

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII

BIULETYN

INFORMACYJNY

BRANŻOWEGO OŚRODKA INFORMACJI NAUKOWEJ,
TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ
GEODEZJI I KARTOGRAFII

Tom XXXII

3

Warszawa

maj - czerwiec

1987

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII



BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI
NAUKOWEJ, TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

ISSN 0209-2840

BIULETYN INFORMACYJNY

WARSZAWA

1987

3

Rada Wydawnicza
Instytutu Geodezji i Kartografii

Bogdan Ney /przewodniczący/, Andrzej Hermanowski / zastępca
przewodniczącego/, Bożenna Majewska, Róża Butowtt, Andrzej
Ciołkosz, Maria Dobrzycka, Wojciech Janusz, Andrzej Puzzkarski,
Andrzej Zgliński, Alicja Łuczyńska /sekretarz/

Redaktor Naczelny
Biuletynu Informacyjnego
Bożenna Majewska

Zespół redakcyjny
Wojciech Bychawski, Andrzej Ciołkosz
Hanna Hawryluk, Wojciech Janusz

Adres Redakcji
Instytut Geodezji i Kartografii
00-950 Warszawa, ul. Jasna 2/4

BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ,
TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII

Warszawa, ul. Jasna 2/4, pok. 504

tel. 26-42-21 wewn. 334

- | | |
|------------|--|
| posiada | - kartoteki dokumentacyjne zawierające opisy bibliograficzne książek i wybranych artykułów z czasopism krajowych i zagranicznych, a także kartoteki: opisów patentowych, zakończonych prac naukowo - badawczych i sprawozdań z wyjazdów służbowych |
| udziela | - informacji na podstawie posiadanych materiałów |
| opracowuje | - na zamówienia zestawienia tematyczne literatury z zakresu geodezji, kartografii i fotogrametrii |
| wykonuje | - kopie kserograficzne artykułów i książek znajdujących się w Bibliotece IGIK |

BIBLIOTEKA

INSTYTUTU GEODEZJI I KARTOGRAFII

Warszawa, ul. Jasna 2/4, pok. 533

tel. 26-42-21 wewn. 503

- | | |
|------------------|--|
| posiada | - księgozbiór literatury polskiej i zagranicznej z dziedziny geodezji, kartografii i fotogrametrii liczący około 13147 tomów oraz około 8673 tomów czasopism |
| prowadzi wymianę | - z bibliotekami i instytucjami naukowymi za granicą oraz z krajowymi i zagranicznymi uczelniami wyższymi |
| wypożycza | - innym instytucjom zamawiane pozycje w ramach wypożyczeń międzybibliotecznych |

Biblioteka udostępnia swoje zbiory wyłącznie w ramach wypożyczeń międzybibliotecznych

SPIS TREŚCI

Str.

Elżbieta Fejohman	
Narada zastępców dyrektorów ds. technicznych przedsiębiorstw geodezyjno-kartograficznych na temat stanu i trendów rozwoju technik i wdrożeń w przedsiębiorstwach	5
Bogdan Ney	
Kierunki rozwoju metod i technik geodezyjnych i kartograficznych	8
Mieczysław Smółka	
Modernizacja i produkcja drobnego oraz specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego	14
Jacek Domański	
Rozwój systemów i metod pozyskiwania infor- macji teledetekcyjnych	18
Wojciech Bychawski	
Wykorzystanie zdjęć satelitarnych do aktuali- zowania map topograficznych	23
Lech Brokman	
Kierunki usprawnienia prac redakcyjnych i reprodukcyjnych map topograficznych i tema- tycznych	30
Andrzej Toruński	
Nowości w zakresie pomiarów odległości . . .	39
Marcin Barlik	
Nowoczesne techniki pomiarów wysokościowych	44

Mgr inż. Elżbieta Cichoń
Główny Urząd Geodezji i Kartografii

Narada zastępców dyrektorów ds. technicznych przedsiębiorstw
geodezyjno-kartograficznych na temat stanu i trendów
rozwoju technik i wdrożeń w przedsiębiorstwach

Narada została zorganizowana przez Biuro Nauki i Techniki GUGiK w dniach 12 i 13 marca 1987 r. w Ośrodku Szkoleniowym Centrum Podyplomowego Kształcenia Pracowników Administracji Państwowej w Białobrzegach.

Otwarcia narady dokonał Prezes GUGiK prof.dr hab.inż. Zdzisław Adamczewski, wskazując na konieczność pełnego wykorzystania funduszy rozwoju w przedsiębiorstwach, co przyczynić się winno do szerszego wprowadzania nowych technologii.

Do najważniejszych zadań w tym zakresie zaliczyć:

- rozwój informatyki,
- rozwój fotogrametrii analogowo-cyfrowej,
- podjęcie prób wprowadzania i rozwijania niwelacji trygonometrycznej.

Na naradzie zostały wygłoszone referaty zgodnie z ustalonym wcześniej programem. Pełne teksty referatów są zamieszczone w dalszej części tego Biuletynu.

W informacjach nt. sprzętu geodezyjnego przekazano wyniki rozmów z Polskimi Zakładami Optycznymi, które w związku z modernizacją zakładów przerwały produkcję instrumentów geodezyjnych oraz ograniczają produkcję drobnego sprzętu. Istnieje jednak szansa częściowej kontynuacji produkcji tego sprzętu w wytwórni na ul. Dzielnej przy współpracy konstrukcyjnej IGiK, której gotowość Instytut deklaruje.

Omówiono sprawy uruchomienia wytwórni sprzętu geodezyjno-kartograficznego przy OPGK w Rzeszowie. Na prace związane z projektowaniem i uruchomieniem produkcji sprzętu GUGiK zaplanował 200 mil zł z CPER.

Poinformowane o działaniach GUGiK skierujących do uwzględnienia potrzeb geodezji, w zakresie zaopatrzenia w instrumenty produkcji Zeissa, przy podpisywaniu na szczeblu rządowym porozumienia w sprawie usług budowlanych Polska-WRD.

W dyskusji wiele uwagi poświęcono projektowanej wytwórni w Rzeszowie, podkreślając konieczność oparcia przedsięwzięcia na przesłankach ekonomicznych. Zaproponowano, aby przedsiębiorstwa składając zamówienia na sprzęt przewidziany do produkcji wpłacały zaliczkę. Zwrócono uwagę na konieczność szerszej informacji o planowanej produkcji ww. wytwórni.

Poruszono również problem braku plansz kreślarskich, złej jakości folii produkcji Spółdzielni "Chemicz" i papieru ezalidowego.

Temat postępu technicznego omówił mgr inż. E. Dąbrowski, wskazując m.in. na niepełne wykorzystanie funduszy postępu w przedsiębiorstwach oraz niedostateczny przepływ informacji między przedsiębiorstwami nt. prac prowadzonych w ramach postępu techniczno-ekonomicznego.

W dyskusji zwrócono uwagę na konieczność racjonalnego wydatkowania FPTE. Przedsiębiorstwa często gromadzą środki w celu dokonania większych zakupów. Uznano za konieczne rozpatrzenie całości spraw FPTE w przedsiębiorstwie, ustalenie podstawowych kierunków działania, systemu zagospodarowania środków FPTE, a także większego wykorzystania potencjału naukowego istniejącego w placówkach badawczych. Uznano także, że wynalazczość pracownicza powinna wynikać z konkretnej sytuacji przedsiębiorstwa, a kierownictwa przedsiębiorstw w większym stopniu powinny ułatwiać ten ruch.

Na zakończenie narady głos zabrał Wiceprezes GUGiK mgr inż. Andrzej Szymczak, podkreślając rolę i znaczenie tego typu porad, stanowiących forum wymiany myśli na temat osiągnięć nauki i ich zastosowań w praktyce.

W imieniu dyrektora Biura Nauki i Techniki GUGiK
podsumowania narady dokonał mgr inż. Stanisław
Czarnecki.

Prof.dr hab.inż.Bogdan Ney
Instytut Geodezji i Kartografii

Kierunki rozwoju metod i technik geodezyjnych i kartograficznych

1. Funkcje geodezji

Współczesne funkcje geodezji można podzielić na dwie grupy. Geodezja bowiem jest jednocześnie dyscypliną naukową, należącą do dziedziny nauk o Ziemi oraz dziedziną praktycznej działalności człowieka. Obie te grupy oddziałują na siebie wzajemnie i cechą ich przenikania się jest to, że w grupie funkcji naukowych napotyka się zadania praktyczne, a z kolei w grupie funkcji praktycznych występują zadania naukowe, których charakter jest jednak służebny wobec zadań zasadniczych. Grupa funkcji naukowych współczesnej geodezji obejmuje, zresztą podobnie jak w przeszłości, wyznaczanie kształtu i wymiarów Ziemi jako planety oraz badanie zjawisk związanych z naszą planetą, określanym mianem geodynamiki. Z punktu widzenia niniejszego opracowania nie ma potrzeby bliższego omawiania tej grupy funkcji geodezji. Natomiast do grupy praktycznych funkcji geodezji możemy zaliczyć, nie rozdrabniając ich nadmiernie, trzy następujące zadania:

1 - zbieranie, przetwarzanie, przedstawianie i dystrybucja informacji o zagospodarowaniu przestrzennym powierzchni Ziemi;

2 - kształtowanie ładu przestrzennego, poprzez aktywny udział w projektowaniu i realizacji w naturze projektów budowlanych, realizację i kontrolę realizacji planów zagospodarowania przestrzennego oraz geodezyjne urządzenie terenów rolnych i leśnych;

3 - współdziałanie w zapewnieniu bezpieczeństwa budowy i bezpiecznej eksploatacji budowli i urządzeń technicznych specjalnego znaczenia.

Jak widać z powyższej systematyki, geodezja spełnia w praktyce życia społeczno-gospodarczego funkcje nie tylko pasywne /wytwarzanie informacji/, lecz również kreatywne /tworzenie i wprowadzanie - świadome-zmian w zagospodarowaniu przestrzennym/.

2. Główne czynniki sprawcze rozwoju metod i technik geodezyjnych i kartograficznych

Przedstawione w poprzednim punkcie funkcje geodezji są zarazem czynnikami sprawczymi jej rozwoju metodyczno-technologicznego. Można jednak, w celu uzyskania lepszej wyrazistości sytuacji, wymienić następujące główne i aktualne w świecie czynniki rozwoju naszego zawodu. Oto one:

1 - nowe potrzeby, wysuwane - jawnie lecz również i niejawnie - przez użytkowników geodezji /jej produktów/, związane głównie z nowymi rodzajami budowli i urządzeń technicznych, bardziej skomplikowanymi warunkami w przestrzeni /na powierzchni Ziemi/ oraz nowymi metodami działalności ludzkiej w środowisku geograficznym;

2 - nowe techniki, przydatne dla geodezji, tworzone i rozwijane zasadniczo poza geodezją na podstawie wykorzystania odkryć naukowych w dyscyplinach podstawowych /matematyka, fizyka, chemia/ i technicznych /elektronika i inne/;

3 - współzawodnictwo /konkurencja/ pomiędzy wykonawcami robót geodezyjnych i kartograficznych, widoczne zwłaszcza na rynkach zagranicznych czyli w eksporcie.

3. Tendencja i kierunki rozwoju metod i technik geodezyjnych i kartograficznych

1. Automatyzacja procesu produkcyjnego, który w zasadzie składa się z następujących ogniw, tworzących łańcuch /ciąg/: zbiór /pozyskiwanie/ informacji - przetwarzanie informacji - prezentacja zagregowanych wyników - dystrybucja informacji finalnych. Automatyzacja jest cechą niezwykle aktualną w przodującej technice geodezyjno-kartograficznej, widoczną we wszystkich nowych rozwiązaniach, wręcz rzucającą się w oczy podczas międzynarodowych imprez naukowo-technicznych i handlowych, odbywanych z udziałem firm, dysponujących najbardziej rozwiniętą techniką /"high technology"/.

Warto tu jednak nie zapominać o różnicy warunków procesów produkcyjnych w geodezji i w typowych przemysłach, skąd dość oczywiście wynikają istotne ograniczenia w automatyzowaniu naszych prac. Warto również widzieć różną niejako z przyczyn naturalnych, podatność różnych asortymentów prac geodezyjno-kartograficznych na automatyzację. Także podatność różnych ogniw procesu produkcyjnego w geodezji na automatyzację jest mocno zróżnicowana. Wiadomo, że najłatwiej automatyzuje się przetwarzanie informacji, zwłaszcza tych, które są zbierane w postaci cyfrowej /dane/. Znacznie trudniej jest automatyzować ich pozyskiwanie.

2. Wzrost rozdzielczości obrazowań /zdjęć/ i dokładności pomiarów

Zarówno techniki zdjęć powierzchni Ziemi wykonywanych z pokładów samolotów i sztucznych satelitów, jak i techniki pomiarów wielkości geometrycznych /wyznaczania pozycji/ odznaczają się coraz większą szczegółowością i dokładnością. Nowoczesne, precyzyjne pomiary odległości są wykonywane nawet z dokładnością względną rzędu 10^{-7} , a rozdzielczość fotogrametrycznych i teledetekcyjnych zdjęć satelitarnych stosowanych do celów cywilnych osiąga już kilka metrów /w terenie/. Wzrost dokładności pomiarów geodezyjnych przyczynia się do rozszerzania tematycznego zastosowań nowych metod, tak w celach poznawczych /naukowych/, jak i praktycznych. Nowoczesne, wysokoprecyzyjne dalmierze elektromagnetyczne, teodolity z częściowo zautomatyzowanym procesem pomiarowym, samopoziomujące niwelatory z automatyczną rejestracją odczytów oraz urządzenia wykorzystujące sztuczne satelity /dopplerowskie, radiointerferometryczne/ - to narzędzia, umożliwiające zakładanie dużych - również i globalnych w skali światowej - osnów geodezyjnych. Wysoka dokładność pomiarów ma też istotne znaczenie dla rozwoju geodezji inżynierskiej, w której dość często wymagana jest precyzja rzędu dziesiątych, a zdarza się, że i setnych części milimetra.

3. Skracanie czasu procesu produkcyjnego

Ta tendencja rozwojowa jest istotna zarówno w kartografii, zwłaszcza tematycznej, jak też w pomiarach geodynamicznych

oraz w pomiarach inżynierskich. Nowoczesna automatyka i informatyka umożliwia w niektórych warunkach takie skrócenie procesu produkcyjnego, że finalne wyniki pomiarów są uzyskiwane z bardzo małym opóźnieniem w stosunku do momentu obserwacji i rejestracji wielkości wyjściowych. Zbliżenie czasu realizacji całego procesu /ciągu/ do czasu rzeczywistego /"real time"/, ma istotne, pozytywne znaczenie w pomiarach wielkości dynamicznych, szybko zmiennych w czasie. Odnosi się więc głównie, pozostając w kręgu zagadnień cywilnych, do kartowania azybkowzmiennych, wielkoprzestrzennych zjawisk w środowisku geograficznym /np. rozprzestrzenianie się pyłowych i gazowych zanieczyszczeń atmosfery oraz zanieczyszczeń wód płynących i stojących/ oraz do kontroli stanu /i badań odkształceń/ budowli i urządzeń technicznych, a także wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej.

4. Nowe treści pomiarów i zobrazowań

Wysoka dokładność i duża szybkość wykonania pomiarów wielkości geometrycznych rozszerza zastosowania tych pomiarów lub - inaczej mówiąc - powiększa ich treściowy zasięg. Spośród licznych możliwych przykładów wymienimy dwa. Jeden - to wykorzystanie niwelacji geometrycznej do pomiarów drgań dużych maszyn i elementów budowli. Przykład drugi - to altimetria satelitarna w zastosowaniu do badań nierówności i pulsacji powierzchni mórz i oceanów.

Istotne poszerzenie treści przyniosły techniki teledetekcyjne. Zobrazowania obiektów w niekonwencjonalnych zakresach promieniowania elektromagnetycznego umożliwiając identyfikację jakościowych cech tych obiektów, daleko szerszą od konwencjonalnej interpretacji zdjęć fotograficznych.

5. Systemy informacyjne

Przewodnią tendencją w agregowaniu i dystrybucji informacji geodezyjno-kartograficznych jest tworzenie i operacyjne uruchamianie systemów informacyjnych o Ziemi i zagospodarowaniu jej powierzchni. Tendencja ta występuje już dłużej, od ponad 15 lat, jednak obecny poziom rozwoju i upowszechnienia informatyki sprzyja jej praktycznej, na szeroką skalę, realizacji. Wyróżnia się dwa rodzaje systemów

informacyjnych: systemy o terenie /LIS- Land Information System/ i systemy informacji geograficznej /GIS- Geographic Information System/. Różnią się one wzajemnie pod względem treści informacji, jej zasięgu terytorialnego /obszarowego/ i stopnia generalizacji /szczegółowości/. Systemy informacji terenowej LIS, w tworzeniu i prowadzeniu których geodezja odgrywa rolę wiodącą, są systemami szczegółowymi, nastawionymi na potrzeby gospodarki gruntami, miejscowego planowania przestrzennego i fiskusa /systemu podatkowego/. Spełniają więc one tę funkcję, która była związana z konwencjonalnymi służbami katastralnymi. Geodezja i kartografia uczestniczy w tworzeniu i eksploatacji systemów informacji geograficznej /GIS/, zajmując się tu głównie jednostkami i sposobami odniesień przestrzennych, a także zasilaniem w informacje wyjściowe. Istotnym zadaniem informatyki geodezyjno-kartograficznej w dziedzinie systemów informacyjnych jest zapewnienie kompatybilności baz danych organizowanych w ujęciu wektorowym /obróbowym/ bądź rastrowym /sekcyjnym/.

4. Aktualne warunki rozwoju technik geodezyjnych i kartograficznych w Polsce

Nasza technika geodezyjna i kartograficzna pozostaje w tyle za rozwiniętą techniką światową. Jednym ze źródeł tego opóźnienia są niewątpliwie skutki bezpośrednie i pośrednie drugiej wojny światowej. Jednakże wpływ tego źródła mógłby być już dawno istotnie ograniczony, gdyby funkcjonował poprawny system stymulacyjny, oparty głównie na kompleksowych motywacjach ekonomicznych. Tymczasem dotąd nie mamy wyrobionej chłonności gospodarki /praktyki geodezyjnej/ na postęp techniczny /i organizacyjny/. Również nowy system gospodarczy /reforma/, wcielany w kraju, nie przyniósł zdecydowanej zmiany w tym względzie. Zapewne rolę podstawową odgrywają tu ogólnie znane ujemne cechy makroekonomiczne, takie jak niedowartościowanie pracy żywej, zwłaszcza wysoko-kwalifikowanej, kosztowa zasada cenotwórstwa, brak - z małymi wyjątkami - konkurencji na rynku pomiędzy wytwórcami /przedsiębiorstwami/, towarzyszący nierównowadze rynkowej /przewaga popytu nad podażą/, ostry niedostatek środków

na import techniki, niewydolność krajowej produkcji narzędzi i materiałów.

Po stronie czynników wpływających dodatkowo na rozwój techniki w naszych warunkach należy wymienić; obok ogólnych tendencji światowych, ostry niedostatek kadry, zwłaszcza pomocniczej, wysoki poziom intelektualny znacznej /i licznej/ kadry fachowej, niezłe - na ogół - rozwinięte zaplecze badawczo-rozwojowe oraz znaczną podaż krajowych koncepcji i projektów w zakresie techniki. Rzecz w tym, aby te warunki pozytywne przeważały nad warunkami negatywnymi. Zależy to głównie od generalnych regulacji systemowych w całej gospodarce narodowej, jednak znaczna rola przypada również kierownictwom przedsiębiorstw geodezyjno-kartograficznych oraz kadrcie inżynierów i techników.

Dr inż. Mieczysław Smółka
Instytut Geodezji i Kartografii

Modernizacja i produkcja drobnego oraz specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego

Problem modernizacji i produkcji drobnego oraz specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego był niejednokrotnie omawiany na wielu naradach i analizowany w różnych opracowaniach, między innymi w ekspertyzie opracowanej w 1985 r. przez Instytut Geodezji i Kartografii pt. "Projektowanie i wytwarzanie aparatury geodezyjnej i kartograficznej przez branżę geodezyjną". Podejmowane próby zmiany istniejącego, niezadawalającego stanu rzeczy, nie przyniosły pożądanych rezultatów. Należy stwierdzić, że w ostatnich latach z różnych powodów krajowa produkcja sprzętu geodezyjnego została znacznie ograniczona. Przy zmniejszonym imporcie, modernizacja i rozwój krajowej produkcji tego sprzętu stały się konieczne bardziej niż kiedykolwiek.

Przystąpienie do tej modernizacji i produkcji jest możliwe jedynie pod warunkiem posiadania odpowiednio wyszkolonej i doświadczonej kadry technicznej oraz zaplecza produkcyjnego.

Obecnie nie ma w kraju żadnego ośrodka, który byłby w stanie samodzielnie rozwiązać problem modernizacji, budowy i jednocześnie produkcji całego asortymentu drobnego, pomocniczego i specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego.

Polskie Zakłady Optyczne - jedyny krajowy wytwórca określonego asortymentu sprzętu geodezyjnego i kartograficznego systematycznie ogranicza jego produkcję.

Instytut Geodezji i Kartografii projektuje i wykonuje tylko modele, prototypy oraz pojedyncze egzemplarze i niewielkie serie specjalistycznych urządzeń. Zarówno ze względów statutowych, jak i lokalowych uruchomienie w Instytucie produkcji drobnego i pomocniczego sprzętu, w takich rozmiarach, aby zaspokoić potrzeby w skali krajowej, jest niemożliwe.

Istniejące prywatne spółki wprawdzie zainteresowały się ostatnio produkcją wybranego przez siebie asortymentu drobnego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego, ale ogólnie rzecz biorąc niewiele wiadomo na temat ich możliwości konstrukcyjnych i produkcyjnych.

W tej sytuacji szczególnego znaczenia nabiera budowa Wytwórni Sprzętu Geodezyjnego przy Okręgowym Przedsiębiorstwie Geodezyjno-Kartograficznym w Rzeszowie.

Z wymienionej na wstępie ekspertyzy opracowanej w IGIK wynika, że niektóre urządzenia są lub mogą być produkowane również w tych przedsiębiorstwach geodezyjnych, które mają odpowiednie zaplecze techniczne.

Osiągnięcie zasadniczego celu jakim jest krajowa produkcja nowoczesnego sprzętu i to w ilościach zaspakajających potrzeby rynku jest obecnie możliwe, jak się wydaje, przede wszystkim w wyniku podjęcia współpracy pomiędzy jednostkami organizacyjnymi, posiadającymi odpowiedni potencjał kadrowy i produkcyjny.

Duże nadzieje w zakresie opracowania i produkcji omawianego sprzętu można pokładać w planowanej współpracy pomiędzy Instytutem Geodezji i Kartografii oraz Okręgowym Przedsiębiorstwem Geodezyjno-Kartograficznym w Rzeszowie.

Zakres oraz harmonogram prac modernizacyjnych i konstrukcyjnych powinien być uwarunkowany nie tylko potrzebami użytkowników, ale również możliwościami produkcyjnymi. Trzeba się liczyć z tym, że modernizacja, a w szczególności produkcja nowych przyrządów będzie wymagała stosowania odpowiednich technologii i urządzeń produkcyjnych.

W pierwszej kolejności należy uwzględnić modernizację tego prostego sprzętu, którego produkcja nie wymaga ani dużych nakładów pracy ani stosowania nowych technologii. Przykładem takiej modernizacji może być pion sznurkowy

opracowany w Instytucie Geodezji i Kartografii. Został on wyposażony w tłumik amplitudy wahań. Tłumik ten przy najmniejszym ruchu pionu sam się uruchamia i "wygasza" amplitudę wahań pionu, co przyspiesza pracę i podwyższa dokładność pomiaru. Tłumik, dzięki specjalnej konstrukcji, umożliwia również łatwą zmianę długości sznurka pionu.

Jednym z najtrudniejszych, ale koniecznych przedsięwzięć będzie np. opracowanie nowej technologii produkcji taśm i ruletek. Ruletki i taśmy pomiarowe powinny być wytrzymałe na rozzerwanie i zginanie, odporne na korozję, a ich podziały czytelne. Spełnienie tych podstawowych warunków będzie wymagało opracowania i wykonania nowych urządzeń i stanowisk produkcyjnych.

Pilnym zadaniem jest również remont i renowacja ortogonalnych nanośników szczegółów, których produkcja jest w kraju od dawna wstrzymana i nie przewiduje się jej wznowienia. Jest to przedsięwzięcie trudne i szczególnie kłopotliwe, bowiem dla każdego przyrządu trzeba będzie oddzielnie ustalać zakres prac remontowych. Nanośnikom tym, w większości wypadków, będzie można przywrócić pełną sprawność.

Wydaje się, że ze względu na pilne potrzeby, celowe byłoby opracowanie i podjęcie produkcji nowoczesnego uniwersalnego nanośnika-koordynatografu dla formatu A1 o dokładności wnoszenia punktów 0,05 mm. Nanośnik taki byłby wyposażony w nowoczesne elektroniczne podziały o rozdzielczości 0,01 mm. Uniwersalność nowego nanośnika polegałaby przede wszystkim na tym, że w zakresie całego arkusza, w dowolnie wybranej skali, możnaby nanosić punkty zarówno o współrzędnych prostokątnych, jak i biegunowych. Nanośnik taki mógłby być wykorzystywany również jako kartometr lub przyrząd do wyznaczania współczynnika skurczu materiałów kartograficznych.

W ostatnim czasie powstała możliwość opracowania i wdrożenia do produkcji elektronicznego rejestratora polowego. Instytut Geodezji i Kartografii, w ramach dotychczasowej współpracy z kolejową służbą geodezyjną, nawiązał kontakty z zespołem konstruktorów, którzy dla potrzeb kolejnictwa opracowali i wykonali podobne rejestratory.

Przy budowie geodezyjnego rejestratora możnaby wykorzystać dotychczasowe doświadczenia, co niewątpliwie przyspieszyłoby zakończenie prac konstrukcyjnych i obniżyło koszty wykonania prototypu.

Podane powyżej przykłady ilustrują jedynie niektóre problemy związane z modernizacją i produkcją drobnego oraz specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i kartograficznego. Poruszony problem jest na tyle złożony, że wyczerpujące omówienie go winno stanowić przedmiot odrębnego, znacznie szerszego opracowania.

Dr inż. Jacek Domański
Instytut Geodezji i Kartografii

Rozwój systemów i metod pozyskiwania informacji teledetekcyjnych

Pierwsze obrazy teledetekcyjne zastosowane do celów cywilnych pochodziły z satelitów meteorologicznych. Obrazy te charakteryzowały się niską rozdzielczością, jednakże ich zastosowanie, jak również zdjęcia wykonywane w czasie kosmicznych lotów załogowych realizowanych w USA i ZSRR, dostarczyły przekonujących dowodów na to, że zdjęcia satelitarne mogą dostarczać bardzo istotnych danych o środowisku naturalnym i zasobach naszej planety.

Wnioski takie doprowadziły do utworzenia w USA systemu satelitów teledetekcyjnych Landsat, z których pierwszy był wystrzelony w 1972 roku. Satelita ten, podobnie jak późniejszy Landsat 2 /wystrzelony w 1975 roku/, miał zainstalowany na pokładzie skaner wielospektralny o rozdzielczości terenowej 80 m, pracujący w czterech zakresach spektrum obejmujących przedział 0,5-1,1 μm , oraz kamerę widikonową pracującą w trzech zakresach spektrum w przedziale 0,475 - - 0,83 μm , o rozdzielczości terenowej także 80 m. Następny z serii tych satelitów, Landsat 3 był wystrzelony w 1978 roku. Na jego pokładzie zainstalowano skaner wielospektralny, zbierający informacje w pięciu zakresach. Rozdzielczość w czterech zakresach /0,5 - 1,1 μm / wynosiła 80 m a rozdzielczość w piątym zakresie, w podczerwieni termalnej /10,4-12,6 μm / wynosiła 240 m. System widikonowy na satelicie Landsat 3 pozwalał zbierać informacje jednozakresowo, przy czym rejestrowane promieniowanie w przedziale panchromatycznym /0,505 - 0,9 μm /, z rozdzielczością terenową 40 m.

Eksperymenty prowadzone w ZSRR dotyczyły w większości przypadków zastosowania i wykorzystania kamer fotograficznych. Główną z nich była sześciokresowa kamera MKP 6, która pozwalała fotografować Ziemię z rozdzielczością terenową 20-30 m, w sześciu zakresach widma. Mimo, że ZSRR później niż USA rozpoczął próby dotyczące wykorzystania skanerów, to jednak również w ZSRR opracowano serię satelitów, na pokładach których zainstalowano urządzenia skanerowe do zbierania danych. Pierwszym z tej serii był satelita Meteor, wystrzelony w 1974 roku. Na jego pokładzie zostały zainstalowane dwa skanery wielospektralne: czterozakresowy, zbierający informacje w zakresie 0,5 - 1,0 μm , z rozdzielczością terenową 1,7 km oraz dwuzakresowy, pracujący w zakresie 0,58 - 1,0 μm , z rozdzielczością terenową 240 m. Kolejne trzy satelity z serii Meteor, z podobną aparaturą na pokładach, zostały wystrzelone w ZSRR w latach 1976, 1977 i 1979.

Również w latach siedemdziesiątych wystrzelono satelity, na pokładach których zainstalowano systemy radarowe do obrazowania powierzchni Ziemi. Jednym z nich był satelita amerykański SEASAT, z zainstalowanym systemem SAR, pracującym w zakresie L i zbierającym informacje z rozdzielczością terenową 25 m. Mimo, że w przypadku satelity Seasat, zbieranie danych odbywało się tylko przez około 3 miesiące, to jednak dane te okazały się bardzo przydatne. Podobny system był zainstalowany na pokładzie drugiego promu kosmicznego /STS-2/. Obrazom radarowym poświęcano wiele uwagi, szczególnie ze względu na możliwość uzyskiwania danych bez względu na pogodę, dzięki czemu dane te mogły być wykorzystywane wszędzie tam, gdzie zachmurzenie stanowi poważną przeszkodę w monitorowaniu różnych zjawisk i obiektów. Zarówno USA, jak i ZSRR informowały też o posiadaniu systemów radarowych do obrazowania powierzchni mórz.

Lata siedemdziesiąte zapisały się jako okres bardzo szybkiego i korzystnego rozwoju teledetekcji. Mimo, że jedyne kraje posiadające systemy do pozyskiwania danych były USA i ZSRR, to dane te były udostępniane wszystkim krajom. Opracowane zasady dotyczące wykorzystywania danych teledetekcyjnych przez te kraje, które nie miały możliwości

zbierania informacji, a naukowcy na całym świecie pracowali nad pokonywaniem barier uniemożliwiających efektywne wykorzystywanie teledetekcji. Wraz z rozwojem satelitarnych systemów teledetekcyjnych opracowywano urządzenia umieszczone na samolotach, zbierające informacje z wykorzystaniem różnych technik, od wykonywania wielospektralnych zdjęć fotograficznych, wielospektralnych obrazów skanerowych, aż do obrazów rejestrowanych w zakresie podczerwieni termalnej.

Następstwem rozwoju teledetekcji z lat siedemdziesiątych było podjęcie prac prowadzących do tworzenia własnych satelitów przez większą liczbę krajów. Już nie tylko USA i ZSRR, lecz także Chiny, Francja, Indie, Japonia i Kanada ogłaszają swoje plany dotyczące budowy i uruchomienia własnych satelitów.

Na początku lat osiemdziesiątych, w 1982 roku, USA umieściły na orbicie nowego satelitę Landsat 4, na pokładzie którego zainstalowano siedmiozakresowy skaner mechaniczny Thematic Mapper /TM/, który zbiera informacje z rozdzielczością terenową 30 m, w zakresie 0,45 - 2,35 μm i w podczerwieni termalnej /10,4-12,5 μm / z rozdzielczością terenową 120 m. Dwa lata później, w 1984 roku wystrzelono satelitę Landsat 5, z podobną aparaturą na pokładzie.

W 1985 roku we Francji wystrzelono satelitę SPOT-1. Na jego pokładzie umieszczono nowe jakościowo urządzenia do zbierania danych, HRV /High Resolution Visible/, w którym skaner mechaniczny zastąpiono macierzą detektorów złożoną z 6000 elementów. Satelita SPOT-1 okrąża Ziemię po orbicie o wysokości 832 km. Konstrukcja urządzeń pozyskujących pozwala na zbieranie informacji wielospektralnych w trzech zakresach /0,50-0,59 μm , 0,61-0,68 μm i 0,79-0,89 μm / z rozdzielczością terenową 20 m lub w jednym zakresie, odpowiadającym przedziałowi panchromatycznemu /0,51 - 0,73 μm / z rozdzielczością terenową 10 m. Satelita może zbierać informacje z pasa znajdującego się pionowo pod nim, bądź też z pasów terenu leżących po obu stronach toru lotu satelity. Dzięki temu obrazy pozyskiwane przez satelitę SPOT-1 pozwalają uzyskiwać efekt stereoskopowy i prowadzić prace związane z pomiarem ukształtowania terenu, z dokładnością

do 10 m /według źródeł francuskich/. Możliwości takiej nie dawały dotychczas inne satelity zbierające dane z wykorzystaniem technik skanerowych. W zależności od sposobu rejestracji danych, szerokość rejestrowanego pasa terenu waha się od 60 km /obrazy pionowe/ do 80 km /obrazy ukośne/.

Spośród innych urządzeń wykorzystywanych bądź też konstruowanych z myślą o zbieraniu danych teledetekcyjnych należy wymienić:

- ERS 1. Będzie to europejski satelita teledetekcyjny, którego wystrzelenie planuje Europejska Agencja Kosmiczna /ESA/ w 1989 roku. Oprócz urządzeń do pozyskiwania danych w pasmach $3,7 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m}$ i $12 \mu\text{m}$, na pokładzie tego satelity będzie umieszczony system radarowy /SAR/ zbierający informacje z rozdzielczością terenową 30 m.

- JERS 1. Satelita teledetekcyjny japoński, który będzie zbierał informacje w czterech zakresach w przedziale $0,45-0,9 \mu\text{m}$, z rozdzielczością 25 m, a także będzie pozyskiwał obrazy radarowe w paśmie L, z rozdzielczością 25 m. Wystrzelenie tego satelity jest przewidywane na lata 1989-1990.

- IRS 1. Będzie to satelita indyjski, z umieszczonymi na pokładzie liniowymi macierzami detektorów.

- OSM. System do monitorowania barw oceanów. Będzie to trzynastozakresowy skaner pracujący w oparciu o macierze detektorów, którego wykorzystanie planuje Europejska Agencja Kosmiczna.

Obrazy satelitarne dostarczają informacji obejmujących bardzo duże obszary. Do obrazowania obszarów mniejszych stosuje się dotychczas systemy instalowane na pokładach samolotów. Jednak biorąc pod uwagę techniczne możliwości uzyskiwania obrazów satelitarnych o wysokiej rozdzielczości można przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości obrazy lotnicze będą wypierane przez obrazy satelitarne.

Obecnie 13 państw oraz Europejska Agencja Kosmiczna /ESA/ jest zaangażowanych w rozwoju systemów teledetekcyjnych. Można przewidywać, że w przyszłości dane teledetekcyjne będą dostępne także dla innych krajów. Można,

niestety, także przewidywać, że będzie postępowała komercjalizacja w zakresie udostępniania danych, co w efekcie spowoduje wzrost ich cen, zauważalny już w ostatnich latach. Może to ograniczyć wykorzystanie danych teledetekcyjnych przez kraje, które nie posiadają odpowiednich środków.

W ciągu kilkunastu lat rozwoju teledetekcji powstała sytuacja, w której z jednej strony dostarczane są olbrzymie ilości danych, z drugiej jednak strony okazuje się, że nie wystarcza już korzystanie z teledetekcji jako samodzielnego źródła informacji. Oprócz danych teledetekcyjnych wykorzystuje się także inne dane, które w połączeniu z informacjami teledetekcyjnymi, pozwalają kompleksowo charakteryzować i badać środowisko naturalne. Dane takie, w odpowiednich formach, zapisywane są do specjalizowanych baz danych. Mogą one dotyczyć rzeźby terenu, typów gleb, budowy geologicznej, zagrożenia erozyjnego, klimatu, form własności, itp. Integracja takich danych z danymi teledetekcyjnymi prowadzi do tworzenia systemów informacyjnych o środowisku naturalnym.

Ze względu na coraz większe ilości danych, do ich przetwarzania wykorzystuje się systemy komputerowe o wysokim stopniu specjalizacji. W systemach takich przetwarzanie różnego typu danych jest realizowane przez odrębne procesory, dzięki czemu uzyskuje się podniesienie efektywności prac. Systemy do przetwarzania danych teledetekcyjnych i innych danych wchodzących w skład systemów informacyjnych są produkowane przez wiele krajów, między innymi USA, Francję, Japonię, Kanadę, Szwecję a także NRD.

W Polsce system taki, produkcji amerykańsko-kanadyjskiej od kilku lat pracuje w OPOLiS-IGiK. Obecnie umożliwia on przygotowanie danych do celów interpretacji wizualnej /tworzenie kompozycji barwnych/, analizę danych /wzmocnienie kontrastu obrazów, filtracje, różne typy klasyfikacji/ oraz wyprowadzanie wyników obróbki cyfrowej w dowolnej postaci, dogodnej dla użytkowników.

Także w OPOLiS prowadzone są prace mające na celu opracowanie koncepcji i utworzenie systemu informacyjnego o środowisku naturalnym. Pierwsze opracowanie tego typu, dotyczące północnej części Polski, zostało rozpoczęte w 1986 roku.

Doc.dr hab.inż.Wojciech Bychawski
Instytut Geodezji i Kartografii

Wykorzystanie zdjęć satelitarnych do aktualizowania map topograficznych

Przed dwoma laty Związek Radziecki udostępnił służbom cywilnym krajów socjalistycznych zdjęcia satelitarne w skali około 1:220 000.

Są one wykonywane z satelitów krążących po orbitach zbliżonych do okołobiegunowych, na wysokości około 200 kilo - metrów. Na tych to satelitach są umieszczane trzy lub dwie kamery fotogrametryczne o ogniskowej ponad metr. Kamery wykonują zdjęcia o formacie 30 x 30 cm; dawniej na czarno - białym filmie panchromatycznym i barwnym w podczerwieni /a ściślej na spektrostrefowym/, obecnie tylko na spektrostrefowym. Zdjęcia są przesyłane na Ziemię w pojemnikach lądujących na spadochronach.

Rozdzielczość zdjęć, jak na zdjęcia satelitarne, jest wręcz rewelacyjna. Jest ona szacowana na około 7 - 10 metrów, a w stosunku do niektórych szczegółów sytuacyjnych nawet na około 2 - 3 metrów. Ze względu na zasób treści można je uznać za lepsze od panchromatycznych zdjęć z satelity SPOT, który - jak wiadomo - analizuje powierzchnię Ziemi pikselem o rozmiarach 10 x 10 metrów. Kilometr kwadratowy zobrazowania na radzieckich zdjęciach satelitarnych kosztuje około 15 złotych /wg cen 1986 r./. Dla porównania zobrazowanie SPOTa kosztuje około 90 złotych a na zdjęciach lotniczych około 2000 zł. Jest to o tyle ważne, że współczesne zobrazowania satelitarne z punktu widzenia rozdzielczości zaczynają być porównywalne, w niektórych sytuacjach, do zdjęć lotniczych z dużych wysokości. Warto dodać, że w Polsce wogóle nie możemy wykonywać zdjęć lotniczych w opłacalnie małej skali.

Wygląda na to, że mamy dostateczną liczbę ważkich argumentów przemawiających za poważnym traktowaniem zdjęć satelitarnych już nie tylko z punktu widzenia teledetekcji - do czego przywykliśmy - ale także fotogrametrii.

Radzieckie zdjęcia satelitarne formalnie rzecz biorąc są zdjęciami fotogrametrycznymi. Jest bowiem znana odległość obrazu kamery, są znaczki tłowe, jest określona dystorsja obiektywu.

Ważnym natomiast problemem są zniekształcenia obrazu wywołane dystorsją obiektywu. Deformacje dochodzą do 0,6 mm na zdjęciu, co odpowiada około 120 metrom w terenie. Widać więc, że na tych zdjęciach jest znaczna dysproporcja między bogactwem treści a możliwością jej kartometrycznego przedstawienia.

Mamy obecnie problem aktualizowania map topograficznych w skali 1:200 000. Jest on częścią większej sprawy. Dotyczy bowiem aktualizacji map także w innych skalach.

Kładąc na szali różne cechy radzieckich zdjęć satelitarnych, raczej zwyciężają superlatywy. Jednak pejoratywy są tak znaczne, że trzeba się liczyć z dużym nakładem prac badawczo-wdrożeniowych dla opracowania metod fotogrametrii satelitarnej.

Wiele wskazuje na to, że w sprawie aktualizacji map topograficznych w skali 1:200 000 wykorzystanie radzieckich zdjęć satelitarnych nie będzie wymagać aż tak dużych zabiegów.

W ubiegłym roku, a więc zaraz jak tylko zostały zakupione pierwsze zdjęcia z terytorium Polski, Instytut na zlecenie GUGiK rozpoczął prace badawcze nad wykorzystaniem tych zdjęć w topografii.

Zdecydowano, że w pierwszej kolejności będzie rozwiązany problem wykorzystania tych zdjęć do aktualizowania map topograficznych w skali 1:200 000. Równolegle są prowadzone prace badawcze nad rozszerzeniem ich zastosowania tak, aby można było złagodzić wspomnianą dysharmonię między treścią i formą zdjęć.

Porównując ustalony zakres aktualizacji treści mapy topograficznej 1:200 000 z treścią możliwą do odczytania ze zdjęć dochodzi się do następującego stwierdzenia: Radzieckie zdjęcia satelitarne są przydatne do aktualizowania map

topograficznych w skali 1:200 000 w nieomal całym zakresie tych to elementów, które mogą być określone na podstawie zdjęć lotniczych. Innymi słowy, dla potrzeb aktualizacji map topograficznych w skali 1:200 000 omawiane zdjęcia satelitarne są ekwiwalentem zdjęć lotniczych.

Wiarygodność wydobycia właściwej treści ze zdjęć satelitarnych tylko na podstawie kameralnego uczytelnienia szacuje się na około 80%. Jest to bardzo wysoki wskaźnik. Na podstawie innych zdjęć satelitarnych tylko bardzo nieliczne elementy krajobrazu można uczytelnić kameralnie z taką wiarygodnością. Wracając do zdjęć radzieckich: w pozostałych przypadkach /tj. 20%/ może zająć konieczność upewnienia się o słuszności interpretacji bądź w terenie, bądź na podstawie istniejących materiałów kartograficznych i fotogrametrycznych. Nie można odczytać ze zdjęć satelitarnych: klasy i charakterystyki dróg, mostów, wiaduktów i tuneli, zmiany trakcji kolejowej a niekiedy i liczby torów, wysokości nasypów, głębokości wykopów i urwisk oraz rzeźby terenu jak również przebiegu linii energetycznych. Należy podkreślić, że są to wszystko elementy, których nie uzyskuje się również ze zdjęć lotniczych z wyjątkiem wielkich skal.

Z tego, co zostało powiedziane, wynika, że gdy jest mowa o treści zdjęć, to z punktu widzenia potrzeb aktualizacji map topograficznych w skali 1:200 000, a także większej, można być optymistą.

Pozostaje problem kartometryczności tej treści. Jest kilka przeszkód koniecznych do usunięcia, z których do najważniejszych należą:

- wpływ dystorsji,
- wpływ nachylenia zdjęć,
- format zdjęć.

Problem zniekształceń wywołanych dystorsją da o sobie znać z całą wyrazistością dopiero, gdy będzie się chciało wykorzystać zdjęcia do aktualizowania, a także wykonywania map topograficznych w skalach większych od 1:200 000. Dla map w skali 1:200 000 i mniejszej można bowiem zniekształcenia wywołane dystorsją nie tyle usunąć, co zmniejszyć o około połowę. Są to - jak wiadomo - zniekształcenia o charakterze radialnym. Ponieważ w granicach fotogramu

z reguły znajduje się strefa zniekształceń zerowych, to można zniekształcenia największe zredukować kosztem tej właśnie strefy. W efekcie, stosując nawet tylko metody analogowe, udaje się tak przetworzyć zdjęcia, że zniekształcenia wywołane dystorsją nie są większe od około $\pm 0,3$ mm, co mieści się w graficznej dokładności opracowania w skali 1:200 000.

Zdajemy sobie sprawę z tego, że jest to półśrodek, z którym można być w zgodzie raczej tylko doraźnie. Rozwiązania bardziej skutecznego, bardziej uniwersalnego, będziemy poszukiwać na drodze cyfrowego przetwarzania obrazu.

Usunięcie wpływu znacznego wychylenia zdjęć jest problemem, który w naszych warunkach nabrał nieoczekiwanie dużego znaczenia. Chodzi bowiem o to, że nie mamy w Polsce przetwornika, który jest zdolny do rozwiązania na nim tego zadania. W sukurs przyszła metoda opracowana w IGIK przez doc. B. Bohonosą, pozwalająca analogowo przetwarzać zdjęcia nadmiernie nachylone. Została ona opracowana z myślą o ratowaniu zdjęć lotniczych z wadliwych nalotów. Teraz okazało się, że stała się ważnym elementem tworzonej fotogrametrii satelitarnej. Metoda już zdała egzamin i pozwala przekształcić silnie nachylone radzieckie zdjęcia satelitarne na fotomapę w skali 1:200 000 z błędem około $\pm 0,3$ mm, a więc na granicy możliwości określonych wielkością dystorsji.

Trzecią liczącą się przeszkodą w kartometrycznym wykorzystaniu radzieckich zdjęć satelitarnych jest ich format. Brzmi to dziwnie, ale jest to poważny problem techniczny w chwili wdrożenia zdjęć do produkcji geodezyjno-kartograficznej.

Aby to uwidocznić należy przedstawić idee fotogrametrycznego wykorzystania tych zdjęć przy aktualizacji map topograficznych.

Na początek trzeba powiedzieć, że istnieje pogląd, iż aktualizowanie mapy topograficznej w skali 1:200 000 bezpośrednio ze zdjęć satelitarnych nie jest rozwiązaniem, które powinno być brane pod uwagę przez służbę geodezyjno-kartograficzną w sensie strategicznym. Zajmowanie się tym jest jednak potrzebą chwili, możliwą do zaspokojenia bez

dłuższego czekania na wnikliwe badania naukowe. Jednak w ogólności należy dążyć do tego, aby na podstawie zdjęć satelitarnych bezpośrednio aktualizować mapy w możliwie największej skali: 1:100 000, ew. 1:50 000, a nawet 1:25 000. Wtedy aktualizowanie map w skali 1:200 000 wykonywanoby przez przeredagowanie.

Zanim jednak to nastąpi, zdjęcia satelitarne powinny być wykorzystywane najbardziej skutecznie, jak tylko się da. Najważniejsze w tym jest, aby w zastosowania topograficzne wkroczyć ze zdjęciami satelitarnymi możliwie bezinwestycyjnie, zwłaszcza w zakresie sprzętu. Innymi słowy chodzi o to, aby - tak długo, jak to będzie możliwe - polska służba geodezyjno-kartograficzna mogła przynosić społeczno-gospodarczy profit wykorzystując posiadany sprzęt fotograficzny.

Są możliwe dwie drogi postępowania. Jedna poprzez wykorzystywanie autografów, druga natomiast przetworników. Są argumenty przemawiające za i przeciw każdej z tych dróg. Jak to zwykle bywa zwycięży zapewne rozwiązanie pośrednie.

Jak jednak wszyscy wiemy nie ma w Polsce autografów zdolnych do pracy na zdjęciach o formacie 30 x 30 cm. Również i przetworniki optyczno-mechaniczne zdążyły się zestarzeć moralnie i technicznie.

Doraźnie zmiana formatu będzie dokonywana metodą prze-fotografowania, z czym są jednak problemy.

Sposób wykorzystywania radzieckich zdjęć satelitarnych przy aktualizowaniu map topograficznych w skali 1:200 000 będzie gotowy do wdrożenia w przedsiębiorstwach pod koniec bieżącego roku.

Trzeba jednak wyraźnie powiedzieć, że lansowana tu idea bezinwestycyjnego wdrażania zdjęć satelitarnych przyniesie wprawdzie spektakularny skutek, ale na dłuższą metę zemści się zwiększeniem i tak już ogromnego dystansu polskiej fotogrametrii i kartografii do przeciętnego poziomu europejskiego.

Dlatego też w IGIK są prowadzone intensywne badania nad szerszej rozumianą fotogrametrią satelitarną, która wcześniej czy później musi być uzbrojona w nowoczesny sprzęt.

Prawie na ukończeniu są badania nad fototriangulacją satelitarną, bez której nie do pomyślenia są łączenia zdjęć satelitarnych w bloki, a więc opracowywanie większych obszarów zwłaszcza - co jest prawie regułą - gdy są one pokryte zdjęciami z różnych dat, a więc różnych orbit. W zakresie wstępnego przetwarzania wyników obserwacji fotogrametrycznych znaczny sukces odnieśli fotogrametryści z Politechniki Warszawskiej uzbrajając stekometr w komputer.

Rozpoczyna się prace nad cyfrowym przetwarzaniem radzieckich zdjęć satelitarnych. Tą samą drogą starają się osiągnąć powodzenie także towarzysze radzieccy. Jak na razie nie widać innej skutecznej drogi do usuwania dysproporcji między ogromnym zasobem treści zdjęć a ich słabą geometrią, jeżeli nie dysponuje się autografem analitycznym.

Jednak na razie geometryzować zdjęcia będziemy poprzez zmianę postaci fotograficznej na cyfrową. Ta postać będzie poddawana stosownym transformacjom, by następnie przejść z powrotem do postaci fotograficznej nadającej się do opracowań analogowych. Zdajemy sobie sprawę z tego, że przy obecnej skanerowej technice zamiany obrazu fotograficznego na cyfrowy i odwrotnie ucierpi na tym treść zdjęć. W ogólności można powiedzieć, że jeżeli kartometryczność zdjęć będzie musiała być osiągnięta tylko w ten sposób, to zasób treści - tak obecnie frapujący - zmniejszy się i stanie się porównywalny do współczesnych zdjęć skanerowych /10 - 20 metrów/. Jest to szczegółowość wystarczająca dla map w skali 1:50 000 i mniejszych, nawet jeżeli pozostaniemy przy obecnych wymaganiach co do zasobu treści i dokładności jej kartowania na mapach.

Techniki satelitarne wywołują na całym świecie głośno już wypowiedane refleksje na temat map topograficznych. Relacja kosztów aktualizowania, a także wykonywanie map topograficznych, jaka zachodzi między tradycyjnym sposobem zbierania danych o terenie a wykorzystywaniem zdjęć satelitarnych jest taka, że koniecznie należy poddać rewizji faktyczną potrzebę produkowania tak zasobnych map jak obecnie. Co bardziej przewrotni twierdzą, że w niektórych krajach świata mapy topograficzne są w dalszym ciągu mapami dla piechura z jego potrzebami poruszania się w terenie w czasie I wojny światowej. Powstaje pytanie co

lepiej: czy wykonywać mapy, na których jest wszystko co da się zmierzyć i narysować, czy też mapy dostosowane do faktycznych potrzeb współczesnego człowieka, dające aktualną syntezę wiedzy o terenie.

W Polsce ten problem także jest dostrzegany. Znajdzie on zapewne odbicie w opracowywanym obecnie projekcie nowej treści i formy graficznej map topograficznych w skalach od 1:25 000 do 1:500 000.

Przed zdjęciami satelitarnymi w topografii nie ma ucieczki. Nikt tego wprawdzie nie próbuje robić. Rzecz jednak w tym, że ich efektywne wykorzystanie będzie wymagać od wszystkich śmiałości myślenia, odejścia od przyzwyczajęń, z których często nie zdajemy sobie sprawy. I to nie tylko w zakresie fotogrametrii i teledetekcji, ale także, albo nawet zwłaszcza, geodezji i kartografii.

Dr inż. Lech Brekman
Główny Urząd Geodezji i Kartografii

Kierunki usprawnienia prac redakcyjnych i reprodukcyjnych
map topograficznych i tematycznych

Mapy topograficzne w całym szeregu skalowym oraz prze-
ważnie związane z nimi mapy tematyczne od wielu już lat
są ważnym kierunkiem wydawnictw kartograficznych w świecie.
Zapotrzebowanie na mapy stale wzrasta, pomimo że pojawiły
się i królują w wielu dziedzinach komputerowe nośniki in-
formacji. Mapa numeryczna, będąca wytworem systemów kompute-
rowych, jest jedynie wygodną formą, umożliwiającą stałe
wprowadzanie zmian aktualizacyjnych, pozwalającą na dokony-
wanie wyboru określonych treści i przetwarzania w zadanych
odzworowaniach i potrzebnych skalach. Jednak konsumpcyjną
formą użytkowników pozostaje nadal rysunek mapy, odczyty-
wany na monitorze, a najczęściej przekazywany w formie
arkusza mapy. Zdobyte współczesnej techniki zarówno w
dziedzinie pozyskiwania informacji, jak i jej przetwarzania,
stają się korzystnym narzędziem pracy w ręku współczesnego
kartografa - redaktora mapy. Już dzisiaj otrzymuje on
numeryczne zapisy wyników prac polowych dokonywanych instru-
mentami kodowymi, dysponuje zdjęciami lotniczymi panchro-
matycznymi i wielospektralnymi, a również wynikami zobrazo-
wań skanerowych otrzymywanych z samolotów o wysokich puła-
pach lotu lub z systemów satelitarnych.
Informacje te mogą dotyczyć obiektów o różnych powierzch-
niach, zbioru zjawisk lub danego zjawiska, w określonym
czasie lub w powtarzalnych okresach czasu. Jednocześnie
stale podnoszona jest pojemność informatyczna otrzymywanych
zbiorów i zdolność rozdzielcza zobrażeń. Dzięki

wprowadzanym systemom zapalono "zielone światło" dla rozwoju kartografii, a szczególnie kartografii tematycznej. Również w warunkach krajowych Postanowienie Prezydium Rządu nr 8/86 z dnia 10 marca 1986 roku w sprawie wykorzystania obrazów satelitarnych i zdjęć lotniczych w gospodarce narodowej przyczynia się do rozwoju kartografii.

Nowe metody fotointerpretacji zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych pozwalają otrzymywać żądane informacje o terenie, a dzięki dużej zdolności rozdzielczej obrazów satelitarnych możliwe jest wykorzystywanie tych materiałów do aktualizacji, a również do sporządzania map topograficznych. Rozwija się fotogrametria numeryczna dysponująca autografami analitycznymi oraz systemami przetwarzania informacji. Tworzone są bazy danych kartograficznych, przeznaczone do sporządzania map wielkoskalowych, średnio-skalowych i odrębne do opracowań drobnoskalowych. Wprowadzane są moduły pozyskiwania danych zarówno drogą rejestracji polowej, digitalizacji, stereodigitalizacji, jak i kodowania danych pochodzących z innych źródeł, np. danych o charakterze branżowym. Wprowadzane są moduły redagowania pierworysu mapy w zautomatyzowanym systemie interaktywnym. Redagowany rysunek mapy z podziałem na kolory druku wprowadzany jest do pamięci komputera na określone poziomy informatyczne. Redaktor korzystając z bazy danych kartograficznych zawierających zbiory znaków i oznaczeń wywołuje na monitorze kolorowym wybrane fragmenty rysunku, drogą montażu elektronicznego wprowadza nowe treści, symbole, oznaczenia, znaki powierzchniowe i opisy, dokonuje sprawdzenia i korekty. Tym samym tworzy numeryczną formę mapy, którą pozostawia w pamięci maszyny. Różne systemy tych urządzeń współpracują z skanerami elektronicznymi z dostosowaniem kartograficznym, które przejmują funkcję korygowania kolorów, rastrowania a również montażu elektronicznego. Graficzna forma mapy otrzymywana jest za pośrednictwem ploterów kreślących rysunek próbny, rytujących lub kreślących światłem rysunek czystorysowy. Po dokonaniu tak zautomatyzowanych czynności redakcyjnych numeryczna forma mapy wizualizowana jest za pomocą plotera i sprawdzana. Plotery ze specjalnym

oprzyrządowaniem sporządzają precyzyjny rysunek czysto-
rysów oraz wycinają maski niezbędne do wydzieleń kolo-
rystycznych w procesie druku offsetowego. Wymienione
funkcje spełniają urządzenia pracujące w systemach wielu
firm zagranicznych takich, jak np. IBM PC, Scanograph
firmy Dainippon Screen, Siemens, Ferranti, Aristo,
Contraves, Linotype i inne.

Udoskonalana jest i automatyzowana technika druku
offsetowego zarówno druku wielonakładowego, jak i druku
małonakładowego. Stosowane są powszechnie elektroniczne
systemy sterowania drukiem, dozujące parametry druku w
stosunku do warunków wzorcowych. Małe nakłady map rzędu
30 do 500 egzemplarzy wykonywane są za pomocą maszyn
offsetowych przedrukowych z zastosowaniem presensybili-
zowanych form offsetowych typu Ozasol lub Alfasol.
Płyty Alfasol wykonywane są w uproszczonej metodzie
kopii elektrostatycznej z naświetleniem przechodzącym
lub odbitym oryginału w specjalnym urządzeniu. Po za-
stosowaniu tonera otrzymuje się gotową formę drukową.
Nowoczesne maszyny przedrukowe posiadają układy farbowe
i wodne, które mogą być wymieniane dla następnego koloru.
Przeznaczone do wymiany układy farbowe umieszczone są
na specjalnym wózku dostawczym i umożliwiają szybkie
przełączenie maszyny na dalszy kolor druku. Inny typ
maszyny przedrukowej wykonuje jednocześnie mapę dwu-
kolorową, dzięki zainstalowaniu dwóch równoległe działa-
jących cylindrów drukowych.

Wymienione maszyny produkują firmy Steinmesse Stolberg
oraz Dainippon Screen. Wspomniany system druku umożliwia
otrzymywanie małych nakładów map w wielu kolorach druku
w stosunkowo szybkim czasie. Dzięki temu spełniany jest
ważny warunek szybkiego otrzymywania określonych arkuszy
map opracowywanych techniką komputerową. Mapy te wykony-
wane są zwykle na życzenie użytkowników, zawierają
określony zakres treści, przedstawiane są w aktualnie
potrzebnej skali i w wybranej kolorystyce.

Równoległe z opracowywaniem systemów elektronicznych
udoskonalane są urządzenia i materiały.

Poważnym konkurentem fotoreprodukcji stają się systemy komputerowe i skanery kartograficzne. Skanery zdolne są obecnie do przetwarzania obrazów w różnych skalach z jednoczesną korektą lub wyborem elementów treści określonych kolorami lub tonami szarości z jednoczesnym wprowadzaniem rastrów i z elektronicznym maskowaniem. Automatyzuje się kamery fotograficzne.

Automatyzacja wtargnęła w każdą niemal dziedzinę procesu kartograficznego i reprodukcyjnego. Programowane są następujące urządzenia: kopioramy z naświetlaczami, kopiarki kserograficzne i elektrostatyczne, kopiarki fotograficzne z możliwością elektronicznego wyrównywania tonów w fotografii wielotonalnej, fotoskładarki nazw i symboli, procesory do filmów i do form drukowych oraz liczne procesory do kopiowania wielobarwnego.

Materiały fotograficzne ulegają dalszym modernizacjom. Laboratoria znanych firm /Agfa Gevaert, Kodak, Fuji, 3M, Du-Pont/ pracują nad nowymi asortymentami materiałów. Rozpatrywane są nowe potrzeby technologiczne i warunki ekonomiczne. Pojawiły się nowe źródła światła /światło laserowe - laserów barwnikowych/, zwiększa się szybkość operacji technologicznych a jednocześnie oszczędza się deficytowe srebro.

Rozwijane są techniki kopiowania bezsrebrowego a tu szczególnie rozwijana jest dwuzotypia i elektrofotografia.

Kierunek światowej mechanizacji i automatyzacji procesów redakcyjnych i wydawniczych w kartografii dociera do nas ze znacznymi opóźnieniami. Przyczyny szukać należy w trudnościach zaopatrzeniowych, brakach środków dewizowych a również w stosowanych ograniczeniach sprzedaży niektórych systemów i urządzeń. Krajowe dążenia do działalności antyimportowej napotykać również na poważne trudności i bariery.

Po obserwowanej w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych aktywności w tworzeniu i wyposażeniu bazy technologicznej kartografii nastąpiła niebezpieczna stagnacja, która obecnie nie oznacza zastoju ale wyraźne cofanie się wstecz. Stan ten jest z dużym trudem przełamany.

W minionym okresie wprowadzano i szybko wykorzystywano liczne metody, mniej lub bardziej doskonałe, ale dające efekty techniczne i ekonomiczne. Już wtedy odstępowano od tradycyjnego kreślenia kartograficznego na planszach rysunkowych i na kartonach na korzyść kreślenia na foliach kartograficznych i rytowania w połączeniu z procesami kopiowania. Powszechnie wykorzystywano technikę rytowania pozytywowego na folii PCW Astralon i w mniejszym stopniu - technikę rytowania negatywowego. Ukazanie się folii poliestrowych dokonało nagłego zwrotu w zastosowaniach i w technologiach. Zwrot ten jednak był zbyt raptowny. Zdyskryminowano folię Astralon pomimo, że jest on do dnia dzisiejszego dość powszechnie stosowany w niektórych procesach kartograficznych, dzięki możliwości stosunkowo łatwego kreślenia za pomocą tuszów zatrawiających, rytowania pozytywowego z zatrawianiem rysunku i kopiowania z wielokolorowym zatrawianiem. I tak zrezygnowano z pozytywowego rytowania map /głównie map wielkoskalowych - w świecie te metody są nadal stosowane/, zrezygnowano z "refleksograviury" prowadzącej do otrzymywania lewoczytelnych wtorników i z metody kopiowania dyfuzyjnego. Ta ostatnia metoda przeżywa drugą swoją świetność w nowoczesnych zautomatyzowanych wydaniach technologicznych, jako szybka metoda otrzymywania wtorników map, kopii i form do druku małonakładowego.

W zamian wprowadzone wysokojakościowe folie poliestrowe znanych firm FOLEX, KALLE, OZALID i innych razem z kosztownymi przybornikami i specjalnymi tuszami /typu foliograph - rapidograph, tuszu T, TT, TN i innych, których produkcji do dnia dzisiejszego nie opanowano w kraju. I tak zrezygnowano z metod krajowych, włączając nowe procesy, ale już w pełni oparte o przyborniki i materiały pochodzenia zagranicznego z drugiego obszaru płatniczego. Nie byłoby to ewidentnym błędem, gdyby nadal w dyspozycji pozostawały wolne środki dewizowe.

Od lat prowadzone starania o wykorzystanie produkowanej w kraju folii poliestrowej ESTROPOL /o grubości 30-50 mikrometrów/ głównie dla potrzeb elektroizolacyjnych/ dały rezultaty. Chemiczna Spółdzielnia Pracy CHEMIK w

Częstochowie zainteresowała się nowym asortymentem produkcji, a również udało się przekonać grupę technológów o konieczności zwiększenia grubości i poprawy warunków geometrycznych folii ESTROPOL. Z proponowanej rodziny uzdatnień tej folii do potrzeb kartograficznych takich, jak:

- folii kreślarskich i kartograficznych w różnych grubościach i odmianach, łącznie z folią bieloną, papieropodobną,
- folii kreślarskiej uzulanej do diazotypii w różnych kolorach,
- folii rytowniczych /grawerskich/,
- folii maskujących, łącznie z folią zdzieraną,
- folii montażowych,

udało się uruchomić folie kreślarskie ESTROMAT, DWUAZOESTROMAT, RYTOMAT /negatywowa folia rytownicza/.

Folia ESTROMAT jest przedmiotem dalszych prób i udoskonalień, obecnie istnieją warunki znacznego podniesienia twardości i przyczepności /adhezji/ do podłoża powłoki kreślarskiej, co umożliwi zastosowanie tej folii do wykonywania pierworysów map wielko- i średnioskalowych, w tym mapy zasadniczej oraz map tematycznych.

Folia DWUAZOESTROMAT uzyskała już kilka odmian ze względu na kolor kopii /brązy i odcienie koloru niebieskiego/. W prostym procesie dwuazotypii uzyskuje się obecnie bardzo poprawne kopie nie ustępujące swoją jakością materiałom pochodzenia zagranicznego.

Nowa odmiana uczulenia w kolorze blade niebieskim stwarza duże możliwości zastosowań kartograficznych, głównie do sporządzania czystorysów map oraz wykonywania różnych prac pomocniczych w procesie wydawniczym, w tym sporządzania makiet barwnych i masek do rozkolorowania map. Folie z uczuleniem brązowym mają szerokie zastosowanie techniczne w kartografii, jako wtórники do dalszych prac redakcyjnych, w tym głównie do prac aktualizacyjnych. Możliwe jest otrzymywanie dalszych kolorów. Nad doskonaleniem tej techniki pracuje Instytut Poligrafii Politechniki Warszawskiej.

Asortymentem wchodzącym obecnie do produkcji jest negatywowa warstwa rytownicza oblewana na foliach o grubości 140 - 190 mikrometrów, występująca pod nazwą RYTOMAT. Folie rytownicze zostały dostosowane do sporządzania czystorysów map, głównie map topograficznych i map tematycznych. Troską zespołu opracowującego technologię i czuwającego nad jakością produkcji jest uzyskanie dobrych właściwości rytowniczych folii, dobrych właściwości pochłaniania światła reprodukcyjnego przy kopiowaniu wtórnych diapozytywów i utrzymywanie tych właściwości przez stosunkowo długi okres czasu. Okres ten powinien przekraczać jeden rok, licząc od dostarczenia folii do produkcji kartograficznej. Folia rytownicza pozwala na łatwe wprowadzanie na powierzchnię rysunków, wykorzystywanych podczas rytowania. Rysunki te można otrzymywać sposobem diazotypii, cyjanokopii lub kopii barwionych po wprowadzaniu na powierzchnię gumochromianowych lub polialkoholowych roztworów kopiowych. Warstwę rytowniczą można wymywać w miejscach rysunku po uprzednim wykonaniu na powierzchni kopii gumowo-chromianowej. Czynność wykonuje się specjalnym rozpuszczalnikiem warstwy. Czynność ta jest korzystna w przypadku stosowania arkuszy mapy do prac aktualizacyjnych lub innych zadań kompilacyjnych.

Aby technika rytownicza mogła być odpowiednio wykorzystana, należy właściwie wyposażyć miejsce pracy. Aktualnie czynione są starania w tym kierunku. Opracowany został prototyp specjalnego stołu kartograficznego. Po serii prób i zaopiniowaniu wykonana zostanie seria informacyjna, a następnie zostanie uruchomiona seryjna produkcja. Stół ten - nazwany wieloczynnościowym - może być wykorzystywany do prac rytowniczych, rysowniczych i kreślarskich oraz do wykonywania montażu i retuszów. Podstawowym walorem technicznym jest uzyskanie jednolitego, niedrgającego światła, podświetlającego płytę tego stołu, dzięki zastosowaniu specjalnego systemu elektronicznego sterowania. Ciągła /płynna/ regulacja jasności pozwala na odpowiednie dobranie światła do aktualnie stosowanych warstw rytowniczych, negatywów lub innych materiałów przeznaczonych do opracowania. Zastosowane maskownice pozwalają dopasować pole prześwietlane do pożądanego formatu,

na którym wykonuje się operacje kartograficzne. Dzięki specjalnej konstrukcji stołu nie przewiduje się nadmiernego nagrzewania jego powierzchni, co mogłoby być niekorzystne w procesie rytowniczym. Pulpit roboczy stołu może być nachylany pod dowolnym kątem w zależności od potrzeb i upodobań rysownika. Stół ten został zaopatrzony w transformator zasilający przyborniki z napędem elektrycznym /od 3 do 9 V/. Umieszczona z prawej strony stołu szafka narzędziowa pozwala na przechowywanie odpowiednich przyborników i na ułożenie ich w żądanej kolejności do aktualnie wykonywanej pracy. Konstrukcja stołu jest stabilna, zadbano o estetyczny wygląd i właściwe wykończenie. W celu wygodnego opracowywania rysunków nieformatowych w przedniej części blatu stołu pozostawiono otwór /szparę/, pozwalający na opuszczenie w dół części tych rysunków. Dostawcą stołów będzie Przedsiębiorstwo Zaopatrzenia Przemysłu Poligraficznego TECHNOGRAF w Warszawie.

Opisany stół zapewnia właściwe miejsce pracy rysownika - rytownika, a o powodzeniu techniki rytowniczej decyduje odpowiednie wyposażenie w przyborniki. W tym zakresie nadal istnieje "wąskie gardło" produkcji. Instytut Geodezji i Kartografii w swojej pracowni prototypowej wykonuje niewielkie ilości przyborników rytowniczych i rylców, ale nie zaspokaja to potrzeb użytkowników. Poszukiwania nowych producentów, którzy mogliby w szerszym zakresie wykonywać te urządzenia, są obecnie bardzo trudne. Do prac rytowniczych konieczne są następujące przyborniki: koziółki rytownicze lub pierścienie rytownicze z zestawem rylców do linii pojedynczych, linii podwójnych i linii wielokrotnych, zerowniki rytownicze z napędem elektrycznym, przyborniki do rytowania linii długich oraz ostrzarki do regeneracji końcówek rytowniczych. Pantografy rytownicze z zasady nie są przydatne w pracach rytowniczych ze względu na długotrwałą i żmudną pracę oraz ze względu na konieczność operowania specjalnymi, precyzyjnymi szablonami do tych urządzeń. Znacznie szybszym sposobem jest stosowanie wyklejek otrzymanych drogą fotoskładania, zawierających poszczególne znaki symbole i oznaczenia dotyczące określonych map.

Procesy rytownicze zarówno ręcznego, jak i mechanicznego grawerowania są obecnie powszechnie stosowane w wielu krajach Europy i Świata, ale w większości z nich rezygnuje się już zupełnie z ręcznego kreślenia map. Kierunek ten, przy właściwym wyposażeniu sprzętowym, jest w pełni uzasadniony zarówno ze względów technicznych, jak i ekonomicznych. Otrzymywane mapy odznaczają się jednolitą, powtarzalną na poszczególnych arkuszach grafiką. Stosowane procesy technologiczne są znacznie uproszczone, a tym samym szybsze i tańsze.

Mgr inż. Andrzej Toruński
Instytut Geodezji i Kartografii

Nowości w zakresie pomiarów odległości

Wyposażenie przedsiębiorstw w elektromagnetyczne dalmierze geodezyjne jest niedostateczne w stosunku do ilości wykonywanych prac. Dokładnościowe wymagania infrastruktury komunalnej i przemysłowej oraz dokładnościowe wymagania pomiaru osnów geodezyjnych stwarzają konieczność stosowania dalmierzy elektromagnetycznych do pomiarów liniowych. Kierownictwa jednostek produkcyjnych stają wciąż wobec konieczności zakupu nowych dalmierzy oraz, związanym z tym dylematem, wyboru typu instrumentu spełniającego warunki techniczne i ekonomiczne. Nie ma instrumentu uniwersalnego spełniającego wymagania różnego asortymentu prac geodezyjnych. Dlatego dobrze jest mieć rozeznanie w charakterystykach technicznych oferowanych aktualnie do sprzedaży dalmierzy elektromagnetycznych oraz znać ich orientacyjne ceny.

Dalmierza polskiego w najbliższym czasie nie będzie w sprzedaży, chociaż jego parametry techniczne są z grubsza znane, a prototyp ma ukazać się w bieżącym roku. Dotychczasowe podstawowe trudności z konstrukcją polskiego dalmierza polegają na braku polskiej diody luminescencyjnej, będącej źródłem promieniowania fali nośnej w zakresie bliskiej podczerwieni. Dioda ta jest dostępna tylko za waluty wymienialne w wysokości około 100 dolarów, stanowi więc nieduży ułamek wartości całego dalmierza. Wydaje się, że produkcja dalmierzy w Polsce mogłaby być możliwa przy zorganizowaniu przedsiębiorstwa z zagranicznym kapitałem, produkującego na podstawie dokumentacji DLS 2 lub produkcja licencyjna w którymś z istniejących przedsiębiorstw.

W bieżącym roku ukazał się na naszym rynku dalmierz radziecki BLESK dostępny za naszą walutę, jednak ilość ich /prawdopodobnie 6 sztuk/ wskazuje na serię informacyjną. Ponieważ pojawił się dopiero w tym roku nie mamy doświadczeń z tym dalmierzem, zostają jedynie informacje techniczne producenta, który określa jego średni błąd pojedynczego pomiaru $m_g = \pm /10 \text{ mm} + 5 \cdot 10^{-6} D/$, zasięg pomiaru na 1 przyzmat do 1 km, maksymalny zasięg pomiaru na 18 przyzmatów do 5 km. Dalmierz będący nasadką na teodolit waży 3,8 kg bez baterii zasilającej. Dalmierz ten nie ma jeszcze zorganizowanego serwisu w Polsce.

Tradycyjnie przedsiębiorstwa geodezyjne uzyskują wyposażenie w instrumenty w sprawdzonych jakościowo firmach Wild, Kern i AGA. Od kilku lat na rynku polskim pojawiła się konkurencyjna firma japońska - Sokkisha oferująca dalmierze oraz tachimetry elektroniczne. Wszystkie te instrumenty są możliwe do nabycia za waluty wymienne. Różnią się cenami oraz parametrami technicznymi. Posiadają zorganizowany serwis naprawczy w Polsce.

Pominę omówienie instrumentów, które są w eksploatacji przedsiębiorstw od wielu lat, jako że są już wykonawcom znane. W dziedzinie dalmierzy postęp jest tak duży, że instrumentów sprzed lat już nie produkuje się i nie ma ich w sprzedaży.

Grupa dalmierzy charakteryzująca się podobną dokładnością pomiaru o błędzie standardowym $m_g = \pm /5 \text{ mm} + 5 \cdot 10^{-6} D/$ jest najliczniejsza. Można do niej zaliczyć nasadki dalmiercze firmy Kern DM 150 i DM 104, nasadka Wild DI 1000 oraz firmy Sokkisha RED mini2. Największy zasięg spośród tych dalmierzy osiąga dalmierz Kerna DM 104 - 1000 m na jeden przyzmat oraz 2000 m na maksymalną ilość 3 przyzmatów. Najtańszym dalmierzem w tej grupie jest nasadka RED mini 2 o zasięgu maksymalnym 1100 m.

Następna grupa dalmierzy o dokładności pomiaru poniżej 1 cm na kilometr lecz powyżej 0,5 cm na kilometr to dalmierze firmy AGA Geodimetr 210 i 220, dalmierze Sokkisha RED 2L i tachimetr elektroniczny Sokkisha SET 3. Ich błąd standardowy wynosi $m_g = \pm / 5 \text{ mm} + 3 \cdot 10^{-6} D /$. Spośród tych dalmierzy największy zasięg uzyskuje nasadka RED 2L - 3200 m na pojedynczy przyzmat oraz 5000 m na reflektor

potrójny. Najtańszym dalmierzem w tej grupie jest nasadka Geodimetr 210 o zasięgu maksymalnym 3000 m.

Najnowszym dalmierzem firmy Wild jest nasadka DI 3000 o odmiennej o lotyczasowej konstrukcji elektronicznej realizującej zasadę pomiaru odległości. Zasada pomiaru oparta jest na pomiarze czasu przejścia impulsu lasera półprzewodnikowego będącego źródłem światła w zakresie bliskiej podczerwieni. Dzięki zastosowanej metodzie dalmierz uzyskuje zasięg do 14 km w dobrych warunkach widoczności na 11 pryzmatach. W średnich warunkach na 1 pryzmat zasięg dalmierza wynosi 2000 m. Dalmierz ten oraz Sokkisha RED 2L i Kern DM 503 odpowiadają swoimi parametrami technicznymi do stosowania ich w pomiarach osnowy szczegółowej II klasy.

Specjalną odmianą dalmierza DI 3000 jest jego wersja DIOR 3002 umożliwiającą wykonanie pomiaru odległości bez użycia pryzmatów zwrotnych w zakresie odległości do 250 metrów. Zasięg zależy od stopnia rozproszenia światła na powierzchni celowania oraz kąta padania do powierzchni celowania. Punkt celowania, do którego wykonuje się pomiar odległości jest oświetlony amarantową wiązką światła z dodatkowego lasera helowo-neonowego umieszczonego w dalmierzu. Dalmierz jest nasadką na teodolit lub może pracować samodzielnie na spodarce. Dokładność jego wynosi ± 10 mm. Umożliwia on pomiar do punktów niedostępnych dla umieszczenia pryzmatu lub do obiektów będących w ruchu, uniemożliwiających wycelowanie pryzmatu na instrument.

Opis dalmierzy firmy Wild zawarty jest w opracowaniu J. Wasilewskiego /Biuletyn Inform. IGiK 1986 nr 2 s.11-16/.

Światowym szczytem dokładności pomiarów liniowych jest nowy model mekometru firmy Kern ME 5000. Zakres mierzonych odległości jest od 10 m do 5000 m z błędem pojedynczego pomiaru równym $m_g = \pm /0,2 \text{ mm} + 0,2 \cdot 10^{-6} D/$. Czas pojedynczego pomiaru trwa 1,5 minuty. Źródłem światła /fali nośnej/ jest laser helowo-neonowy o długości fali 0,6328 mikrometra, częstotliwość modulacji 500 MHz, długość fali modulacji 30 cm. Firma rozpatruje możliwość podwyższenia dokładności redukując wpływ atmosferycznych warunków zewnętrznych przy pomiarze poprzez wykonywanie pomiaru na dwóch długościach fal

nośnych /0,6328 oraz 0,4416 mikrometrów/.

W dalmierzu dwufalowym /dwubarwnym/ przy mierzeniu tego samego odcinka na dwu różnych nośnych falach optycznych uniezależniamy się od pomiaru warunków meteorologicznych, gdyż różnica wskazań pomiaru faz na dwóch falach nośnych umożliwia wyznaczenie średniego współczynnika refrakcji. Konstrukcja dalmierza dwufalowego oparta na tej metodzie pozwala na pominięcie pomiaru warunków meteorologicznych przy zachowaniu dokładności $5 \cdot 10^{-7}$. Przy pomiarach dokładniejszych należy uwzględnić wpływ wilgotności powietrza. Dalmierze dwufalowe i trzyfalowe nakreślają teoretyczny kierunek podwyższenia dokładności pomiarów liniowych. Konstrukcje modelowe takich dalmierzy istnieją jedynie w doświadczalnych laboratoriach fizycznych.

Omówione dalmierze będące nowościami w zakresie pomiarów odległości zestawiono w poniższej tabeli. Przedstawiono w niej podstawowe parametry techniczne oraz orientacyjne ceny.

Zestawienie dalmierzy

Lp.	Typ dalmierza	Błąd standardowy	Zasięg 1/ m	Cena podst. 2/ zestawu dalm. zł	Waga zestawu kg	Uwagi
1	HLESK	10mm + 5 mm/km	1000-5000		8,7	1/- podano zasięg na 1 przyzmat oraz na maksymalną ilość przyzmatów
2	Geodimetr 210	5 mm + 3 mm/km	1000-3200	5 700	3,0	
3	DM 150	5 mm + 5 mm/km	1000-1600	8 700	5,0	2/- zestaw podstawowy: nasadka, bateria, prostownik, 1 przyzmat;
4	DM 104	5 mm + 5 mm/km	1000-2000	6 500	4,0	ceny z 1986 roku
5	DI 1000	5 mm + 5 mm/km	400-1000	5 300	3,7	3/- cena dotyczy 1984r.
6	DI 3000	5 mm + 1 mm/km	2000-14000	12 300	3,7	4/- w składzie zestawu uwzględniono 3 przyzmaty
7	DI 5	3 mm + 2 mm/km	1000-4000	12 300 ^{3/}	4,8	5/- nasadkę można montować tylko na teodolity Kern'a
8	RED mini 2	5 mm + 5 mm/km	800-1100	4 300	3,8 ^{4/}	
9	RED 2L	5 mm + 3 mm/km	3000-5000	7 000	2,9	
10	SET 3/tachym ₄ /	5 mm + 3 mm/km	1000-2200	8 000	13,4	
11	DIOR 3002	10 mm	250	11 200	3,0	
12	ME 5000	0,2mm+0,2 mm/km	5000		11,0	
13	DM 503 ^{5/}	3 mm + 2 mm/km	3000-5500		5,4	

Doc.dr hab.Marcin Barlik
Politechnika Warszawska
Instytut Geodezji Wyższej
i Astronomii Geodezyjnej

Nowoczesne techniki pomiarów wysokościowych

W obecnej dobie do precyzyjnych technik pomiarów wysokościowych zaliczyć można jedynie niwelację geometryczną precyzyjną i trygonometryczną o dokładności podniesionej przez bezpośredni pomiar odległości /ukośnej/. Rozpatrzmy więc najpierw stosowane obecnie sposoby mierzące do uzyskania najwyższej dokładności w pomiarze niwelacji precyzyjnej, a następnie omówimy zasadę nowoczesnej niwelacji trygonometrycznej.

Uzyskanie wysokiej dokładności niwelacji precyzyjnej staje się możliwe tylko wtedy, gdy zastosuje się sprzęt najwyższej jakości. W Polsce, podobnie jak w innych krajach o dobrze rozwiniętej technice pomiarów geodezyjnych, stosuje się niwelatory precyzyjne: samopoziomujące - Zeiss Ni 002 /Jena/, Opton Ni 1 /Oberkochen/, MOM Ni A-31 /Węgry/ i libelowy Wild N3 ze zmienną ogniskową obiektywu. Są to znane marki światowe niwelatorów precyzyjnych. Jednak każdy egzemplarz musi być poddany odpowiednim badaniom w celu zakwalifikowania go do pomiarów w sieci niwelacji precyzyjnej.

W Instytucie Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej opracowano specjalistyczny test dla niwelatorów precyzyjnych samopoziomujących [1]. Test obejmuje główne punkty działania instrumentów. Składa się z części szczegółowej i testu standardowego. Test szczegółowy wykonywany jest w zasadzie dla nowego, wprowadzanego do produkcji niwelatora. Poddawane są jemu

również instrumenty po reperacji lub eksploatowane dłużej niż 5 lat. Test standardowy wykonywany jest przed każdym sezonem pomiarowym dla zakwalifikowania egzemplarza do odpowiedniej klasy pomiarów.

Omawiając pokrótce program testu należy sobie zdać sprawę co do czynników wpływających na dokładność wykonywanej niwelacji na odcinku między reperami. Na błąd niwelacji odcinka wpływa przewaga libeli i jej błąd ustawienia. Dla niwelatorów samopoziomujących, które zaopatrzone są w libele okrągłe, istotną sprawą jest odpowiednie zrektyfikowanie, a potem ustawianie pęcherzyka libeli w stosunku do wytrawionego koła na pokrywie szklanej. Stosowane wartości przewagi kilku minutowe zmuszają do uważnego poziomowania i kontroli libeli na stanowisku podczas pomiaru.

Mikrometr nowoczesnego niwelatora /np. Ni 002/ jest w zasadzie pozbawiony tzw. martwego ruchu. Tym niemniej test standardowy powinien sprawdzić jego eliminację. Podobnie rzecz ma się z wartością jednej działki mikrometru wyrażoną w milimetrach. Testowanie tego warunku dla mikrometru odbywa się w laboratorium za pomocą specjalnej, precyzyjnej podziałki liniowej. Instrument i podziałka zamocowane są na stabilnych, odizolowanych od podłoża skupach. Test mikrometru nie odbiega od analogicznego sprawdzania niwelatorów libelowych.

Działanie układu optycznego precyzyjnych niwelatorów samopoziomujących sprawdza się poddając badaniom:

- głębie ostrości lunety,
- powiększenie i jasność lunety,
- równanie dalmierza,
- symetrię klina siatki kresek,
- stałość osi celowej przy zmianie ogniskowania,
- geometrię toru układu ogniskującego.

Cztery pierwsze punkty testu nie wymagają chyba specjalnego omówienia, gdyż wykonuje się je jak dla niwelatorów libelowych.

Badanie stałości osi celowej przy zmianie ogniskowania jest przeprowadzane w naszym laboratorium na specjalnie założonej bazie o długości 70 m. W odstępach 10 m,

w betonowej posadzce umieszczone 8 stalowych trzpieni. Przewyższenia między nimi są kilkakrotnie niwelowane wszystkimi badanymi instrumentami w danej serii testu. W trakcie testu ustawia się niwelator przy jednym końcu bazy, w odległości 5 m od pierwszego trzpienia. Łatę niwelacyjną przestawia się na bolcach od 1 do 8. Układ ogniskujący przesuwany jest najpierw ruchem prawoskrętnym, a gdy łąta przechodzi od trzpienia 8 do 1, ruchem lewoskrętnym /lub na odwrót, zależnie od konstrukcji instrumentu/. W powszechnie stosowanych teras w Polsce niwelatorach Zeiss Ni 002 odczyty wykonywane są w dwu położeniach kompensatora. Następnie oblicza się różnice odczytów na łącie dla każdego trzpienia przy różnokierunkowym ogniskowaniu. Rozbieżności dla nowych, sprawnych egzemplarzy niwelatorów nie powinny być większe niż 0,05 mm.

Na tej samej bazie określa się zmiany położenia osi celowej na skutek przesuwania układu ogniskującego w lumecie. Przyjmując oznaczenia: HN - horyzont instrumentu /równy praktycznie odczytowi H_1 na pierwszej, najbliższej łącie/, H_i - odczyt z łąty na i-tym trzpieniu, otrzymujemy "wartości horyzontu" na kolejnych bolcach:

$$(HN)_i = H_1 + h_{12} + h_{23} + \dots + h_{i-1,i}$$

Srednia "wartość horyzontu" pozwala obliczyć różnice:

$$\delta_i = (HN)_{\text{śr}} - (HN)_i,$$

które charakteryzują błąd quasihoryzontu, wpływ ruchu układu ogniskującego i przypadkowe błędy obserwacji.

Nachylenie quasihoryzontu ma wpływ liniowy:

$$\delta'_i = a_0 + a_1 \cdot s_i$$

Rozbieżności systematyczne

$$\Delta'_i = \delta_i - \delta'_i$$

najlepiej aproksymuje funkcja kwadratowa $a_2 \cdot s_i^2$. A więc różnice

$$\Delta''_i = \delta_i - \delta'_i - a_2 \cdot s_i^2$$

charakteryzują błędy przypadkowe ruchu układu ogniskującego. W badanych w naszym laboratorium różnych typach niwelatorów w zakresie długości celowej do 35 m, zmiany wysokości celowej miały charakter liniowy. Do 70 m przekraczają często 0,2 mm. Są jednak regularne.

Niwelatory automatyczne Zeiss Ni 002, Opton Ni 1, MOM Ni A-31 zaopatrzone są w kompensatory nachylenia typu grawitacyjnego. Niezbędne sprawdzenie działania układu mechanicznego przed podjęciem pracy w terenie polegają na badaniu:

- całkowitego błędu przypadkowego odczytu na łacie,
- zakresu działania kompensatora,
- czasu tłumienia drgań,
- błędu kompensacji w zakresie działania kompensatora,
- zmian położenia osi celowej niwelatora pod wpływem zmian temperatury,
- stabilności osi celowej zależnie od drgań podłoża,
- zmian osi celowej pod wpływem zmian natężenia pola magnetycznego.

Kompensator w dobrym egzemplarzu niwelatora samopozycjonującego powinien mieć mały błąd ustawienia, nie większy niż 0,1". Rozkład wartości błędu kompensatora jest z zasady asymetryczny w wypadku wychyleń podłużnych i poprzecznych. Każdy z niwelatorów posiada własny próg sprawnego działania kompensatora w granicach ok. 10'.

Badając zmiany termiczne położenia quasihoryzontu stwierdzono tendencje długookresowe i krótkookresowe. Zmiany długookresowe

$$k_{t, \text{sr}} = \frac{\Delta \delta''}{1K} = \frac{[\Delta \delta \cdot \Delta t]}{[\Delta t]}$$

bada się nadając zmiany temperatury rzędu 2 - 3°K na 1^h. W niwelatorach Opton Ni 1 sięga 0,30" / 1K, dla niwelatorów Zeiss Ni 002 do 0,70" / 1K. Zmiany krótkookresowe charakteryzują reakcję instrumentu na szybkie zmiany temperatury:

$$k_{t, T} = \frac{\Delta \delta''}{1K \cdot 1 \text{ min}} = \frac{[\Delta \delta \cdot \Delta t \cdot \Delta T]}{[\Delta t^2][\Delta T^2]}$$

Większą wartość wykazują tu niwelatory Opton Ni 1 niż Zeiss Ni 002.

Badania wpływu drgań podłoża przeprowadza się w IGW i AG przez obserwacje przewyższeń podczas nadawania instrumentowi mikrosejsem o amplitudzie 0,1 mm i o okresie 50-70 cykli /przejazd wozu konnego/. Obniżenie dokładności jest rzędu 47% dla niwelatorów Opton Ni 1 i ok. 20% dla Zeiss Ni 002.

Miarą jakości kompensatora nachylenia jest stałość kąta nachylenia quasihoryzontu δ . Zauważa się zmiany tej wartości spowodowane transportem, zmianami temperatury i zależnie od pozycji przechowywania instrumentu. Dlatego sformułowano postulat codziennej kontroli w polu i rektyfikacji kąta δ . Z zasady niwelatory Opton Ni 1 mają o wiele większą, niż inne typy, podatność na zmiany wartości quasihoryzontu. Należy z tego względu ograniczyć długości celowych do 40 m dla wszystkich typów niwelatorów automatycznych a instrument chronić przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

Dokładność niwelacji wykonywanej niwelatorami samo-poziomującymi podnosi się również wydatnie przez eliminację podwieszania się kompensatora. Niektóre typy niwelatorów /np. Wild NK 2/ mają specjalne wzbudzacze kompensatorów, uruchamiane przyciskiem przed dokonaniem odczytu z łąty. Natomiast sprawdzanie działania kompensatora powinno być wykonywane w terenie, przez obserwatora i to przynajmniej co dwa tygodnie. Zawieszenie się kompensatora nie ujawnia się podczas obserwacji na stanowisku.

Nowoczesna technologia pomiaru precyzyjnej niwelacji geometrycznej obejmuje swym zasięgiem również odpowiedni program obserwacji na stanowisku niwelatora. W naszym instytucie wykonano badania terenowe dotyczące właściwej metody obserwacji. Przeprowadzono je na specjalnie dobranym poligonie doświadczalnym w rejonie Nowy Sącz-Grybów-Gorlice [3]. Różnice przewyższeń sięgały tam 140 m. Cały ciąg o długości 21 km, ma 20 reperów ziemnych, 5 ściennych i 5 sieci państwowej niwelacji.

Testowano 13 różnych programów obserwacji [8]. Dla instrumentów samopozycjonujących marki Zeiss Ni 002 /wprowadzono je do wykonywania pomiarów na sieci krajowej w Polsce, NRD, RFN i w innych /znaleziono optymalny program. Kierowano się przy tym tzw. kryterium efektywności, ujętym wzorem

$$E = \frac{V}{m / n + 1/}$$

gdzie: V - prędkość pomiaru km/h,

m - średni błąd pomiaru ciągu o długości 1 km, obliczony z odchyłek "tam" i "powrót",

n - liczba osób w zespole.

Najlepsze wyniki uzyskano dla kolejności obserwacji: t_z^I , t_k^{II} , p_k^{II} , p_z^I , a więc niesymetrycznej. Cyfry rzymskie oznaczają położenie kompensatora w niwelatorze. Osiągnięto przy tym błąd systematyczny niwelacji $\delta = \pm 0,02$ mm i błąd całkowity $m = \pm 0,25$ mm na 1 km długości ciągu. W ykonywane przez nas pomiary niwelacyjne o wysokiej precyzji na poligonie doświadczalnym geodynamicznym w Pieninach w latach 1978, 1979, 1980, 1984, 1985 i 1987, gdzie pracowały równolegle, na tych samych odcinkach dwa zespoły pomiarowe z niwelatorami Zeiss Ni 002 skłaniają do tych samych wniosków [13]. Błąd średni pomiaru nie przekraczał $\pm 0,3$ mm/1 km. Pomiary w Pieninach służą do badania ruchów pionowych skorupy ziemskiej.

Niwelację precyzyjną o wysokiej dokładności wykonywano również eksperymentalnie nocą uzyskując rezultaty nie gorsze niż w czasie pracy we dnie. Ze względu jednak na ciemności należy wziąć pod uwagę, że prace wykonywane są wolniej i że zespół ludzi powinien być większy.

Uzyskanie wysokiej dokładności niwelacji geometrycznej nie jest możliwe bez eliminacji wpływu czynników systematycznych, związanych z zachowaniem stałości "metra łąty". W tym celu należy mierzyć temperaturę taśmy inwarowej w łacie precyzyjnej, siłę jej naciągu, a także kontrolować długość "metra łąty" za pomocą przenośnego komparatbra pionowego.

Do rejestracji temperatury taśmy inwarowej służą termometry termistorowe. Posiadają one czujniki zaopatrzone w magnes i umieszczone są wprost na taśmie łąty. Inwar, z którego wykonana jest taśma, posiada mały współczynnik rozszerzalności termicznej /ok. $2 \cdot 10^{-6}$ stop⁻¹/ lecz różnice między temperaturą komparacji i temperaturą w czasie pomiaru mogą być znaczne na skutek działania promieni słonecznych. Na podstawie zaobserwowanej temperatury łąty wprowadza się do pomierzonego przewyższenia odpowiednią poprawkę termiczną [6]. Jej wartość nierzadko osiąga 0,2 mm na odcinku niwelacyjnym.

W konstrukcji łąty ważną rolę odgrywa urządzenie napinające taśmę. Powinno ono kompensować zmiany długości obudowy /ramy nośnej/ i zapewniać w dopuszczalnych granicach stałą wartość siły naciągu taśmy z inwaru. Pod wpływem zmian wilgotności drewniana rama łąty o długości 3 m może ulec zmianom długości ΔL , dochodzącym do 4,5 mm. Takim zmianom długości ulega też sprężyna napinająca. Zmiana naciągu

$$\Delta P = c \cdot \Delta L$$

proporcjonalna jest do współczynnika sprężystego wydłużenia sprężyny. Wydłużenie taśmy w położeniu pionowym

$$l = l \frac{P}{E \cdot F}$$

jest odwrotnie proporcjonalne do przekroju poprzecznego taśmy F i zależy od modułu Younga E materiału. W obecnie produkowanych łątach pole $F = 15 \text{ mm}^2$, a wydłużenie odcinka metrowego $\Delta l = 4,4 \text{ } \mu\text{m}/\text{kg}$. W IGWiAG zbudowano aparat do pomiaru i regulacji siły naciągu taśmy w łącie niwelacyjnej [12]. W łątach firmy Zeiss stosunek $\Delta l / \Delta P$ wynosi średnio $4 \text{ } \mu\text{m}/\text{kg}$, a więc prawie tyle, ile wynika z powyższego obliczenia. Współczynnik c wynosi $1,2 \text{ kg}/\text{mm}$, a dla łąt Wilda $c = 0,3 \text{ kg}/\text{mm}$. A więc w przypadku zmian wilgotności obudowy i wydłużeniu $\Delta L = 4,5 \text{ mm}$, zmiana siły naciągu wyniesie $\Delta P = 5,4 \text{ kg}$ /Zeiss/ i $\Delta P = 1,4 \text{ kg}$ /Wild/. Odpowiadają temu zmiany długości odcinka metrowego odpowiednio równe $24 \text{ } \mu\text{m}$ i $6 \text{ } \mu\text{m}$.

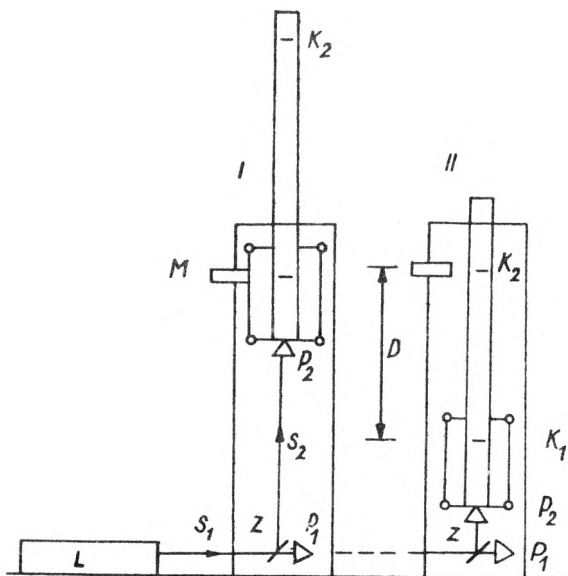
Konieczne jest więc utrzymywanie łąt w odpowiedniej wilgotności, należy chronić je przed deszczem i przecho- wywać w pomieszczeniach podczas przerw w pracy. Siłą na- ciągu należy okresowo badać dla każdego egzemplarza łąty.

Instrukcje pomiarowe wymagają, by komparacja wykony- wana była w położeniu pionowym łąty z błędem rzędu $5-7 \mu\text{m} / 1 \text{ m}$ [4]. Eksperymenty prowadzone w Politechnice Warszawskiej wskazują na wydatny wpływ transportu i okresu składowania łąt na zmiany długości "metra łąty" w stosunku do wartości wyjściowej, określonej podczas komparacji w laboratorium. Dla łąt Wilda mieściły się one w granicach od $-10 \mu\text{m}$ do $+5 \mu\text{m}/\text{m}$; dla łąt Zeissa od -17 do $+19 \mu\text{m}/\text{m}$; dla łąt Opton od -3 do $+23 \mu\text{m}/\text{m}$. Metalowe łąty firmy Kern zmieniały swoją długość w grani- cach od -13 do $+40 \mu\text{m}/\text{m}$, nie nadawały się więc do prac w 1 klasie niwelacji precyzyjnej. Po dwu miesiącach leżakowania długość "metra łąty" zazwyczaj powraca do stanu wyjściowego. Transport łąt na odległość ok. 400 km /samochodem m-ki "Nysa"/ wpływał na zmianę skali łąt o $30 \mu\text{m}/\text{m}$. Poprawka komparacyjna uzyskana z laboratoryjnej komparacji przed i po sezonie nie odpowiada rzeczywistej długości "metra" podczas pomiarów.

W IGWiAG PW zbudowano pod kierunkiem Z. Ząbka [10] komparator laboratoryjny do badania łąt w położeniu po- ziomym i pionowym. Z paru setek komparacji wynika, że różnice długości odcinka 1 m w położeniu poziomym / D_H / i pionowym / D_V / wynosiły:

- dla łąt Zeiss średnio $+6,6 \mu\text{m}/\text{m}$ /od -3 do $+21$ /,
- dla łąt Wild średnio $+3,7 \mu\text{m}/\text{m}$ /od $-2,6$ do $+7,3$ /,
- dla łąt Opton średnio $+5 \mu\text{m}/\text{m}$ /od $-3,6$ do $+11,4$ /.

W 1978 r. zbudowano w naszym Instytucie interferome- tryczny komparator łąt precyzyjnych [11]. Jest to pionowy komparator przenośny - polowy. Konstrukcję przy- rzędu pokazano na rysunku 1. Układ interferencyjny tworzą: źródło promieniowania stabilizowanego lasera / L /, półprzezroczyste zwierciadło / Z / i reflektory / P_1 i P_2 /. Łąta niwelacyjna przesuwana się po torze pionowym, połączona z pryzmatem P_2 . W górnej części toru



Rys.1.

zamocowany jest poziome mikroskop / M /. Początek pomiaru interferometrem następuje w pozycji I, gdy kreska podziału K_1 jest na osi mikroskopu. Koniec ruchu łąty /koniec pomiaru interferometrem/ następuje w położeniu II, gdy kreska K_2 zostanie wprowadzona w oś mikroskopu. W zbudowanym urządzeniu długość toru wynosi 3 m, długość drogi wózka z łątą po torze ok.220 cm. Istnieje możliwość zmiany położenia mikroskopu / M /, a tym samym dowolne części łąty mogą podlegać badaniu. Zastosowano interferometr laserowy firmy SORO typ Metrilas M 100 E. Źródło światła to stabilizowany laser helowo-neonowy o mocy 1 mW. Częstotliwość lasera jest stabilizowana z dokładnością 10^{-7} a nominalna dokładność pomiaru długości / D / wynosi / $\pm 0,3 \mu\text{m} \pm 10^{-7}D$ /. Zliczane są przy ruchu łąty tylko

pełne prąki interferencyjne. Interferometr jest wyposażony w urządzenie do automatycznej kompensacji zmian temperatury i ciśnienia powietrza w długości fali lasera. Błąd automatycznej kompensacji wynosi ok. $\pm 1 \mu\text{m/m}$. Metoda komparacji wymaga naniesienia znaczków kontrolnych w odległości ok. 2 m ze względu na niską jakość malowanego podziału na taśmach łań. W położeniu poziomym nominalna długość odcinka łań wynosi L_H a odległość znaczków D_H . W położeniu pionowym odpowiednio jest L_V i D_V . "Średni metr łań" z odcinków metrowych

$$l = \frac{1}{\sum_{i=1}^n} \sum_{i=1}^n L_{V_i}$$

Ponieważ $L_{V_i} - L_{H_i} = D_V - D_H$ dla wszystkich odcinków metrowych, a więc

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{V_i} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{H_i} = D_V - D_H$$

Stąd "średni metr łań" wyniesie

$$l = \frac{1}{2} D_V + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{H_i} - D_H \right)$$

Za pomocą interferometru wyznacza się D_V . Wartość wyrażenia w nawiasie znana jest z komparacji laboratoryjnej na poziomym komparatorze mikroskopowym. Wartość $L_H - D_H$ nie ulega zmianie w przeciągu sezonu pomiarowego, a więc w terenie wystarczy wyznaczyć tylko D_V między znaczkami kontrolnymi. Średni błąd wyznaczenia długości "średniego metra" wynosi dla tego komparatora $\pm 4 \mu\text{m/m}$. Łań Zeissa używane do pomiarów na poligonie geodynamicznym w Pieninach [13] wykazywały zmiany "średniego metra" po transporcie z Warszawy do $+15 \mu\text{m/m}$. Dla 8 łań Zeissa używanych w pomiarach krajowej sieci 1 klasy dosięgały $+22 \mu\text{m/m}$. Przyczyn zwiększenia się długości "metra łań" należy doszukiwać się w zmianie wilgotności i we wstrząsach podczas transportu. Komplet łań Wilda wykazywał przy tym zmiany roczne ok. $0,1 - 1,4 \mu\text{m/m}$. Wartości zmian są wyraźnie mniejsze w czerwcu i sierpniu od wartości

uzyskanych w listopadzie - pod koniec sezonu pomiarowego.

Urządzenie laserowe zostało również wykorzystane do wyznaczania współczynnika rozszerzalności termicznej precyzyjnych łąk niwelacyjnych. W latach siedemdziesiątych używano do tego celu mikroskopowego komparatora długości. Temperaturę pod kloszem podnoszono za pomocą grzejnika elektrycznego a obniżano przez napełnienie zbiornika pod kloszem "suchym lodem". Występowały przy tym szybkie zmiany temperatury, trwające tylko kilka godzin, do ustalenia się temperatury taśmy. W wypadku stosowania urządzenia interferencyjnego zmiany temperatury następują w całym laboratorium, trwają kilkanaście godzin, nie wywołują powstawania gradientów termicznych i refrakcji w pobliżu mikroskopów oraz eliminują wpływ histerezy inwaru. Jak się okazało, wartość współczynnika termicznej rozszerzalności, otrzymana z metody klasycznej jest dwukrotnie większa od uzyskanej za pomocą interferometru laserowego. Dla łąk firmy Zeiss

$$\alpha_I = 2,0 \mu\text{m}/1\text{K}\cdot\text{1m} \text{ oraz } \alpha_{II} = 1,1 \mu\text{m}/1\text{K}\cdot\text{1m}.$$

Podsumowując pierwszą część opracowania należy stwierdzić, że współczesna niwelacja precyzyjna, z zachowaniem wszystkich podanych powyżej kryteriów może być wykonana z błędem wahającym się w granicach $\pm 0,25$ do $0,35 \text{ mm}/1\text{km}$. Nie wspomniano przy tym o wydatnie przyspieszającym pomiar niwelacyjny, zastosowaniu transportu samochodowego. Niwelację zmotoryzowaną wykonano m.in. w NRD. W Polsce przewożenie samochodem niwelatora i łąk niwelacyjnych nie stosowano na szerszą skalę.

Szybkość prac niwelacyjnych podnoszą znacznie różne urządzenia do automatycznej rejestracji wyników obserwacji. W oparciu o układy elektroniczne stosowane w kalkulatorach zbudowano rejestratory w ZSRR i na Węgrzech /licencja Sharp/. W Jenie skonstruowano ostatnio niwelator RENI 002. Jest to zmodyfikowana wersja doskonałego niwelatora Ni 002. Posiada on oświetlenie wewnętrzne, ma rejestrator elektroniczny o pojemności wystarczającej na cały dzień pracy. Sygnalizuje błędy "niezamknięcia" stanowiska i odcinka niwelacyjnego. Ma nieco odmienne rozmieszczenie pokręteł śrub mikrometrycznych,

a przy tym jest portatyniejszy od Ni 002.

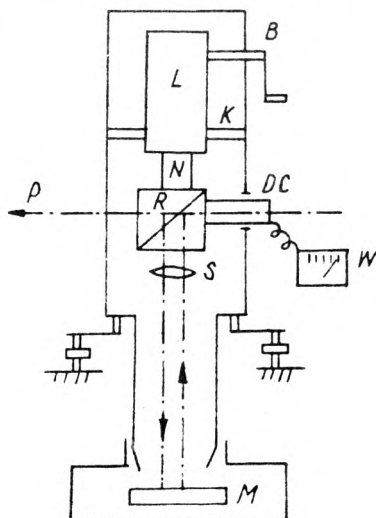
Omawiając nowoczesną technikę pomiarów wysokościowych metodą niwelacji geometrycznej, nie sposób pominąć rodziny niwelatorów laserowych. Linia celownicza realizowana jest w nich przez wiązkę laserową. Niwelatory laserowe podzielić można [9] na trzy grupy:

- niwelatory laserowe z libelą niwelacyjną,
- niwelatory laserowe samopoziomujące,
- niwelatory laserowe z płaszczyzną laserową.

Niwelatory laserowe mają o wiele większy zasięg wiązki, czyli możliwość wydłużenia celowej, bo do ok. 500-600 m. Każda z grup, zależnie od umieszczenia lasera i libeli dzieli się jeszcze na kilka typów.

Niwelatory laserowe Ni 007 /samopoziomujące/ pozwalają na uzyskanie błędu przewyższenia $\pm 3,1$ mm przy długościach celowych do 700 m.

Schemat fotoelektrycznego niwelatora laserowego, samopoziomującego, konstrukcji kanadyjskiej pokazano na rysunku 2. Laser / L / ustawiony jest w tym



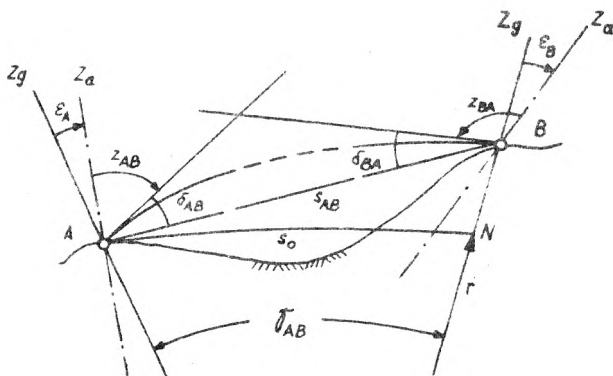
Rys. 2

instrumencie pionowo. Wychodząca z niego wiązka laserowa transformowana jest przez lunetę nadawczą / N /, a następnie przechodzi przez pryzmat rozdzielający / R / i soczewkę ogniskującą / S /. Odbija się od lusterka / M /, pływającego po powierzchni rtęci w komorze i trafia na fotoelektryczny detektor centrujący / DC /, składający się z 4 fotoelementów. Jeżeli oś odbitej wiązki trafia dokładnie na środek detektora, to promień lasera / P / wychodzi z niwelatora ściśle w poziomie a wskaźnik / W / wykazuje prąd zerowy. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to położenie lasera należy wyregulować za pomocą przekładni ślimakowej / B / i zawieszenia kardanowego / K /, na którym znajduje się głowica laserowa. Zastosowany fotodetektor zapewnia ustalenie wiązki z dokładnością do 2 μm [2]. Wiązka laserowa może być ustawiona w poziomie z dokładnością $\pm 0,13''$, a więc przy długości celowej 50 m, błąd niwelacji wyniesie $\pm 0,02$ mm. Ten precyzyjny niwelator laserowy znalazł w Kanadzie zastosowanie przy pracach inżynierskich w badaniu odkształceń budowli.

Niwelatory z płaszczyzną laserową wytwarzają obracającą się wiązkę laserową. Kąt skanowania wiązki wynosi 360° a szybkość 16 obrotów na min. Błyski promieni laserowych tworzą płaszczyznę świetlną. Przy rzutowaniu takiej płaszczyzny na łatę widać na niej ciągłą linię świetlną. Sprawdzenie płaszczyzny do poziomu dokonywane jest za pomocą libeli niwelacyjnej lub automatycznie przy użyciu kompensatora. Przedstawicielem tego typu niwelatorów jest AGA-Geoplan 300. Zasięg pomiaru do 300 m, a dokładność wyznaczenia przewyższenia ok. ± 5 mm, dla 60 m nie przekracza ± 2 mm.

W różnych krajach trwają prace badawcze nad konstrukcją specjalnych łat, współpracujących z niwelatorami laserowymi. Łaty wyposażane są w fotodiody w celu automatyzacji odczytów. Jak narazie, błąd pojedynczego odczytu na takich łatach /ZSRR/ sięga $\pm 0,5$ mm.

Przejdźmy teraz do przedstawienia zasady precyzyjnego pomiaru różnicy wysokości metodą niwelacji trygonometrycznej. Na rysunku 3 pokazano sytuację podczas takiego pomiaru między reperami A i B. Ze względu na to, że



Rys. 3.

odległość s_{AB} jest dłuższa niż suma celowych na stanowisku niwelacji geometrycznej, należy uwzględnić tym razem wpływ istnienia pola siły ciężkości Ziemi. Elipsoidalna /geodezyjna/ różnica wysokości określona z trójkąta AEN wynosi

$$\Delta H_{AB}^e = s_{AB} \cos \left(z_{AB} + \delta_{AB} - \frac{1}{2} \gamma_{AB} \right) \sec \frac{1}{2} \gamma_{AB},$$

gdzie z_{AB} oznacza kąt zenitalny na stanowisku A, odniesiony do normalnej do elipsoidy odniesienia:

$$z_{AB} = z_{AB} + \epsilon_A,$$

przy czym

$$\epsilon_A = \xi_A \cos A_{AB} + \eta_A \sin A_{AB}.$$

W grę wchodzi, jak widać, składowe względne odchylenia pionu ξ_A , η_A oraz azymut boku A_{AB} . Wpływ refrakcji pionowej oznaczono przez δ_{AB} a γ_{AB} oznacza kąt środkowy z pominięciem wichrowatości normalnych do elipsoidy. Jeśli ograniczy się odległość między A i B do 2000 m, a kąt refrakcji pionowej wyrazi się za pomocą współczynnika refrakcji k_{AB} na stanowisku A, to przewyższenie może być otrzymane ze wzoru znacznie

uproszczonego:

$$\Delta H_{AB}^e = s_{AB} \cos z_{AB} - (s_{AB} \sin z_{AB}) \varepsilon_A + \frac{(s_{AB} \sin z_{AB})^2}{2r} (1 - k_{AB}),$$

gdzie r oznacza średni promień krzywizny przekroju normalnego elipsoidy w azymucie ΔA_{AB} .

Obserwacja na punkcie B daje również różnicę wysokości elipsoidalnych ΔH_{BA}^e , jeśli znana jest wartość ε_B . Dla geodezyjnej różnicy wysokości, otrzymanej na podstawie wzajemnych, jednocześnie wykonanych obserwacji kątów zenitalnych mamy wzór:

$$\overline{\Delta H_{AB}^e} = \overline{\Delta H_{AB}} - \frac{1}{2} s_{AB} \sin z_{AB} (\varepsilon_A + \varepsilon_B),$$

a średnia wartość $\overline{\Delta H_{AB}}$ określona jest równaniem

$$\Delta H_{AB} = \frac{1}{2} s_{AB} (\cos z_{AB} - \cos z_{BA}) - \frac{(s_{AB} \sin z_{AB})^2}{4r} (k_{AB} - k_{BA}).$$

Przy odpowiednim doborze punktów i w terenach górzystych można założyć identyczność $k_{AB} = k_{BA}$.

Jeżeli odchylenia pionu ε_A i ε_B będą sobie równe lub wartości odchyżeń zmieniają się liniowo między stanowiskami teodolitu i dalmierza, to wyniki niwelacji trygonometrycznej /przy wzajemnych obserwacjach kątów zenitalnych/ i niwelacji geometrycznej będą równe.

Badania wykonywane przez pracowników Instytutu Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej w Tatrach [5] wykazały, że dla długości boków do 500 m, obydwie metody niwelacji dostarczają jednakowych "surowych" różnic wysokości w systemie naturalnych współrzędnych, związanych z linią pionu na stanowisku. Po wprowadzeniu odpowiedniej poprawki wyniki z obydwu metod mogą być sprowadzone do tego samego systemu wysokości /np. wysokości normalnych obowiązujących w Polsce/.

Na rysunku 4 przedstawiono sytuację w czasie pomiaru różnicy wysokości między reperami niwelacyjnymi, gdy pomiar trygonometryczny spełnia rolę pośrednika, zastępując niwelację geometryczną.

Przewyższenia "surowe" są w tym wypadku równe:

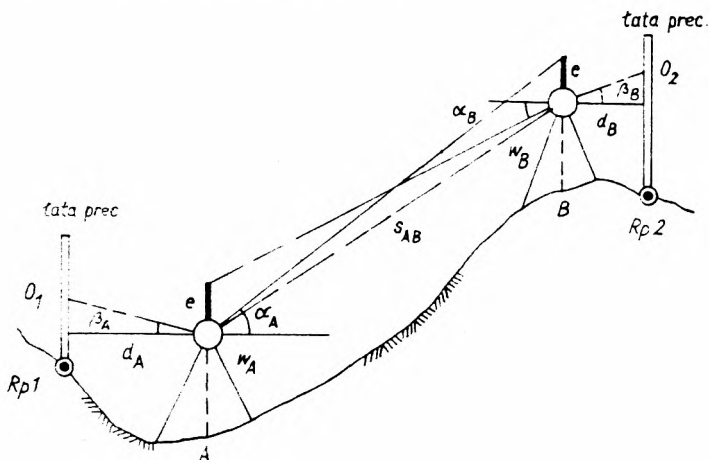
$$\Delta H_{12} = s \sin \alpha_A + \frac{s^2 \cos \alpha_A}{2r} (\cos \alpha_A - k_A) + i_A - w_A,$$

$$\Delta H_{21} = s \sin \alpha_B + \frac{s^2 \cos \alpha_B}{2r} (\cos \alpha_B - k_B) + i_B - w_B,$$

przy czym, jak wynika z zależności geometrycznych na rysunku:

$$i_A = O_1 - d_A \operatorname{tg} \beta_A, \quad i_B = O_2 - d_B \operatorname{tg} \beta_B.$$

Reszta oznaczeń i sposób obserwacji kątów i odległości nie wymagają dalszych wyjaśnień.



Rys. 4.

W terenach górzystych, o pofałdowanej rzeźbie, rozbieżności między wynikami niwelacji precyzyjnej geometrycznej i niwelacji trygonometrycznej z pomiarem odległości ukośnej są bardzo małe. Dla długości boków do 500 m nie przekraczają 4 mm i są niezależne od różnicy wysokości. Użycie dalmierzy Sokkisha i DI-5 oraz teodolitów Theo 010 A i

Wild T2 /z automatycznym ustawianiem indeksu koła pionowego/ znacznie wyrażnie rozbieżności. Badania wykonane w górach i na pogórzu /Grybów/ skłaniają do wniosku, że niwelacja taka może uzyskać dokładność porównywalną z dokładnością niwelacji precyzyjnej. Należy jednak dodać, że metoda niwelacji trygonometrycznej o wysokiej dokładności wymaga nie tylko precyzyjnego pomiaru odległości ukośnej, kątów zenitalnych lecz również znajomości wpływu refrakcji pionowej i pola siły ciężkości. Obecnie duży nacisk wywierany jest na badania możliwości wykorzystania niwelacji trygonometrycznej w terenach o niedużych deniwelacjach zamiast niwelacji geometrycznej precyzyjnej.

Literatura

- [1] Barlik M., Margański S.: Badania kwalifikacyjne samopoziomujących niwelatorów precyzyjnych Opton N1 1 i Zeiss N1 002. Prz.Geod. Nr 12, 1975.
- [2] Chrzanowski A., Janssen H.: Use of Laser in Precision Leveling. Canad.Surveyor, Nr 4, 1972.
- [3] Cieślak J., Barlik M., Margański S.: Prace badawcze nad wprowadzeniem precyzyjnych niwelatorów samopoziomujących do niwelacji najwyższej dokładności. Prace IGiK, t.XXIII, z.1/52/, Warszawa, 1976, 45-72.
- [4] Kalinowska B.: Metoda łącznego wyznaczania średniego metra i błędów podziału precyzyjnych łat niwelacyjnych. Geod.i Kartogr.,R.XXVII, Nr 2, 1978, 109-119.
- [5] Makowska A., Cichy L.: Zastosowanie niwelacji trygonometrycznej do pomiaru dużych różnic wysokości. Nie publikowane, arch.IGWiAG PW., 1987.
- [6] Margański S.: Wpływ temperatury na wyniki niwelacji precyzyjnej. Geod.i Kartogr.,R.XXVI, Nr 1, 1977, 39-50.
- [7] Margański S.: Metody zapewnienia wysokiej dokładności niwelacji precyzyjnej. Geod.i Kartogr.,R.XXVIII, Nr 1, 1979, 25-44.
- [8] Margański S.: Optymalny program obserwacji na stanowisku niwelacyjnym. Geod.i Kartogr.,R.XXVIII, Nr 2, 1979, 111-122.

- [9] Pachuta S.: Instrumentoznawstwo geodezyjne - zastosowanie techniki laserowej w geodezji. Cz.I, WAT, 1979, Warszawa.
- [10] Ząbek Z., Kalinowska B.: Poziomo-pionowy komparator i wyznaczanie średniego metra łaty w pozycji pionowej. Prace IGiK, t.XXI, z.1/48/ Warszawa, 1974, 48-58.
- [11] Ząbek Z.: Portable Laser Comparator of Precise Levelling Rods and its Application, IUGG, Canberra, 1979.
- [12] Ząbek Z.: Faults and Properties of Precise Levelling Rods. Prace Naukowe PW, Geodezja, Nr 23, Warszawa, 1980, 99-118.
- [13] Ząbek Z.: Investigations in the Czorsztyn-Geodynamical Test Field. Prace Naukowe PW, Geodezja, z.23, Warszawa, 1980, 15-32.

