INSTRUKCJE A RZ

Z jednej strony mamy w geodezji komputery, najnowsze technologie i instrumenty pomiarowe, z drugiej – instrukcje techniczne tworzone w latach 70. Konfrontacja następuje każdego dnia. Skoro zmiany w przepisach nie nadążają za technologią, trzeba uwspółcześnić sposób ich odczytywania i interpretacji.

TOMASZ WOŁOWICZ

Niektóre zmiany technologiczne okazały się dla geodezji przełomowe. Przede wszystkim uporano się z odwiecznym problemem, jakim był pomiar odległości. Istotnym skokiem jakościowym stało się też wykorzystanie, najpierw maszyn liczących, a później komputerów, już nie tylko do wykonywania obliczeń, ale do rozwiązywania skomplikowanych zadań, takich jak dynamiczne permanentne układy pomiarowe czy modelowanie trójwymiarowej lub nawet wielowymiarowej przestrzeni.

Na tle tych wszystkich zmian, jakie się dokonują, kiedy do geodezji użytkowej trafiają metody z zakresu geodezji wyższej, astronomii geodezyjnej czy geodezji dynamicznej, nadal niezmiennie funkcjonują instrukcje techniczne spisane w latach 70. I nie ma w tym nic złego, że nadal obowiązują w zakresie wymagań stawianych geodezji, bo te tak naprawdę niewiele się zmieniły. Dokładności wyznaczania elementów będących treścią map gospodarczych są praktycznie stałe. Niewiele zmieniła się też dziedzina obiektów, jakie na mapach są odwzorowywane. Czego więc może dotyczyć to przysłowiowe „ale"?

CZYTAMY INSTRUKCJĘ G-4

Skoro problem w zasadzie nie dotyczy sfery semantycznej, to zapewne chodzi o niezrozumienie w obszarze syntaktyki. I wydaje się, iż tak jest w istocie. Jeśli wczytamy się w instrukcję G-4 wdrożoną zarządzeniem nr 7 prezesa Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii *w sprawie wprowadzenia do stosowania instrukcji technicznej „G-4 Pomiary sytuacyjne i wysokościowe"* z 28 czerwca 1979 r., to od razu zauważymy, iż autorzy skupili się na dostosowaniu ówczesnych realiów pomiarowych do jednej określonej wizji i jednej lub dwóch powszechnie stosowanych wówczas technologii pomiarowych. Jak wiadomo, technologie pomiarowe zawsze związane są z wykorzystywanymi narzędziami pomiarowymi i celami do osiągnięcia. Cele (poza względami ekonomicznymi) nie zmieniły się, zatem zmiany technologiczne związane są głównie z dostępnymi dziś narzędziami, czyli nowoczesnymi instrumentami i zestawami pomiarowymi oraz oprogramowaniem. Spróbujmy zatem skupić się na zapisach i intencjach autorów instrukcji, ale w świetle obecnych dokonań proponowanych technologii.

Śledząc od początku zapisy instrukcji G-4, w rozdziale I *Przedmiot i zakres instrukcji* w § 1 czytamy: *Niniejsza instrukcja podaje ogólne zasady techniczne, obowiązujące przy wykonywaniu bezpośrednich i fotogrametrycznych pomiarów sytuacyjnych, pomiarów wysokościowych i pomiarów uzupełniających, służących do sporządzania aktualizacji mapy zasadniczej oraz map tematycznych*. Dalej zdefiniowano wspomniane rodzaje pomiarów, by w końcu w § 3 oświadczyć: *stosowanie metod, narzędzi i materiałów nie przewidzianych niniejszą instrukcją jest dopuszczalne, a metod będących wynikiem postępu technicznego jest zalecane, pod warunkiem zachowania wymaganych dokładności opracowań wynikowych*. W tym miejscu wielu czytających może spokojniej odetchnąć, ale czy na długo? Czytając kolejno: rozdział II *Prace przygotowawcze do wykonania pomiarów*, część II *Pomiary sytuacyjne*, rozdział III *Przedmiot pomiarów sytuacyjnych* – nie sposób się z czymś nie zgodzić. Określono tam w zasadzie wszystko, co najistotniejsze dla utrzymania jednorodności zakresu treści i dokładności zasobu danych geodezyjnych pozyskiwanych w wyniku pomiarów sytuacyjno-wysokościowych. Ale dalej wszystko nie jest już takie oczywiste. Choćby rozdział IV *Bezpośrednie pomiary sytuacyjne*, gdzie zaczynają się wytyczne dla poszczególnych metod pomiarowych. Były one aktualne w czasie powstania instrukcji, ale są niewystarczające dla opisu metod najczęściej obecnie używanych, takich jak tachimetria czy pomiar GPS.

POMIAR TACHIMETRYCZNY

W zakresie metody pomiaru w stosunku do klasycznej tachimetrii nic się nie zmieniło – elementami wyznaczającymi położenie punktów są: kierunek poziomy, pionowy i odległość przestrzenna. Pomiar realizowany jest w układzie biegunowym z założeniem widoczności ze stanowiska celu bądź mimośrodu celu. Co może wejść w skład współczesnego zestawu pomiarowego? Tachimetr z dalmierzem elektrooptycznym lub laserowym, zestaw luster lub tarcz i komputer. Tak, komputer – już nie rejestrator, lecz komputer z dedykowanym oprogramowaniem, zintegrowany z instrumentem lub nie, lecz z pewnością z możliwością komunikacji w obie strony. Dlaczego ten fakt ma tak istotne znaczenie? Te niewinne z pozoru udogodnienia stwarzają nową jakość w pracach terenowych. Otóż wyobraźmy sobie pomiar uzupełniający zainwestowanego terenu, na którym znajdują się różne obiekty: punktowe, li-

ECZYWISTOŚĆ

FOT. MAREK PUDŁO

niowe i powierzchniowe. Jak może wyglądać pomiar tych szczegółów w maksymalnym uproszczeniu?

Współczesny zestaw pomiarowy oferuje interaktywność w czasie trwania pomiaru, co do niedawna było praktycznie niemożliwe. Aby mogła ona jednak zaistnieć w pełni, należy przed rozpoczęciem pomiaru zasilić system pomiarowy możliwie wszystkimi danymi bazowymi. Mogą to być mapy wektorowe, rastrowe, współrzędne punktów osnowy poziomej i wysokościowej. Rozpoczynając pomiar tachimetryczny należy zbudować chwilowy pomiarowy układ biegunowy. Jeśli stanowiskiem pomiarowym jest punkt o nieznanych współrzędnych, pierwszą czynnością do wykonania będzie obliczenie tych współrzędnych i zorientowanie układu pomiarowego tego instrumentu. Konstrukcją wyznaczającą może być np. kombinowane przestrzenne wcięcie wstecz z wyrównaniem (wynikiem procesu obliczeń będą współrzędne wyrównane stanowiska oraz ich błędy: m_x, m_y, m_h).

Praktyczne znaczenie interaktywności w trakcie pomiaru wiąże się zarówno z ciągłą oceną dokładności samego pomiaru, jak i dokładności map (czy ogólnie danych bazowych). Już w tym pierwszym kroku, wykonując wcięcie z kilkoma elementami nadliczbowymi, dochodzimy do pierwszej oceny – dokładności osnowy. Zbudowany w ten sposób układ homogeniczny, z początkiem w punkcie „stanowisko" oraz kierunkiem głównym wyrównanym na punkt osnowy i punkt kierunkowy, pozwala na przekształcenia umożliwiające bieżące (w trybie on-line) obliczenia współrzędnych mierzonych punktów.

Pokazujące się na mapie punkty pozwalają zweryfikować wiedzę na temat jej dokładności. Wykonując proste pomiary kontrolne do istniejących obiektów, natychmiast uzyskujemy wiedzę o aktualizowanym terenie. Inną zaletą jest to, że po powrocie do biura do wykonania zostanie niewiele klasycznych prac kameralnych, ponieważ mierzony fragment już w terenie przybierze postać prawie gotowej (niezredagowanej) mapy. Komputer jest tutaj odpowiednikiem inteligentnego szkicownika, który pamięta o właściwej numera-

cji, prezentuje rodzaje obiektów zgodnie z instrukcją K-1, ukrywa lub pokazuje dodatkowe informacje (np. wysokości). Notacja wykonywana w ten sposób w terenie jest hermetyczna i skończona, wolna od błędów pisarskich i weryfikowalna już w czasie pomiaru. 100 procent informacji o położeniu obiektów trafia do bazy bez udziału człowieka – automatycznie, po określeniu jedynie wysokości celu w procesie rejestracji. Spodziewać się można jedynie błędów związanych z identyfikacją mierzonych obiektów i dokładnością ich wskazania oraz błędów celowania, czyli zaliczanych do grupy przypadkowych.

SZKICE POLOWE

Powracając do instrukcji technicznej G-4, skupmy się teraz na zagadnieniu szkicu polowego. Instrukcja podaje w § 39: *Szkice polowe są obrazami mierzonego terenu. Wykonuje się je w czasie pomiaru na formularzach ustalonego wzoru.* W dalszych paragrafach są informacje, jakie dane powinien zawierać szkic. Jak czytać te zapisy? Czy w zasygnalizowanej wyżej technologii funkcjonuje pojęcie szkicu? Czy to, co powstaje, jest quasi-mapą, czy quasi-szkicem? Osobiście jestem za tym, aby traktować to jako quasi–mapę. Jak dokumentować proces powstania tej mapy? Czy szkic w klasycznej postaci będzie właściwy do udokumentowania takiego pomiaru? Wydaje mi się, że tak. Przynajmniej do czasu, kiedy ośrodki dokumentacji będą gotowe do przyjmowania plików wymiany danych, a zasób mapy zasadniczej będzie w postaci numerycznej lub chociażby hybrydowej. Jak zatem ma powstać ten szkic, skoro wszystkie dane zostały zarejestrowane w trakcie pomiaru w pamięci komputera? Według instrukcji *wykonuje się je w czasie pomiaru na formularzach ustalonego wzoru*. W omawianym przypadku zawartość informacyjna zgromadzona została rzeczywiście w czasie pomiaru, lecz jej wizualizacja na *ustalonym formularzu* z oczywistych powodów powinna powstać później. Czy zatem jest to szkic w świetle G-4? Bez wątpienia tak.

Metoda pomiaru tachimetrycznego z pełną rejestracją danych pomiarowych ma jeszcze inną odmianę, myślę, że częściej stosowaną przez geodetów z racji używania przez nich rejestratorów „tekstowych". Mianowicie w rejestratorze zapisywane są wszystkie informacje o mierzonych punktach, z pominięciem jednak relacji określonych punktów do obiektów liniowych albo powierzchniowych. Jednocześnie prowadzony jest prawie klasyczny szkic w bardzo okrojonej postaci, pokazujący jedynie relacje mierzonych punktów z obiektami liniowymi i powierzchniowymi oraz notatki. Szkic taki często prowadzony jest na kopii mapy i służy tylko do końcowej redakcji tej, nazwanej wcześniej roboczo, quasi–mapy.

Dlaczego powstają takie technologie? Odpowiedź jest prosta – bo ma to swoje głębokie uzasadnienie ekonomiczne. Pomiar tą metodą jest wielokrotnie szybszy: nie absorbuje wysiłku i czasu człowieka na redakcję szkicu; pozwala na skupienie się na mierzonym terenie, a nie na obrazkach; prace mogą być prowadzone nawet w niekorzystnych warunkach pogodowych. A szybciej znaczy taniej. Ale czy szybciej to dokładniej? Paradoksalnie – tak. Jeśli niewiele wysiłku kosztuje wykonanie większej liczby pomiarów nadliczbowych, pomiarów kontrolnych, to one po prostu zostaną znacznie częściej wykonane. Czy wreszcie szybciej znaczy bezbłędnie? Tak, ponieważ z mniejszym udziałem powolnego i omylnego człowieka. Im więcej w całym procesie wykona maszyna, tym mniej człowiek może zepsuć.

Jeśli już robić szkic, to oczywiście według ustalonego formatu. Dlatego bardzo dobrze rozwijają się aplikacje, które wspomagają proces redakcji szkiców z quasi–mapy. Pozwalają one automatyzować i archiwizować sporządzane dokumenty, szybko wykonują szkice przeglądowe szkiców polowych i posiadają jeszcze wiele innych użytecznych funkcji. O walorach czytelności też nikogo nie trzeba przekonywać, a ponadto szkic taki można redagować również w kolorach.

Jak widać, sposób dokumentacji pomiaru zależy wprost od przyjętej technologii. Technologia nie musi burzyć przyjętych norm i wzorców, a normy i proponowane wzorce nie powinny ograniczać rozwijających się dynamicznie technologii.

Sposób dokumentacji pomiaru zależy wprost od przyjętej technologii. Technologia nie musi burzyć przyjętych norm i wzorców, a normy i proponowane wzorce nie powinny ograniczać rozwijających się dynamicznie technologii.

POMIARY GPS

Jeśli chodzi o pomiary z wykorzystaniem GPS, to instrukcja G-4 nie wytrzymuje próby czasu. Skupmy się na początek na kilku najistotniejszych cechach technologii GPS. Odbiornik oblicza swoją pozycję w trzech wymiarach (długość i szerokość geograficzna oraz wysokość n.p.m.) za pomocą przynajmniej czterech pomiarów, które określają odległość pomiędzy anteną odbiornika a antenami satelitów GPS (czwarty pomiar potrzebny jest do obliczenia błędu zegara odbiornika). Najbardziej nowoczesne urządzenia GPS są w stanie śledzić wiele satelitów jednocześnie i dokonywać pomiaru pozycji na podstawie wszystkich otrzymywanych sygnałów. Nie wchodząc głębiej w technikę pomiarów, zajmijmy się produktem finalnym. Jak widać, układ pomiarowy i związana z nim geometria są dynamiczne, a wyznaczanie współrzędnych punktu ma charakter ciągły. Aby otrzymać dyskretne dane dla wybranych punktów, należy do pamięci komputera zarządzającego pomiarem zapisać chwilowe współrzędne. System w trakcie pomiaru w sposób ciągły bada również dokładności konstrukcji wyznaczających i jeśli spadną one poniżej wartości oczekiwanej, zadeklarowanej przez użytkownika, zapisanie dyskretnych współrzędnych będzie niemożliwe. Sytuacja ta implikuje pewne ważne skutki. Przede wszystkim, po rozwiązaniu zadania pomiarowego, w które wchodzi również transformacja międzyukładowa, użytkownik uzyskuje wiedzę wyjściową

o dokładności modelu pomiarowego. Jeśli zaakceptuje proponowane parametry transformacji, może rozpocząć pomiar z gwarancją, że wartość oczekiwana dokładności pomiaru w punkcie nie przekroczy zadanej wartości. Ta pewność powoduje, że pomiar jest zawsze spójny dokładnościowo. Współrzędne uzyskane w trakcie obliczeń w punkcie są wynikiem wielu uśrednionych wyników z ciągłego procesu pomiarowego, czyli jest to pomiar z wieloma elementami kontrolnymi (nadliczbowymi). Efektem pomiaru w technologii GPS są zawsze współrzędne. Mogą to być współrzędne punktów w dowolnym układzie, dodatkowo np. z elipsami błędów, relacjami do linii lub obiektów powierzchniowych. Wynikiem pomiaru jest również, tak jak w przypadku tachimetrii, quasi-mapa. I podobnie, mogą w tej technologii wystąpić różne odmiany – w zależności od możliwości rejestratora („graficzny" albo „tekstowy").

NA KONIEC KONTROLA

Zamykając analizę wybranych zagadnień z instrukcji G-4, nie mogę pominąć § 17, który mówi: *Szczegóły terenowe I grupy dokładnościowej powinny być mierzone wraz z elementami kontrolnymi, do których zalicza się:*

a) drugie, niezależne wyznaczenie położenia szczegółów,

b) miary czołowe (tzw. czołówki),

c) miary przeciwprostokątne (tzw. podpórki),

d) miary do punktów przecięcia się linii pomiarowych z granicami działek i konturów lub ich przedłużeniami.

Na straży poprawności danych geodezyjnych stoją procedury, w szczególności procedury kontrolne. Dlatego każdy pracujący w tym zawodzie wie, że kontroli nigdy za wiele. Dwie pierwsze procedury wymienione w § 17 mają charakter uniwersalny, natomiast dwie pozostałe są raczej związane z ortogonalną metodą pomiaru. Odnosząc się zaś do elementów uniwersalnych w aspekcie omawianych metod (tachimetrii i pomiaru GPS), trzeba zauważyć, że pierwsza kontrola – „drugie niezależne wyznaczenie położenia szczegółów" jest metodą równodokładną, natomiast druga – „miary czołowe" – już nie. Problemu nie widać przy pomiarach krótkich czołówek, dających się zredukować do poziomu i prowadzonych w dogodnych warunkach. Kłopot zaczyna się przy odcinkach dłuższych, z przeszkodami lub o dużej deniwelacji.

Zastosowanie metody kontrolnej równodokładnej powinno być priorytetowe. Nie zniekształci to rzeczywistych wyników pomiaru, a oczekiwany poziom ufności dla wyznaczonych współrzędnych będzie bliski dokładnościom, jakie w konkretnej konstrukcji oferuje dana metoda. Podsumowując, kontrola pomiaru szczegółów I grupy dokładnościowej powinna być wykonywana metodą równodokładną lub o większej dokładności niż metoda wykonania pomiaru. W przypadku tachimetrii i pomiarów GPS celowe wydaje się stosowanie metody równodokładnej, co w praktyce pomiarowej będzie się sprowadzało do podwójnego niezależnego wyznaczenia. W pomiarach z wykorzystaniem techniki GPS zagadnienie to załatwia sam system, ponieważ pomiar punktu jest wypadkową wielu następujących po sobie wyznaczeń w cyklach sekundowych. W tachimetrii sprawa wygląda podobnie. Każdy współczesny instrument pomiarowy ma dalmierz, który mierzy odległość do celu jako wypadkową wielu pomiarów do momentu, kiedy odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru zmieści się w zadanych dla danego sprzętu „widełkach" dokładnościowych. Podobnie zresztą jest z pomiarami kierunków, choć jest to odmiennie realizowane w różnych typach instrumentów.

CZYTANIE ZE ZROZUMIENIEM

Nie sposób nie zauważyć dysonansów, jakie pojawiają się w obowiązujących instrukcjach w świetle tego, co dzieje się we współczesnej geodezji użytkowej. Autorzy G-4, przewidując postęp w tej dziedzinie, dali nam jednak wystarczające narzędzia we wspomnianym § 3 oraz w § 38: *Przy pomiarze szczegółów terenowych można stosować – w sposób łączny – podane uprzednio lub inne metody, pod warunkiem zachowania wymagań dokładnościowych ustalonych dla poszczególnych grup szczegółów terenowych.* To samo powtarza się w najważniejszej instrukcji O-1 § 3 pkt 9: *Stosowanie metod, narzędzi i materiałów nie przewidzianych instrukcjami technicznymi jest dopuszczalne, a metod będących wynikiem postępu technicznego jest zalecane, pod warunkiem zachowania wymaganych przez instrukcje dokładności opracowań wynikowych.*

Wydaje się, iż zapisy dotyczące standaryzacji i regulacji wymagań dokładnościowych w odniesieniu do pomiarów obiektów się nie zdezaktualizowały. Natomiast jeśli chodzi o konkretne technologie pomiarowe, instrukcja pozwala na odczytanie jej zapisów w taki sposób, by nie stanowiły bariery we wprowadzaniu nowych rozwiązań.

TOMASZ WOŁOWICZ

•Artykuł powstał na podstawie referatu zaprezentowanego podczas spotkania geodetów powiatowych z WINGiK Lidią Danielską, które odbyło się w Cichowie, 1-2 czerwca 2006 r.

REKLAMA