

Edward NOWAK, Ryszard PREUSS

Politechnika Warszawska

## ZASTOSOWANIE FOTOGRAMERTII DO INWENTARYZACJI TERENÓW OBJĘTYCH EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ

**Streszczenie.** Wykonywanie prac geodezyjnych w terenach niestabilnych wymaga rozwiązania problemu konserwacji układu odniesienia. W warunkach Górnego Śląska, gdzie natężenie ruchów dochodzi do 2 cm na dobę, a rozległość obszaru deformacji wywołanych działalnością górniczą przekracza 10 km, stanowi to trudne i ważne zagadnienie. Praca przedstawia technologię aktualizacji osnowy wykorzystującą aerotriangulację przestrzenną o podwyższonej dokładności, opartą na fotopunktach wyznaczonych techniką GPS w momencie nalotu.

## PHOTOGRAMMETRIC INVENTORY OF GEODETIC NETWORK ON MINING AREAS

**Summary.** Geodetic works performed on areas of mining subsidence require solving a problem of stability of a reference system and a method of preserving it. This task seems to be essential and difficult to deal on the areas like Upper Silesia where the movement of ground caused by mining activities, is bigger then 20 mm during 24 hours on the area of 10 km. The paper presents technology of revising a network based on increased accuracy aerial triangulation using ground control points determined by means of GPS receivers during a flight.

### 1. WPROWADZENIE

Podstawową funkcją osnowy geodezyjnej jest konserwacja przyjętego dla danego obszaru układu odniesienia i udostępnianie go każdemu geodecie w wybranym przez niego miejscu i czasie.

W tym celu punkty osnowy muszą:

- istnieć fizycznie w terenie i to z taką gęstością, aby nawiązanie się do nich nie powodowało znaczącego wzrostu czasu i kosztów wykonania zleconego geodecie zadania,
- istnieć w liczbowej przestrzeni kartograficznej, czyli po prostu mieć aktualne współrzędne (wraz z rzetelnymi charakterystykami dokładnościowymi) w obowiązującym układzie odniesienia.

Oczywiste jest przy tym, że punkt osnowy geodezyjnej tak długo zasługuje na to miano, jak długo istnieje jako jeden i ten sam punkt w obu układach odniesienia, czyli wówczas, gdy reprezentuje poprawne odwzorowanie wzajemne obu tych przestrzeni. Taka osnowa umożliwi kontrolę dokładności pomiaru wszystkich nawiązanych, a nawet otwartych konstrukcji geodezyjnych.

Współczesne tendencje zastąpienia tradycyjnej formy kartograficznej ewidencji stanu zagospodarowania terenu systemem informatycznym stawiają nowe wymogi dla osnowy. Wartość użytkowa *Systemu informacji o terenie* jest ściśle uzależniona od aktualności zawartych w niej informacji. Dlatego jego sprawne funkcjonowanie wymaga ciągłego pozyskiwania informacji z pomiarów wykonywanych w rejonach, których stan zagospodarowania zmienia się pod wpływem działalności konstruktywnej bądź niszczącej. Geometryczną spójność tego potoku informacyjnego może zapewnić tylko równocześnie aktualizowana osnowa.

Natężenie wpływów deformacji powierzchni jest na terenie województwa katowickiego nie tylko zróżnicowane co do obszarów ich występowania, ale również co do intensywności. Stąd osnowa geodezyjna pozioma i wysokościowa na terenie województwa na skutek stale deformującej się powierzchni praktycznie nie istnieje, co stwarza poważne problemy dla prac geodezyjnych związanych z realizacją zagospodarowania powierzchni, a ustawiczne jej aktualizowanie wymaga dużych nakładów finansowych. Rozwiązaniem powyższych niedogodności będzie stworzenie na całym obszarze województwa katowickiego *Regionalnej dynamicznej osnowy geodezyjnej*. W niniejszym artykule jest prezentowane zastosowanie fotogrametrii dla okresowej inwentaryzacji dynamicznej osnowy geodezyjnej.

## 2. KONCEPCJA REGIONALNEJ OSNOWY DYNAMICZNEJ

System dynamicznej osnowy geodezyjnej ma za zadanie śledzenie aktualnych pozycji punktów geodezyjnych w przestrzeni trójwymiarowej  $XYH$ . W tym celu należy go wyposażyć w sprawny aparat inwentaryzacji bieżących pozycji punktów metodami geodezyjnymi. W celu uchwycenia ruchu niezbędne jest posiadanie i konserwowanie stałego układu współrzędnych  $XYH$ .

Zadaniem Systemu ISDOG będzie dostarczanie aktualnych pozycji  $XYH$  punktów trójwymiarowej osnowy geodezyjnej na dowolny moment czasowy. Istotą Systemu będzie integracja w jednej bazie danych, zarówno pomiarów wykonanych w dowolnych momentach,

jak i przestrzenno–czasowych charakterystyk przebiegu eksploatacji. Kluczowymi dla Systemu problemami są:

- właściwe potraktowanie czynnika czasu, a w szczególności rejestracja czasu pozyskania każdej informacji, zarówno pomiarowej, jak i eksploatacyjnej,
- integracja wyników pomiarów i prognozowania w procesie wzajemnej weryfikacji.

Dynamiczną osnową geodezyjną nazywamy zbiór punktów, dla którego posiadamy informację o położeniu przestrzennym w określonym przedziale czasu – w czasie przeszłym położenie wyznacza interpolacja między pozycjami inwentaryzowanymi technikami geodezyjnymi, a w czasie przyszłym prognozowanie na podstawie rejestracji przyczyny ruchu.

Osnowa dynamiczna ma za zadanie śledzenie pozycji punktów geodezyjnych w przestrzeni trójwymiarowej. Pożądane byłoby stosowanie zintegrowanej stabilizacji spełniającej jednocześnie rolę dotychczasowych punktów osnów poziomej i wysokościowej. Stosowanie technologii trójwymiarowych wymaga:

- w przypadku GPS czystego nieba 15 stopni nad horyzontem,
  - w przypadku aerotriangulacji czystego nieba 45 stopni nad horyzontem i trwałej sygnalizacji.
- Składające się na osnowę dynamiczną sieci kontrolne tworzą strukturę hierarchiczną, w której rzadkie sieci dostarczają punktów odniesienia sieciom dogęszczającym niższego rzędu. Rozróżniamy sieci: bazową, wypełniające i zagęszczające.

### 2. 1. Sieć bazowa

Sieć bazowa ma za zadanie konserwowanie stałego układu współrzędnych XYH odpowiadającego:

- poziomo — strefie V układu „1965”,
- wysokościowo — państwowemu systemowi wysokości normalnych.

Sieć ta będzie składała się z kilkunastu punktów (co najmniej 5) pomierzonych techniką GPS i nawiązanych do najwyższych klas osnów państwowych poziomej i wysokościowej. Sieć ta pokryje obszar województwa katowickiego – niektóre punkty mogą znajdować się poza jego granicami. Szczegółowa lokalizacja i stabilizacja punktów osnowy bazowej wymaga studiów budowy geologicznej i sejsmiki, podobnych jak lokalizacja reperów wiekowych. Punkty te powinny być zlokalizowane w terenach stabilnych poza wpływem eksploatacji górniczej w pobliżu punktów państwowej osnowy poziomej i wysokościowej I i II klasy. Stabilizacja tych punktów powinna gwarantować trwałość oraz możliwość wyznaczenia współrzędnych przestrzennych XYH z dokładnością rzędu  $\pm 5$  mm.

Punkty te powinny być nawiązane sytuacyjnie i wysokościowo do państwowej osnowy podstawowej. Zastosowane do tego celu geometryczne konstrukcje nawiązujące powinny spełnić wspomniane wcześniej kryteria dokładnościowe. Biorąc pod uwagę, że podstawową technologią pomiarową dla kontroli stałości tych punktów będzie GPS, lokalizacja każdego z punktów bazowych powinna gwarantować dobre warunki pomiarowe dla tej techniki pomiaru. Przedstawiona wielofunkcyjność oraz integracyjny charakter punktów sieci bazowej wymaga

specjalnego sposobu stabilizacji tych punktów. Proponowana stabilizacja spełnia warunki, aby punkt bazowy mógł być równocześnie:

- punktem precyzyjnej sieci poziomej w układzie 1965 strefa V,
- reperem niwelacji precyzyjnej w systemie wysokości normalnych,
- punktem przestrzennym GPS w układzie globalnym.

## 2. 2. Sieć wypełniająca

Sieć wypełniająca stanowi zbiór punktów będących rozwinięciem sieci bazowej w celu stworzenia warunków do nawiązania sieci zagęszczającej. Biorąc pod uwagę, że do zakładania sieci zagęszczającej proponowaną podstawową technologią jest aerotriangulacja, punkty sieci wypełniającej powinny być rozmieszczone regularnie na całym obszarze z uwzględnieniem przebiegu zaplanowanych osi nalotów zdjęć lotniczych. Stopień zagęszczenia punktów osnowy wypełniającej powinien wynosić 1 punkt na 6–8 km<sup>2</sup> niezależnie od charakteru zagospodarowania terenu. Położenie punktów osnowy wypełniającej należy wyznaczyć techniką GPS lub metodami pomiaru bezpośredniego przewidzianymi przy wyznaczaniu osnowy poziomej II klasy. Na terenach aktywnych czas pomiaru tej osnowy powinien być zsynchronizowany z wykonaniem zdjęć lotniczych w celu zakładania osnowy zagęszczającej. Maksymalne rozbieżności czasowe pomiędzy pomiarem techniką GPS a czasem wykonania zdjęć nie mogą przekroczyć dwóch tygodni. Ze względu na przestrzenny charakter tych punktów ich stabilizacja powinna gwarantować poprawne nawiązanie zarówno sytuacyjne, jak i wysokościowe. Lokalizacja tych punktów musi gwarantować poprawne warunki pomiaru techniką GPS oraz nawiązania dla aerotriangulacji. Dokładność wyznaczenia położenia punktów osnowy wypełniającej oszacowana na podstawie błędów średnich po wyrównaniu względem punktów sieci bazowej powinna spełnić warunek  $m_p < 0,05$  m oraz  $m_h < 0,05$  m. Wszystkie punkty osnowy wypełniającej podlegają trwałej stabilizacji oraz okresowej kontroli.

## 2. 3. Sieć zagęszczająca

Sieć zagęszczająca stanowi zbiór punktów służący do nawiązywania osnowy pomiarowej w celu wykonywania szczegółowych pomiarów geodezyjnych oraz linii obserwacyjnych dla analizy skutków eksploatacji górniczej. Punkty tej sieci powinny być zakładane na obszarach aktywnych metodą aerotriangulacji przy spełnieniu niżej określonych wymogów.

Na obszarach stabilnych można alternatywnie stosować metody pomiarów bezpośrednich przewidziane dla zakładania osnowy poziomej III klasy (instrukcja G – 1). Używając tych metod, należy stosować nawiązania wielopunktowe pozwalające na poprawną weryfikację i wyrównanie obserwacji.

Sieć zagęszczająca będą tworzyły również wszystkie punkty osnowy dotychczas eksploatowanych przez służby państwowe, komunalne, górnicze, kolejowe itp. Gęstość rozmieszczenia punktów osnowy zagęszczającej powinna wynosić średnio 1 punkt na 5 – 8 ha. Lokalizacja tych punktów powinna stworzyć warunki bezpośredniego pomiaru szczegółów

terenowych. Punkty zagęszczające przeznaczone do wyznaczania parametrów trajektorii ruchu na obszarach aktywnych powinny być sygnalizowane w sposób trwały.

### 3. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIE FOTOGRAMETRYCZNE

Uzyskanie parametrów dokładnościowych okresowej inwentaryzacji sieci wypełniającej *Regionalnej osnowy dynamicznej* przez metodę fotogrametryczną wymaga stosowania specyficznego, niżej opisanego, reżimu technologicznego.

#### 3.1. Projekt lotu

Skala zdjęć – ok. 1:10 000, pokrycie podłużne i poprzeczne – ok. 60%. Kierunek osi szeregów trzeba dostosować do kroju map 1:1000. Osie szeregów należy zaprojektować w sposób ciągły dla całego obszaru województwa. Jako typowy przyjmuje się blok zdjęć obejmujący obszar 4 arkuszy mapy w skali 1:10 000 ( $160 \text{ km}^2$  – ok. 350 zdjęć). Dla bloków zewnętrznych znajdujących się na obrzeżu województwa wielkość bloku może obejmować większy obszar (do  $225 \text{ km}^2$ , tj. ok. 500 zdjęć). Dla tych bloków nawet w przypadku krzywoliniowego przebiegu granicy województwa obrys projektowanego bloku powinien być zbliżony do prostokąta. Zmniejsza to liczbę wymaganych punktów osnowy oraz podnosi dokładność wyznaczanych współrzędnych punktów. Raz opracowany projekt jest stały dla wszystkich kolejnych fotografowań na obszarach podlegających wpływowi eksploatacji górniczej.

#### 3. 2. Rozmieszczenie punktów wyznaczanych i wiążących

Przy skali 1:10 000 i pokryciach 60% szerokość potrójnego i podwójnego pokrycia (po 20%) to 460 m. Chcąc, aby co najmniej dwa punkty znalazły się w pasie potrójnego pokrycia (w szeregu lub między szeregami), należy zlokalizować je w regularnej siatce o bokach ok. 690 m; daje to przeciętną gęstość 1 punkt na 38 ha, to jest dużo rzadszą niż instrukcyjny wymieniony dla III klasy. Podwyższając wymagania do 3 takich punktów otrzymujemy siatkę o bokach 460 m, co oznacza przeciętną gęstość 1 punkt na 21 ha, a więc ciągle niższą od wymogów instrukcji.

Przy powyższej skali i pokryciach rośnie także tolerancja – do poziomu odpowiednio ok. 300 i 200 m.

Podsumowując – wszystkie punkty wiążące będą stabilizowanymi punktami osnowy III klasy. Ten zespół punktów należy zagęścić, biorąc pod uwagę że:

- w każdym pasie pokrycia poprzecznego między szeregami odległość między sąsiednimi punktami wiążącymi nie może być większa niż pół bazy fotografowania,
- dla zdjęć obejmujących obszar poza przyjętym obrysem obiektu należy również zabezpieczyć terenową sygnalizację punktów wiążących.

### 3. 3. Stabilizacja i sygnalizacja punktów

Punkty należy zastabilizować tak, aby:

- odfotografowały się bez sygnalizacji (dopuszcza się umycie znaku na ciągach komunikacyjnych i „odkoszenie” go na terenach trawiastych, chwastowych itp.,
- powierzchnia znaku pokrywała się z nawierzchnią na ciągach komunikacyjnych i lekko wystawała nad powierzchnię na terenach trawiastych itp.,
- znaki leżały na równym podłożu (nie na skarpach),
- należy zrezygnować z podcentrów, gdyż tracą one sens przy dużym (a taki musi być) znaku głównym, współcześnie dużej gęstości osnowy oraz coraz efektywniejszych technologicznych pomiarach.

### 3. 4. Pomiar osnowy dla aerotriangulacji

Zakłada się, że punktami osnowy terenowej do wykonania aerotriangulacji będą punkty wypełniające RDOS. Podstawowa technika pomiaru GPS synchronizowana jest z momentem wykonywania zdjęć lotniczych. Pomiar GPS musi być każdorazowo nawiązany do 3 – 5 punktów bazowych województwa. Pomiar zaczyna się synchronicznie z wykonaniem zdjęć. Pierwszeństwo — punkty o najszybszym ruchu. Przy zastosowaniu tradycyjnych metod geodezyjnych należy dla wyznaczeń stosować konstrukcje przestrzenne; kierunkowo–liniowe, niwelację geometryczną lub trygonometryczną z równoczesnym pomiarem kątów pionowych. Pomiaru te również muszą być nawiązane do punktów bazowych.

### 3. 5. Prace terenowe

Przy osnowie rozmieszczonej i zastabilizowanej jak wyżej prace te przy pomiarze wyjściowym ograniczają się do:

- objazdu wszystkich znaków i ewentualnego „obkoszenia” tych, które tego potrzebują – jeden raz przed każdym fotografowaniem;
- identyfikacji wszystkich punktów na odbitkach stykowych. Odbitki te należy ołaminować, gdyż będą one służyć przy objeździe znaków przed kolejnym fotografowaniem terenu, co będzie jedyną czynnością terenową dla drugiego i dalszych pomiarów.

### 3. 6. Aerotriangulacja

Pomiar zdjęć lotniczych należy wykonać na autografie analitycznym lub stereokomparatorze precyzyjnym. W przypadku tego drugiego instrumentu obserwacje na nim powinny być wspomagane komputerowo systemem „NADZOR” w celu zagwarantowania niezbędnej dokładności i niezawodności pomiaru.

Umożliwi on również w kolejnych pomiarach tego samego obszaru właściwą identyfikację numeryczną punktów wyznaczonych bez potrzeby wykonywania odbitek stykowych. W czasie pomiaru należy zagwarantować minimum tolerancję  $\pm 15\mu\text{m}$  dla podwójnych obserwacji. W celu zasadniczego wyrównania należy zastosować bezwzględnie metodę niezależnych wiązek, potrafiącą prawidłowo wykorzystać geometrię zdjęć powstałą na skutek stosowania 60%

pokrycia poprzecznego. W procesie obliczeń i przetwarzania obserwacji należy wprowadzić korekcję szczątkowych błędów systematycznych. Do wyznaczania współrzędnych punktów na określonym obszarze, należy utworzyć blok zdjęć zawierający zdjęcia i szeregi obejmujące teren obiektu zwiększony o kołnierz zewnętrzny równy formatowi zdjęcia w skali terenowej. Postulat ten nie zwiększa liczby obserwacji przy przyjętym sposobie regularnego wykonywania zdjęć dla obszaru całego województwa, a w znakomity sposób rozwiązuje zagadnienie uzgadniania „styków” bloków.

Dla wyrównanych bloków należy sporządzić kopie archiwalne obserwacji i wyznaczonych współrzędnych punktów, gdyż będą one pomocne przy kolejnych pomiarach.

#### 4. PILOTOWE OPRACOWANIA

Technologię aerotriangulacji na potrzeby zagęszczania osnowy RDOG praktycznie przetestowano na dwóch obiektach pilotowych „Bytom” i „Wodzisław”. Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji osnowy szczegółowej II i III klasy wykonano sygnalizację terenową punktów. Sygnalizacji terenowej podlegały następujące kategorie punktów:

- punkty terenowej osnowy fotogrametrycznej,
- punkty wiążące w pasach pokrycia poprzecznego,
- punkty wyznaczone.

Przyjęta gęstość sygnalizacji miała zagwarantować wykonanie aerotriangulacji wyłącznie na podstawie punktów sygnalizowanych. Jako wzór sygnału przyjęto krzyż maltański o rozpiętości ramion 1 m, który w przypadku trwałej nawierzchni był malowany bezpośrednio na niej. Na terenach rolnych był on malowany na podkładzie z papy bitumicznej i wykładany.

Na obiekcie „Wodzisław” czas wykładania bądź malowania sygnałów wynosił trzy tygodnie. Ogólnie na tym obiekcie zasygnalizowano 1072 punktów w pierwszym pomiarze oraz 860 przy drugim opracowaniu.

Na obiekcie „Bytom” czas sygnalizacji trwał ok. 1,5 miesiąca. Łącznie na tym obiekcie zasygnalizowano 10222 punkty dla pierwszego pomiaru i 9760 punktów w czasie drugiej rejestracji.

Pomiary terenowej osnowy fotogrametrycznej oraz wytypowanych punktów osnowy szczegółowej zostały wykonane techniką GPS. Na obiekcie „Wodzisław” w pierwszym terminie pomierzono 70 punktów w ciągu 10 dni oraz 56 punktów w ciągu 4 dni w drugim terminie. Natomiast na obiekcie „Bytom” w pierwszym terminie pomiarowi podlegało 239 punktów, które zostały zaobserwowane w ciągu 2 miesięcy, a w drugim terminie wyznaczono 127 punktów w czasie 20 dni.

Po wykonaniu obróbki laboratoryjnej zdjęć lotniczych oraz przygotowaniu odbitek stykowych wykonano terenową identyfikację punktów sygnalizowanych. Stwierdzono, że w ciągu 1 tygodnia po zakończeniu sygnalizacji ok. 5% punktów ulega zniszczeniu bądź przesunięciu. Wszystkie zdjęcia wykonano tym samym stożkiem kamery (kamera RC – 10) przy

kierunku fotografowania północ – południe na materiale negatywowym AGFA – GEVAERT Pan 200. Przy pierwszej rejestracji na obiekcie „Bytom” zastosowano skalę zdjęć 1:5600, a wszystkie następne naloty wykonano przy zastosowaniu skali ok. 1:9200.

Do pomiaru współrzędnych tłowych punktów na zdjęciach lotniczych używano stereokomparatorów precyzyjnych wspomaganym programowo systemem „NADZOR”. Pomiar prowadzono jednocześnie dla wszystkich punktów zarówno osnowy, jak i wyznaczanych obserwując wszystkie widoczne punkty na każdym modelu. W ten sposób każdy punkt był mierzony wielokrotnie na 2 – 6 modelach. Dostarczyło to dla każdego punktu 4 – 12 współrzędnych tłowych stanowiących niezależne obserwacje dla wyrównania sieci aerotriangulacji.

Dzięki zastosowaniu systemu wspomaganie obserwacji punkty przekraczające ustalony parametr tolerancji (w omawianym przykładzie  $15\mu\text{m}$ ) były na bieżąco eliminowane i zastępowane, o ile to było konieczne, nowo przenoszonymi punktami. Kontrolowano podwójne obserwacje na modelu, zgodność współrzędnych tłowych w pasie pokrycia podłużnego, wchrowatość promieni wcinających po wykonaniu orientacji wzajemnej i współrzędne terenowe po wykonaniu orientacji bezwzględnej w stosunku do osnowy terenowej i punktów pasa pokrycia poprzecznego. Taki sposób prowadzenia pomiaru gwarantował założoną technologicznie dokładność pomiaru oraz jego niezawodność.

Proces zasadniczego wyrównania całego materiału obserwacyjnego pozyskanego dla bloku zdjęć realizowany jest programem BUND metodą niezależnych wiązek na mikrokomputerze IBM PC – 486. W programie tym stosuje się wyznaczenie parametrów dodatkowych dla korekcji błędów systematycznych pozostających w materiale obserwacyjnym. Ocena wykonanej aerotriangulacji dokonywana jest przez określenie:

- średnich błędów wpasowania w osnowę terenową,
- średnich błędów punktów wyznaczanych (na podstawie odchyłek w punktach kontrolnych),
- średnich błędów pojedynczych obserwacji (wyrażonych w skali zdjęcia).

Tablica 1

Wyniki eksperymentów z 1991 roku. Sygnalizacja krzyż maltański 1 m

OBIEKT		PRACE TERENOWE		DOKŁADNOŚCI			
Nazwa pow.	skala 1 :	GPS pkt dni	sygnalizacja pkt dni	osn	mp	mh	tło
				cm	cm	cm	cm
Bytom 640 km <sup>2</sup>	5600	239 60	10222 48	4	7	14	6
	10200	127 20	9769 40	6	13	18	3
Wodzisław 160 km <sup>2</sup>	9200	79 10	1072 20	3	7	6	5
	9200	56 4	860 18	3	7	8	4



## 5. PODSUMOWANIE

Podsumowując uzyskane rezultaty aerotriangulacji w pierwszych pracach eksperymentalnych należy stwierdzić, że pomimo niespełnienia w pełni postulowanych rozwiązań techniczno organizacyjnych (brak synchronizacji pomiaru osnowy, różne terminy wykonania partii zdjęć oraz niepełna sygnalizacja punktów wiążących) są one zgodne z oczekiwaniem.

Analizowany eksperyment wykazał, że ostateczna efektywność jest warunkowana głównie poprawnym rozwiązaniem zagadnienia wyboru stabilizacji i organizacji sygnalizacji punktów terenowej osnowy fotogrametrycznej oraz punktów wyznaczanych. Dokładność wyznaczeń fotogrametrycznych zależy od precyzji i liczby obserwacji. Osiąga ona maksimum porównywalne do metod bezpośrednich w przypadku zastosowania aerotriangulacji, dlatego wszystkie punkty wyznaczane dla celów osnowy dynamicznej muszą być włączone do aerotriangulacji tworząc jednorodną konstrukcję przestrzenną, którą proponujemy nazwać *multiaerotriangulacją*. Jej parametry produkcyjne kształtują się następująco: skala 1:10 000, pokrycie podłużne równe poprzecznemu 60%; blok 350 zdjęć pokrywa obszar 160 km<sup>2</sup> odpowiadający 4 arkuszom mapy 1:10 000 osnowę terenową stanowi 9 Z – punktów i 25 F – punktów GPS nawiązanych do 5 punktów dynamicznej sieci bazowej.

## LITERATURA

1. Praca zbiorowa. Ochrona powierzchni przed szkodami górnictwami. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1980.
2. Nowak E., Preuss R.: System „NADZOR” do komputerowego nadzorowania obserwacji na stekometrze. Materiały Ogólnopolskiego Sympozjum „Fotogrametria i teledetekcja na terenach górnictwami”. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja z. 94, Kraków 1987.
3. Nowak E., Śliwka J.: System aktualizacji osnowy wysokościowej na terenach objętych eksploatacją górnictwami. Mat. IV Symp. „Współczesne problemy podstawowych sieci geodezyjnych”, Warszawa 1988.
4. Majde A., Nowak E., Śliwka J.: Dynamika osnowy geodezyjnej Górnego Śląska. „Przegląd Geodezyjny” 1992, nr 1.
5. Nowak E., Preuss R.: Modernizacja analogowego sprzętu fotogramerycznego dla realizacji opracowań numerycznych. Jesienna Szkoła Geodezji, Sobótka 1993.
6. „EXPERT” Sp. z o. o. Projekt techniczny regionalnej, dynamicznej osnowy geodezyjnej dla obszaru województwa katowickiego. Katowice 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Butowtt

**Abstract**

The paper presents a problem of preserving a reference system on the mining areas. A spatial dynamic net of Katowice province is discussed on details. The base net (12 points determined with accuracy of  $M_{xyz} = \pm 5 \text{ mm.}$ ) is tied in to the highest precision state horizontal and vertical control networks. These points are located on a boundary of province in such places which have tectonic characteristics required for fundamental bench marks and are suitable for GPS measurements. The second order net (1 point on 8 km, accuracy of  $M_{xyz} = \pm 20 \text{ mm.}$ ) consists of marked points of a horizontal second class control network determined by classical surveying methods or GPS measurements during the flight. There are also chosen marked points of railway and mining network included. The third order network (1 point on 20 ha, accuracy of  $M_{xyz} = \pm 50 \text{ mm.}$ ) consists of marked points of the third class horizontal control network that are used in a process of precise aerotriangulation performed on base of aerial photographs.

Table 1. Accuracy of the control network points	
Order	Accuracy $M_{xyz}$ [mm]
1st	$\pm 5$
2nd	$\pm 20$
3rd	$\pm 50$