

РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ
С БОЛЬШОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КАРТ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Р е з ю м е

Представлены опыты, полученные в ИГиК и лаборатории SURFACES Университета в Льеж, касающиеся использования спутниковых снимков при разработке топографических карт и их обновлении в масштабах 1:50 000 и 1:25 000. Помещены также результаты работ других авторов.

Использование спутниковых изображений и снимков при разработке изобразительных карт было представлено, между прочим, на симпозиуме МТФИТ Комиссии IV в Ганovere в 1993 г. и в Athens, США в 1994 г. Определено, что для разработки карт для целей пространственного планирования градостроительных районов величина пикселя должна составлять, по крайней мере, 2 метра для выделения построек и 5 метров для выделения второстепенных дорог. Крупные постройки видны уже на цифровых изображениях, зарегистрированных пикселем величиной 10 метров. Учитывая вышесказанное, только спутниковые данные SPOT R, MOMS-02 и российские спутниковые снимки с большой разрешающей способностью могут быть пригодны для этой цели. В 1996 и 1997 годах США планируют помещение на орбите спутников нового поколения со сканерами, собирающими панхроматические данные пикселем размерами 1х1 метр /Фриц 1995/.

Работы, проводимые в ИГиК до сих пор относительно обновления топографических карт в масштабе 1:50 000 на основе российских спектрально-аналитических снимков КОА-1000, разрешили выделить визуально следующие элементы ситуации:

- дома длиной свыше 20 м и шириной свыше 10 м,
- аэродромы,
- мосты шире 4 м,
- железные дороги, дороги и главные улицы,
- промышленные районы,
- каналы и реки шириной свыше 3 м,
- водоплотины,
- леса и парки,
- луга,
- посевные поля шире 20 м.

Нельзя было выделить на этих снимках следующих элементов ситуации:

- дома меньше 20 м,
- линии высокого напряжения и телефонные линии,
- памятники,
- бензозаправочные станции,
- леса и парки площадью меньше, чем 20х20 м.

Подобно, как это имело место при применении мелкомасштабных аэроснимков, 20% топографических деталей, представленных на топографической карте в масштабе 1:50 000, следует продешифровать непосредственно на местности. Аналоговые фотограмметрические инструменты, как например, Zoom Transfer Scope или Kartoflex Zeiss могут быть применены для визуальной интерпретации с точностью $mp=\pm 0.3$ mm.

Аналитический автограф Planicomp и Orthocomp Z-1 ZEISS были применены для составления спутниковой ортофотокарты в масштабе

1:50 000 уже в 1988 году, а результаты работ были опубликованы на XVI Международном конгрессе фотограмметрии и дистанционного зондирования в Киото в 1988 г. /Качиньски 1988/.

В Отделе фотограмметрии ИГиК было разработано в то время также программное обеспечение для уравнивания космотриангуляции блока снимков КФА-1000. Была получена точность $m_x, y = \pm 7$ м и $m_z = \pm 30$ м. Ввиду небольшого базисного соотношения ($b/h=1/8.3$) Цифровая модель местности не может быть генерирована с большой точностью.

Краммер /1990/ опубликовал также результаты своих работ относительно обработки снимков КФА-1000.

Доступные с некоторого времени Российские спутниковые снимки с большой разрешающей способностью KVR-1000, известные в США как DD-5, выполнены шпионскими панорамными камерами на панхроматической плёнке с высоты около 240 км. В зависимости от соотношения контраста объекта к контрасту фона полевая разрешающая способность составляет от 1,2 м до 4 м. На основе интерпретации этих снимков можно выделить следующие элементы ситуации топографической карты в масштабах 1:50 000 и 1:25 000:

- автострады, дороги и улицы 100%
- железные дороги 100%
- гидрографическая сеть 100%
- единичные постройки 95%
- сплошная застройка 100%
- леса 100%
- парки 100%
- промышленные территории 86%.

На основе этих снимков возможным является разработка спутниковых карт в масштабах 1:50 000 и 1:25 000, а даже в масштабе 1:10 000 /Федорович 1994/.

Космическая карта Варшавы в масштабе 1:25 000 разработана в ИГиК на основе совмещения снимков KVR-1000 и цифровых многозональных изображений SPOT XS /Качиньски 1994/.

С 1995 г. доступны также другие космические снимки, выполненные с российских спутников камерой КФА-3000. Эти снимки разрешают разработать и обновить топографические карты до масштаба 1:10 000.

Негатив снимка KVR-1000 в масштабе 1:240 000 района Варшавы был сканирован апертурой $25 \times 25 \mu\text{m}$ на P-1700 Optronics и апертурой $15 \times 15 \mu\text{m}$ на PS-1 ZEISS/INTERGRAPH. В результате фильтрации сканированного снимка было получено правильное изображение, которое было использовано для дальнейших разработок.

В результате обработки на системах цифрового анализа изображений ISI-2 INTERGRAPH и VISTA International Imaging Systems были получены следующие цифровые космические карты:

– космическая карта Варшавы в масштабе 1:25 000 из совмещения KVP-1000 и SPOT XS с точностью $mp=\pm 0.3$ mm в масштабе карты, т.е. $mp=\pm 7.8$ m на местности,

– космическая карта Варшавы в масштабе 1:25 000 с наложенным содержанием ситуации с топографической карты, изданной Военным картографическим предприятием в 1983 году. Топографическое содержание составительского оригинала карты было сканировано на сканере ANATech 3640 апертурой 800 dpi и зарегистрировано в цифровом виде как изображение 1 битовое. Это изображение было совмещено цифрово со спутниковой изобразительной картой в масштабе 1:25 000.

Эта карта была использована для обновления топографической карты проводимого непосредственно на экране монитора с использованием программного обеспечения MicroStation Bentley/INTERGRAPH.

На рис. 1 показана схема актуализации топографической карты на основе совмещённых цифровых изображений. Примеры результатов актуализации показаны на рис. 2–4. На рис. 5 помещён результат цифрового выделения линейных элементов из изображения KVR-1000. Использовано для этой цели программное обеспечение VISTA фирмы International Imaging Systems. Края взлётной дорожки были выделены из чёрно-белого снимка KVR-1000.

KVR-1000 независимо от совмещения с изображением SPOT XS могут быть использованы также для актуализации топографических карт в масштабе 1:25 000. Соллер /1993/ также подтвердил пригодность снимков KVR-1000 для идентификации военных объектов. Донней/1994/ и Бохенек /1995/ опубликовали результаты классификации “с учителем” совмещённых изображений SPOT XS и KVR-1000 на системах ERDAS и ISI-2 INTERGRAPH и их пригодность для актуализации топографических карт районов Варшавы и Льеж в масштабе 1:50 000. Установлено, что следующие топографические элементы выделены как независимые классы:

- воды
- главные дороги и улицы
- сплошная застройка
- рассредоточенная застройка
- леса
- сады и вилловая застройка
- луга
- парки
- почва
- обрабатываемые поля.

Суммируя, можно констатировать, что космические снимки KVR-1000 сканированные апертурой в интервале 7.5 μ m до 25 μ m могут быть использованы для разработки черно-белых космических карт в масштабе 1:50 000 и 1:25 000 с требуемой точностью.

Цветные космические карты могут быть генерированы цифрово до масштаба 1:25 000 на основе совмещённых снимков KVR-1000 и SPOT XS. Генерирование цифровой модели местности на основе снимков KVR-1000 невозможно.

Использование снимков KVR-1000 для разработки карт городов рекомендуется только тогда, если отсутствуют актуальные мелкомасштабные аэроснимки, а также для больших территорий /порядка 1500 км²/. Для разработки карт малых городов наиболее экономичным кажется использование мелкомасштабных аэрофотоснимков.

Для коррекции снимков KVR-1000 рекомендуется использование координат опознаков из аэротриангуляции или измеренных непосредственно на местности техникой GPS. В случае использования координат пунктов измеренных на топографической карте в масштабе 1:25 000 следует считаться с ошибкой идентификации и измерения пункта порядка $m_p = \pm 0,25 \text{ mm}$ т.е. $m_p = \pm 6 \text{ m}$ на местности.

Перевод: Róża Tołstikowa