

Przyczyny oraz zasady modernizacji szczegółowej poziomej osnowy kraju

1. Wstęp

W okresie od 1975 r. do 1978 r. Instytut Geodezji i Kartografii, przy ścisłej współpracy z instytutami uczelnianymi oraz przedsiębiorstwami produkcyjnymi, prowadził prace naukowo-badawcze nad oceną i modernizacją szczegółowej osnowy poziomej kraju oraz uczestniczył w opracowaniu instrukcji G-1 [6]. Część ww. prac, dotycząca wyrównania sieci i oceny dokładności, Instytut wykonał przy współpracy z Centrum Informatycznym Geodezji i Kartografii. Obecnie Centrum opracowuje część informatyczną omawianego zagadnienia — system numerycznego opracowania szczegółowych osnów poziomych.

Całość ww. prac jest próbą dokonania analizy i podsumowania wszystkich ważniejszych problemów wiążących się z opracowaniem zasad i technologii zakładania, analizy i kontroli obserwacji, wyrównania szczegółowych osnów poziomych, a następnie przechowania, aktualizacji i udostępniania danych geodezyjnych w odpowiednich układach. Wyniki omówionych prac będą stymulowały funkcjonowanie ważnego działu produkcji geodezyjnej w kraju co najmniej przez najbliższe 20 lat.

Przy omawianiu modernizacji szczegółowych osnów nie można pominąć zagadnienia osnowy podstawowej.

2. Modernizacja podstawowej osnowy poziomej kraju

Począwszy od 1975 roku, z inicjatywy Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, podjęto naukową analizę poziomych osnów geodezyjnych kraju: podstawowej i szczegółowej. Ocenę istniejącej podstawowej osnowy poziomej prowadził zespół ekspertów pracujący pod kierunkiem prof. Czesława

Kameli. Zespół ten ocenił krytycznie stan podstawowej osnowy poziomej kraju z punktu widzenia zarówno jej jednorodności, dokładności, nowoczesności, jak i możliwości zaspokojenia potrzeb naukowych i gospodarczych.

Biorąc pod uwagę stan istniejącej osnowy oraz znaczny postęp w zakresie: konstrukcji, dokładności pomiaru i rozpowszechnienia dalmierzy elektromagnetycznych dużego zasięgu, pomiarów geofizycznych, satelitarnych i rozwoju techniki obliczeniowej, zespół ekspertów przedstawił koncepcję modernizacji podstawowej osnowy poziomej kraju. Na podstawie prac zespołu oraz badań wykonanych w Centrum Informatycznym Geodezji i Kartografii, Biuro Rozwoju Nauki i Techniki Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii opracowało program modernizacji podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej kraju.

Według tej koncepcji istniejące sieci 1, 2 i 3 klasy, tj. sieć astronomiczno-geodezyjną oraz sieć wypełniającą, po uzupełnieniu pomiarami długości kilkudziesięciu boków oraz innymi niezbędnymi pomiarami, zostaną jednocześnie wyrównane. Powstanie w ten sposób jednorodna sieć kątowno-liniowa o strukturze sieci powierzchniowej, stopniu zagęszczenia 1 punkt na 60 km² i o dokładności określonej przez

przeciętny błąd względny długości boku $\frac{m_D}{D} \leq 5 \cdot 10^{-6}$

Zgodnie z obowiązującą obecnie instrukcją G-1, punkty tej sieci zostaną zaliczone do klasy I i utworzą zbiór punktów podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej kraju.

Modernizacja podstawowej osnowy poziomej jest realizowana od strony pomiarowej przez Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne przy współpracy z Instytutem Geodezji i Kartografii, a od strony obliczeniowej — przez Centrum Informatyczne Geodezji i Kartografii.

3. Szczegółowa osnowa pozioma kraju

3.1. Ocena stanu istniejącego

Równolegle do prac w zakresie osnowy podstawowej prowadzone były prace nad oceną stanu istniejącego oraz modernizacją szczegółowych osnow poziomych kraju. Prace naukowo-badawcze w tym zakresie prowadzone były w Instytucie Geodezji i Kartografii, Instytucie Geodezji Górniczej i Przemysłowej AGH, Instytucie Geodezji i Fotogrametrii ART w Olsztynie, a prace badawczo-produkcyjne w Państwowym Przedsiębiorstwie Geodezyjno-Kartograficznym i Okręgowych Przedsiębiorstwach Geodezyjno-Kartograficznych w Krakowie i Szczecinie. Wszystkie ww. instytucje i przedsiębiorstwa geodezyjne przedstawiły krytyczną ocenę szczegółowej osnowy poziomej kraju, z punktu widzenia jej jakości i przydatności do celów geodezyjno-kartograficznych oraz gospodarczych. Ocenę tę przedstawiamy w dużym skrócie.

Szczegółowa osnowa pozioma kraju składa się ze zbyt wielu punktów, bardzo nierównomiernie rozmieszczonych na obszarze kraju oraz jest bardzo zróżnicowana pod względem konstrukcji i dokładności. Duża liczba klas oraz rzędów w poszczególnych klasach powoduje, że ocena dokładności położenia punktu jest mało miarodajna (zawyżona [4]). Modernizacja podstawowej osnowy poziomej spowoduje zmianę współrzędnych wszystkich jej punktów. W konsekwencji spowoduje to konieczność przeliczenia wszystkich punktów osnowy szczegółowej. Podejmowanie tak kolosalnej pracy bez równoczesnej modernizacji szczegółowej osnowy byłoby dużym błędem zarówno z punktu widzenia technicznego, gospodarczego, jak i ekonomicznego.

Do istniejącej szczegółowej osnowy zaliczono: sieci triangulacji państwowej 4 klasy, sieci triangulacji lokalnego znaczenia I, II, III i IV klasy, sieci triangulacyjne zakładane w układach lokalnych na terenie zakładów przemysłowych i miast oraz różnego typu sieci poligonotriangulacji, poligonizacji precyzyjnej i technicznej. Liczba punktów ww. sieci wynosi około:

- 40 tysięcy punktów triangulacyjnych;
- 3,7 miliona punktów pozostałych sieci.

Teoretycznie punkty te są chronione, ale w praktyce przy tak dużej liczbie punktów nie ma możliwości ich konserwacji i dokonywania przeglądów technicznych. Przeciętne zagęszczenie istniejącej szczegółowej osnowy wynosi 8 punktów na km² przy bardzo nierównomiernym rozmieszczeniu punktów i dużym zróżnicowaniu dokładności. W konsekwencji, mimo tak dużego zagęszczenia, rocznie przybywa w kraju około 200 tysięcy nowych znaków, bowiem z reguły wykonanie każdego nowego zadania wymaga zagęszczenia sieci triangulacyjnej oraz założenia nowej lub modernizacji starej sieci poligonowej.

Aktualny stan szczegółowych osnow — produktu wytworzonego w określonych warunkach technicznych i społeczno-gospodarczych, poddanego działaniu czasu, jest niezadowalający. Znaczący postęp w dziedzinie technologii geodezyjnych nastąpił dopiero po wprowadzeniu dalmierzy elektromagnetycznych i elektronicznej techniki obliczeniowej, a więc stosunkowo niedawno.

Technologie zakładania i zasady klasyfikacji omawianych osnow były dostosowane do warunków, w których:

- dokładny pomiar dużych odległości na większą skalę był praktycznie niemożliwy;
- jednoczesne wyrównanie materiału obserwacyjnego sieci złożonej z dużej liczby punktów wraz z szeroko pojętą analizą dokładności było bardzo pracochłonne, a przez to praktycznie niemożliwe;
- wielkoskalowe mapy wykonywano dla niewielkich obszarów na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie.

W związku z tym sieci triangulacyjne zaliczone do szczegółowej osnowy, łącznie z 4 klasą triangulacji państwowej, składają się z punktów wyznaczanych względem punktów wyższych klas lub wyższych rzędów, na podstawie kątowych wcięć pojedynczych punktów lub grup punktów. Tak wyznaczone punkty służyły jako punkty nawiązania sieci poligonizacji technicznej, również zróżnicowanej pod względem dokładności. W konsekwencji szczegółowa osnowa jest wieloklasowa i wielorzędowa.

Dokładność wyznaczenia punktów osnowy poziomej była określona względem punktów nawiązania przyjmowanych jako bezbłędne. W związku z tym trudno jest określić dokładność wzajemnego położenia punktów osnowy wyznaczonych z dwóch sieci nawiązanych do różnych punktów. Z praktyki wiadomo, że błąd ten jest przeważnie znacznie większy niż to wynika z klasy dokładnościowej przypisanej tym punktom.

Istniejący stan techniczny szczegółowych osnow poziomych znacznie utrudnia stosowanie nowoczesnych technologii opracowania map wielkoskalowych. W większości wypadków proces opracowania wielkoskalowych map metodą fotogrametrii analitycznej rozpoczyna się od zagęszczenia istniejącej na danym terenie sieci triangulacyjnej metodą wcięć lub metodą poligonotriangulacji oraz od założenia nowej lub modernizacji istniejącej sieci ciągów poligonowych. Prace te są długotrwałe (2—3 lat), kosztowne m.in. ze względu na konieczność budowy wież oraz mało efektywne.

Założone w ten sposób fotopunkty charakteryzują się nie-wielką dokładnością, a w związku z tym nie mogą być wykorzystywane do wielu innych zadań geodezyjnych. Niska dokładność wyznaczenia fotopunktów powoduje, że w praktyce metodą aerotriangulacji nie osiąga się średnich błędów wyznaczenia punktu mniejszych niż 0,35 m. Należy tu podkreślić, że przy odpowiednio dokładnej osnowie fotogrametrycznej można osiągnąć średnie błędy wyznaczenia punktów metodą aerotriangulacji analitycznej mniejsze od 0,1 m.

Pozostawienie bez zmian opisanego stanu szczegółowych osnow prowadziłoby do znacznego wydłużenia cyklu opracowań geodezyjnych, a więc powodowałoby straty materialne — marnotrawstwo sił i środków. Tym bardziej, że wyposażenie przedsiębiorstw geodezyjnych w dalmierze elektromagnetyczne i teodolity sekundowe stworzyło możliwości techniczne do modernizacji szczegółowej poziomej osnowy kraju.

3.2. Różnice w koncepcjach modernizacji szczegółowej osnowy poziomej

Każda z instytucji współpracujących przedstawiła nieco odmienną koncepcję zakładania szczegółowych osnow poziomych. Po szczegółowym przeanalizowaniu wszystkich opracowań, w ostatnim etapie prac badawczych rozważano tylko dwie koncepcje. Dla uproszczenia nazwiemy je wersją 1 i wersją 2. W Instytucie Geodezji i Kartografii, na podstawie prac teoretycznych i doświadczeń, sprawdzono wpływ przyjęcia każdej z tych wersji na jakość zmodernizowanej szczegółowej osnowy poziomej [4], [5].

Pierwsza, podstawowa rozbieżność między 1 i 2 wersją polegała na innym podejściu do struktury osnowy szczegółowej. Obie wersje zakładały podział osnowy na dwie klasy — II i III. W wersji 1 przyjęto podział każdej z klas na dwa rzędy. Wersja 2 zakładała jednorodność obu klas.

Krytyczna ocena istniejących szczegółowych osnow nie dotyczy w zasadzie jakości wyników pomiarów geodezyjnych. Oznacza to, że do realizacji mogła być przyjęta tylko taka koncepcja modernizacji osnowy, która uwzględniła weryfikację i możliwie pełne wykorzystanie istniejących zasobów geodezyjnych oraz włączenie do zmodernizowanej osnowy maksymalnej liczby trwale zastabilizowanych punktów. Istniejące zasoby geodezyjne w obu wersjach wykorzystano w następujący sposób:

- w wersji 1 — przyjmując bez zmian podane w katalogach współrzędne adaptowanych punktów, a następnie zaliczając adaptowane punkty do II klasy 1 rzędu lub III klasy 1 rzędu. W tym wypadku nowe punkty byłyby wyznaczane w sieciach 2 rzędu w nawiązaniu do punktów wyższych klas i wyższych rzędów;

- w wersji 2 — przyjmując z zasobów geodezyjnych tylko obserwacje (nie wyrównane kierunki i długości boków) wykonane w celu wyznaczenia punktów adaptowanych do zmodernizowanej osnowy, a następnie wyrównując je razem z nowymi obserwacjami. W tym wypadku współrzędne punktów adaptowanych będą wyznaczone powtórnie razem ze współrzędnymi nowych punktów w jednorodnej sieci nawiązanej do punktów wyższej klasy.

W pierwszej wersji rezygnuje się z modernizacji istniejących zasobów geodezyjnych, nie ma bowiem żadnych podstaw do przyjęcia punktów 4 klasy triangulacji państwowej oraz punktów I i II klasy triangulacji lokalnego znaczenia jako punktów II klasy 1 rzędu zmodernizowanej osnowy. Punkty te były wyznaczane w różnych okresach za pomocą wcięć pojedynczych punktów lub grup punktów. Nie tworzą one powierzchniowej sieci, jest to zbiór niezależnych konstrukcji geodezyjnych o trudnej do określenia dokładności wzajemnego położenia punktów. Ponadto nie można uznać za prawidłowe nawiązanie II klasy 2 rzędu do stosunkowo dużej liczby punktów II klasy 1 rzędu. Sieci 1 i 2 rzędu mierzone są ze zbliżoną dokładnością, przy czym sieć 2 rzędu jest kątowo-liniową siecią powierzchniową, ma więc znacznie mocniejszą konstrukcję od zbioru punktów wyznaczonych z niezależnych wcięć kątowych. Z teorii rachunku wyrównania wiadomo, że w wypadku wielopunkto-

wego nawiązania sieci do punktów wyznaczonych w sieci równodokładnej lub o niższej dokładności uzyskuje się nieprecyzyjną (zawyżoną) ocenę dokładności wyznaczanych elementów nawiązanej sieci [4].

W drugiej wersji, przy pełnym wykorzystaniu istniejących zasobów geodezyjnych, uzyskuje się zmodernizowaną jednorodną szczegółową osnowę o charakterze powierzchniowym, przy czym wszystkie elementy tej osnowy uzyskują prawidłową ocenę dokładności.

Druga rozbieżność między obydwojema wersjami wynika przy ustalaniu zasad konstrukcji sieci. W wersji 1 założono, że każdy punkt osnowy poziomej II klasy musi być wyznaczany przez dwie pary niezależnych elementów wyznaczających (dwie obserwacje nadliczbowe). Postulat ten służył z punktu widzenia geometrii i mocy sieci, znacznie utrudnia projektowanie sieci w terenach zakrytych, a w szczególności w terenach podgórskich. W wersji 2 odrzucono ten postulat. Udowodniono teoretycznie i doświadczalnie [5], że w powierzchniowych sieciach kątoowo-liniowych zakładanych w celu wyznaczenia punktów II klasy (bez podziału na rzędy), można dopuścić konstrukcje, w których dwa sąsiednie punkty są wyznaczane przy 7 elementach wyznaczających. Konstrukcję taką nazwano ciągiem dwupunktowym. Dla zachowania wystarczającej mocy sieci ograniczono liczbę punktów wyznaczanych w ciągach dwupunktowych do 10% wszystkich punktów sieci.

Stosowanie ciągów dwupunktowych w konstrukcji sieci ma duże znaczenie praktyczne i ekonomiczne. Przy przechodzeniu małych kompleksów leśnych lub innych terenów zakrytych, w których stosowanie stanowisk podwyższonych nie zapewnia koniecznej widoczności, stajemy przed wyborem:

- pozostawienia „dziury” w sieci, co prowadzi do osłabienia osnowy poziomej II klasy;
- budowy wień triangulacyjnych, co znacznie zwiększa koszt i przedłuża okres realizacji sieci;
- zastosowania krótkiego ciągu.

Często mogą występować sytuacje, w których osnowa II klasy, przy dopuszczeniu ograniczonej liczby ciągów dwupunktowych, będzie miała bardziej zwartą konstrukcję i nie mniejszą dokładność niż przy pozostawieniu bardzo sztywnego założenia, że każdy punkt osnowy II klasy musi być wyznaczony przy 2 obserwacjach nadliczbowych.

Założenie wielorzędowości szczegółowej osnowy poziomej (wersja 1) umożliwia, bez prac pomiarowych i obliczeniowych, zmianę klasyfikacji punktów istniejącej osnowy szczegółowej. Upraszczając zagadnienie, w praktyce sprowadza się to do zaklasyfikowania punktów 4 klasy triangulacji państwowej, punktów I i II klasy triangulacji lokalnego znaczenia do II klasy 1 rzędu oraz punktów III i IV klasy triangulacji lokalnego znaczenia i częściowo punktów sieci poligonizacji I klasy (według B-III) do III klasy 1 rzędu zmodernizowanej szczegółowej osnowy poziomej. Podejście takie uprościłoby prace geodezyjne prowadzone w okresie przejściowym, tj. w okresie do zakończenia modernizacji podstawowej i szczegółowej osnowy poziomej kraju.

Po zakończeniu modernizacji uzyskanoby jednak następujący, trudny do przyjęcia stan. Podstawowa osnowa pozioma kraju o strukturze jednorodnej, kątoowo-liniowej sieci powierzchniowej (I klasa) byłaby połączona z powierzchniovą siecią kątoowo-liniową II klasy 2 rzędu, przez zbiór punktów II klasy 1 rzędu wyznaczonych z niezależnych wcięć w różnych okresach, tj. przez zbiór, który zgodnie z wersją 1 nie jest objęty modernizacją. W wersji 1 nie omówiono sposobu przeliczenia współrzędnych punktów II klasy 1 rzędu, przeliczenia, które powinno być przeprowadzone po zakończeniu modernizacji osnowy podstawowej w związku z przewidywaną zmianą współrzędnych jej punktów.

Przyjęcie wersji 2, tj. uzupełnienie istniejącego zbioru obserwacji, a następnie wspólne wyrównanie starych i nowych obserwacji, prowadzi do modernizacji całej istniejącej szczegółowej osnowy poziomej kraju. Jednorodna osnowa II klasy będzie miała charakter osnowy powierzchniowej o większej dokładności i znacznie większej mocy od osnowy złożonej z punktów 4 klasy triangulacji państwowej oraz punktów I i II klasy triangulacji lokalnego znaczenia. Należy jednak podkreślić, że przy przyjęciu wersji 2 zakładanie sieci punktów III klasy powinno być poprzedzone lub prowadzone jednocześnie z zakładaniem sieci II klasy. W okresie przejściowym warunek ten może utrudniać prowadzenie prac produkcyjnych (trudności te częściowo rozwiązują zalecenia podane w rozdziale 12 *Wytycznych technicznych* [7]).

Po zapoznaniu się z dokumentacją naukową i wynikami prac doświadczalnych Główny Urząd Geodezji i Kartografii ostatecznie zaakceptował drugą wersję modernizacji szczegółowych osnów poziomych kraju.

3.3. Podstawowe założenia koncepcji modernizacji szczegółowej osnowy poziomej

Osnowa szczegółowa, łącząca osnowę pomiarową z osnową podstawową dzieli się na dwie jednorzędowe klasy: II o $m_P \leq 0,05$ m oraz III o $m_P \leq 0,10$ m. Punkty o $m_P > 0,10$ m zaliczane są do osnowy pomiarowej. Po zakończeniu modernizacji stopień zagęszczenia punktów osnowy szczegółowej powinien wynosić:

II klasa

- 1 p/0,8 km² na terenach intensywnie zainwestowanych;
- 1 p/1,5 km² na terenach rolnych;
- 1 p/12 km² na terenach zwartych kompleksów leśnych;

III klasa:

- 1 p/15 ha na terenach intensywnie zainwestowanych;
- 1 p/30 ha na terenach rolnych.

Osnowa II klasy

Punkty osnowy II klasy będą wyznaczane za pomocą nieregularnej powierzchniowej sieci kątoowo-liniowej o przeciętnej długości boków 1,2 km, średnim błędzie pomiaru kąta 12^{se} oraz średnim błędzie pomiaru długości określonym wzorem $m_s = (a + b \cdot 10^{-6}D)$, gdzie: $a = 0,007$ m, $b = 5$, D — długość w metrach.

Przy zakładaniu osnowy II klasy należy wybrać z zasobów geodezyjnych, a następnie włączyć do sieci kątoowo-liniowej wszystkie nadające się do tego materiały obserwacyjne (niewyrównane kąty i długości). Po skontrolowaniu materiały te należy wspólnie wyrównać z nowymi obserwacjami w nawiązaniu do punktów osnowy podstawowej (I klasa). Przede wszystkim należy tu wykorzystać obserwacje wykonane w celu wyznaczenia punktów 4 klasy triangulacji państwowej, I i II klasy triangulacji lokalnego znaczenia, ciągów poligonotriangulacji i poligonizacji precyzyjnej.

Sieci kątoowo-liniowe osnowy II klasy powinny być tak skonstruowane, aby ich punkty bez dodatkowego zagęszczania, stanowiły dostateczny zbiór fotopunktów dla rozwiązania analitycznego aerotriangulacji i jednocześnie zapewniały wyznaczenie metodami fotogrametrycznymi punktów o $m_P \leq 0,1$ m (punkty III klasy).

Punkty sieci kątoowo-liniowej II klasy powinny mieć co najmniej dwie pary niezależnych elementów wyznaczających (dwie obserwacje nadliczbowe), w tym co najmniej dwie pomierzone odległości od sąsiednich punktów. W terenach zakrytych, gdzie konieczna byłaby budowa wień triangulacyjnych, dopuszcza się konstrukcję zwaną ciągiem dwupunktowym, w której dwa punkty wyznaczane są przez 7 elementów wyznaczających. Liczba punktów wyznaczanych w ciągach dwupunktowych nie może przekraczać 10% wszystkich punktów sieci.

Sieci kątoowo-liniowe II klasy powinny być tak projektowane, aby prace pomiarowe można było wykonać ze stanowisk naziemnych z ewentualnym wykorzystaniem podwyższonych stanowisk i sygnałów.

Wszystkie punkty sieci muszą mieć wysokości wyznaczone metodą niwelacji trygonometrycznej ze średnim błędem rzędu 0,05 m.

Przy wyrównaniu sieci II klasy należy obliczać charakterystykę dokładności w postaci:

— dla sieci:

m_o — średniego błędu pojedynczego spostrzeżenia;

m_{or} — błędu orientacji, który wyraża przeciętną kwadratyczną wartość średniego błędu wyrównanego kierunku;

m_{sk} — błędu skali, który wyraża przeciętną kwadratyczną wartość względnego błędu średniego wyrównanego boku [1], [2];

$$m_{or} = \frac{1}{\rho} \sqrt{\frac{1}{n} [m_{k_i}^2]_{i=1}^n}; \quad m_{sk} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\frac{m_{D_i}}{D} \right)^2 \right]_{i=1}^n}$$

gdzie:

m_{k_i} — średni błąd wyrównanego kierunku boku sieci;

m_{D_i} — średni błąd wyrównanej długości boku sieci;

D_i — długość boku sieci;

n — liczba wszystkich boków sieci.

U w a g a: bokiem sieci nazwano tu łącznicę między dwoma punktami sieci, dla której wykonano pomiar kierunku lub długości lub kierunku i długości;

— dla punktu:

m_P — średni błąd położenia punktu;

m_{aJ} — błąd azymutalny punktu J , który wyraża przeciętną kwadratyczną wartość średniego błędu wyrównanego kierunku boku dochodzącego do punktu J ;

m_{DJ} — błąd liniowy punktu J , który wyraża przeciętną kwadratyczną wartość względnego błędu średniego długości wyrównanego boku dochodzącego do punktu J ;

$$m_{aJ} = \frac{1}{\varrho} \sqrt{\frac{1}{n} [m_{k_i}^2]_{i=1}^{i=n}} \quad m_{DJ} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\frac{m_{D_i}}{D_i} \right)^2 \right]_{i=1}^{i=n}}$$

gdzie:

m_{k_i} — średni błąd wyrównanego kierunku boku dochodzącego do punktu J ;

m_{D_i} — średni błąd wyrównanej długości boku dochodzącego do punktu J ;

D_i — długość boku dochodzącego do punktu J ;

n — liczba wszystkich boków dochodzących do punktu J .

Przy wyrównaniu i obliczeniu elementów sieci kątowno-liniowej II klasy wykorzystuje się obserwacje kątowe i liniowe wykonane w różnych okresach i z różną dokładnością. Przy prawidłowo wykonanych i sprawdzonych obserwacjach oraz przy prawidłowym wagiowaniu uzyskany z wyrównania średni błąd pojedynczego spostrzeżenia m_o zawsze powinien być równy jedności. Wartość tego błędu nie charakteryzuje dokładności sieci. Po konsultacji z Centrum Informatycznym Geodezji i Kartografii, dla oceny dokładności sieci wprowadzono błędy: orientacji sieci m_{or} oraz skali sieci m_{sk} , które informują o przeciętnej wartości średniego błędu wyrównanego kierunku lub boku sieci. Błędy te pozwalają na ocenę dokładności sieci oraz na porównanie dokładności różnych sieci. Wartość m_P w zasadzie jest wykorzystywana tylko do klasyfikacji punktu sieci, nie daje użytkownikowi sieci dostatecznych informacji o dokładności położenia punktu. Wartość m_{aJ} pomnożona przez ϱ daje przeciętną wartość wyrównanego kierunku boku dochodzącego do punktu J . Wartość m_{DJ} pomnożona przez $\frac{[D_i]}{n}$ daje przeciętną wartość błędu wyrównanej długości

przeciętnego boku dochodzącego do punktu J . Wartości m_{aJ} oraz m_{DJ} informują użytkownika sieci o wartościach średnich błędów azymutów i średnich błędów względnych długości boków wyznaczających dany punkt, a więc dają informację o dokładności położenia punktu J względem punktów sąsiadujących z nim w sieci.

Przy opracowaniu założeń modernizacji szczegółowej poziomej osnowy kraju przyjęto robocze założenie, że w wypadku, gdy nowa sieć łączy się z wcześniej założoną siecią punktów II klasy, to punkty sieci już założonej, na których i na które wykonano obserwacje wiążące obie sieci, należy przyjmować jako punkty nawiązania z odrzuceniem założeń bezbłędności ich wyznaczenia. Centrum Informatyczne Geodezji i Kartografii proponuje łączenie przylegających do siebie sieci II klasy mierzonych w różnych okresach czasu w jedną powierzchnię sieć na podstawie wyrównania zbiorów sieci. Wyrównanie to polega na iteracyjnym obliczeniu jednoznacznych współrzędnych punktów łączonych ze sobą sieci.

Osnowa III klasy

Punkty osnowy III klasy powinny być wyznaczone metodą fotogrametryczną (aerotriangulacja analityczna). Na terenach intensywnie zainwestowanych dopuszcza się zakładanie osnów III klasy metodami bezpośrednich pomiarów geodezyjnych. Przy zakładaniu sieci III klasy należy wybrać z zasobów geodezyjnych, a następnie włączyć do sieci wszystkie odpowiednie materiały obserwacyjne (nie wyrównane długości i kąty). Dla ciągów poligonotriangulacji i poligonizacji precyzyjnej nie wykorzystanych przy modernizacji osnowy II klasy oraz dla ciągów poligonizacji technicznej I klasy (według B-III) włączenie do sieci polega na

dowiązaniu ww. konstrukcji do punktów II klasy i powtórny wyrównaniu, a dla wcięć — jeżeli opierają się na punktach II klasy — na powtórny wyrównaniu.

Osnowa pomiarowa

Osnowa pomiarowa jest zbiorem punktów uzyskanych z rozwinięcia szczegółowej osnowy poziomej. Zbiór ten stanowi bezpośrednią bazę do wykonywania pomiaru szczegółów terenowych. Dokładność wyznaczenia punktów osnowy pomiarowej i technologia pomiaru powinna być dostosowana do aktualnie wykonywanego zadania. Nie wprowadza się obowiązku trwałej stabilizacji punktów osnowy pomiarowej.

Do osnowy pomiarowej powinno się włączyć punkty istniejących w terenie ciągów poligonizacji technicznej niższych klas. Włączenie to polega na dowiązaniu ciągu do najbliższych położonych punktów osnowy podstawowej lub szczegółowej i powtórny wyrównaniu.

3.4. Efekty techniczne i ekonomiczne modernizacji szczegółowej osnowy poziomej kraju

Zastąpienie zbioru punktów wyznaczanych metodą wcięć przez nieregularną, powierzchniową sieć kątowno-liniową II klasy prowadzi do znacznych efektów technicznych i ekonomicznych. Pozioma osnowa geodezyjna II klasy będzie jednorodna pod względem stopnia zagęszczenia, mocy sieci, dokładności wyznaczenia punktu oraz równomierności rozmieszczenia w terenie punktów. Osnowa ta jest w pełni przydatna do wszystkich zadań pomiarowych obecnie realizowanych i przewidzianych do realizacji w przyszłości. Stanowi ona zbiór fotopunktów wystarczający do opracowania aerotriangulacji analitycznej w dużych skalach (1:2000 i 1:1000). Zagęszczenie oraz dokładność wzajemnego położenia punktów II klasy, przy rozwiązywaniu aerotriangulacji analitycznej, umożliwia wyznaczenie punktów charakteryzujących się średnim błędem położenia, mniejszym od 0,1 m. Umożliwia się wyznaczanie punktów III klasy metodą fotogrametryczną, która obecnie jest najbardziej nowoczesna i ekonomiczna. Dla większości inwestycji punkty osnowy II klasy, bez dodatkowych pomiarów, mogą być wykorzystane jako punkty podstawowej osnowy realizacyjnej, bowiem dokładność wzajemnego położenia sąsiadujących ze sobą punktów będzie rzędu 0,02 m. Nadanie wszystkim punktom osnowy II klasy wysokości wyznaczonej ze średnim błędem rzędu 0,05 m ma duże znaczenie gospodarcze.

Nieregularna sieć kątowno-liniowa II klasy charakteryzuje się dużą prostotą projektowania, pomiaru, prowadzenia obliczeń oraz dużą elastycznością w wyborze miejsc lokalizacji punktów. Ta ostatnia cecha pozwala na rezygnację z zabudowy punktów triangulacyjnych wieżami oraz na maksymalne dostosowanie lokalizacji punktów do potrzeb pomiarowych, prowadzi więc do znacznego obniżenia kosztu zakładania sieci, skrócenia cyklu produkcyjnego oraz racjonalnego wykorzystania mocy produkcyjnej przedsiębiorstw geodezyjnych.

Koszt modernizacji szczegółowej osnowy poziomej II klasy, przeprowadzonej według omówionych zasad, jest zbliżony do kosztu zakładania zbioru fotopunktów metodą poligonotriangulacji, przy czym należy podkreślić, że przy modernizacji uzyskuje się kilkakrotnie lepszy produkt finalny. Pełne określenie efektów ekonomicznych i technicznych wynikających z modernizacji szczegółowej osnowy poziomej kraju jest trudne. Przez porównanie kosztu założenia szczegółowej osnowy poziomej na obszarze gdzie projektowane jest założenie mapy zasadniczej z przewidywanym kosztem modernizacji osnowy na tym terenie, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne obliczyło następujące efekty ekonomiczne modernizacji:

— na terenach rolnych, gdzie przewidywane jest wykonanie mapy zasadniczej w skali 1:5000, koszt robót nie ulega zmianie;

— na terenach intensywnie zainwestowanych, gdzie przewiduje się wykonanie mapy zasadniczej w skali 1:2000, efekty ekonomiczne modernizacji wahają się od 14,4 do 19,2 tysięcy złotych w odniesieniu do obszaru o powierzchni 1 km².

Efekty ekonomiczne modernizacji szczegółowej osnowy poziomej obliczone dla całego obszaru opracowania mapy zasadniczej szacuje się na około 752 miliony złotych. Ze względu na brak danych, przy tej ocenie PPGK nie mogło uwzględnić korzyści wynikających z wykorzystania osnowy II klasy do wielu zadań geodezyjnych nie związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej.

Na podstawie omówionych zasad modernizacji szczegółowej osnowy poziomej kraju zostały opracowane przez Instytut Geodezji i Kartografii oraz Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne *Wytyczne techniczne — Zakładanie szczegółowej osnowy poziomej II i III klasy — Projektowanie, pomiar i opracowanie wyników* [7]. Zgodnie z pismem z 4 maja 1979 r., Główny Urząd Geodezji i Kartografii zalecił stosowanie tych wytycznych w produkcji geodezyjnej. Wytyczne te zostały wydrukowane i rozesłane do wszystkich przedsiębiorstw geodezyjnych. Po zakończeniu przez Centrum Informatyczne Geodezji i Kartografii prac nad częścią informatyczną modernizacji poziomej osnowy szczegółowej oraz po okresie wdrażania, zostanie opracowane nowe wydanie *Wytycznych technicznych*, uwzględniające zdobyte doświadczenia.

LITERATURA

- [1] Gaździcki J.: *Analiza dokładności poziomych sieci geodezyjnych*. Prace IGiK. T. XXIII: 1976 z. 3 (54)
- [2] Gaździcki J.: *Ocena dokładności położenia punktów poziomych sieci geodezyjnych* (maszynopis). CIGiK
- [3] Hermanowski A., Majdanowa Z., Siporski L.: *Podstawowe założenia odnośnie do konstrukcji, technologii zakładania oraz klasyfikacji szczegółowych poziomych osnów geodezyjnych*. Biul. Inf. IGiK. T. XXII: 1977 z. 6
- [4] Hermanowski A.: *Średnie błędy obserwacji w sieciach poziomych wyrównywanych z warunkami nawiązania*. Prace IGiK. T. XXV: 1978 z. 3 (60)
- [5] Hermanowski A., Majdanowa Z., Siporski L.: *Niektóre prace nad modernizacją szczegółowej poziomej osnowy geodezyjnej II klasy*. Prace IGiK. T. XXVI: 1979 z. 2 (62)
- [6] Instrukcja techniczna G-1 — Geodezyjna osnowa pozioma. GUGiK, Warszawa 1978
- [7] *Wytyczne techniczne — Zakładanie szczegółowej osnowy poziomej II i III klasy — Projektowanie, pomiar i opracowanie wyników*. GUGiK, Warszawa 1979