

WYKORZYSTANIE GPS I DALMIERZA LASEROWEGO W PRAKTYCE LEŚNEJ

THE USE OF GPS AND LASER RANGEFINDER IN FORESTRY PRACTISE

Michał Brach, Krzysztof Stereńczak

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Słowa kluczowe: GPS, dalmierz laserowy, leśnictwo

Keywords: GPS, laser rangefinder, forestry

Wstęp

Prawidłowo funkcjonujący system informacji przestrzennej, wspomagający efektywnie zarządzanie, musi zawierać dane, których jakość oraz precyzja są znane i nie budzą żadnych wątpliwości. Istnienie nowoczesnych technologii pomiarowych stosowanych w leśnictwie jest faktem. Problem jednak pojawia się wówczas, gdy brakować zaczyna wiedzy i świadomości na temat dokładności uzyskanych wyników. Ma to szczególne znaczenie w środowisku leśnym, które ze względu na swoją różnorodność i sezonową dynamikę zmian warunków pomiarów sprawia znaczne problemy (Adamiec P. 2003; Grzegorzewicz, 2002; Kamińska, Karaszkiwicz, 1994).

W artykule omówiono zagadnienie oceny dokładności leśnej mapy numerycznej (LMN) uroczysk Doliska i Górki, wchodzących w skład Leśnego Zakładu Doświadczalnego (LZD) w Rogowie oraz mapy ewidencji gruntów z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (PODGiK) w Brzezinach. Dokonano także porównania przydatności wybranych technologii GPS i dalmierza laserowego do aktualizacji mapy numerycznej o powierzchni (obiekty) nie stanowiące wydzieleni drzewostanowych.

Dokładności mapy numerycznej z PODGiK w Brzezinach

Zgodnie ze Standardem leśnej mapy numerycznej: *Najlepszą metodą przygotowania danych geodezyjnych do leśnej mapy numerycznej jest wykorzystanie istniejącej mapy numerycznej ewidencji gruntów i budynków lub wykonanie jej zgodnie z zasadami określonymi w Zarządzeniu nr 60 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z 28 czerwca 1999 r.*

Z powyższego zapisu wynika, że Standard LMN nie przewiduje weryfikacji dokładności mapy ewidencyjnej przed rozpoczęciem prac nad LMN. Zatem z prawnego punktu widzenia wykonywanie jakakolwiek jej kontroli nie jest wymagane. Jednak, mając świadomość różnej jakości otrzymywanych danych, również z PODGiK, zdecydowano się na przeprowadzenie pewnych badań i analiz.

Mapa numeryczna ewidencji gruntów powstała w wyniku digitalizacji mapy zasadniczej w skali 1:5000 opracowanej w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku w oparciu o punkty geodezyjne trzeciego rządu, zgodnie z obowiązującą wówczas instrukcją techniczną sporządzenia mapy zasadniczej.

Weryfikacja cyfrowych materiałów kartograficznych polegała na porównaniu ich z wynikami kontrolnych pomiarów terenowych, wykonanych tradycyjnymi metodami geodezyjnymi.

Pomiar położenia graniczników wykonano metodami wcięć kątowych i liniowych, a uzyskane współrzędne zestawiono ze współrzędnymi tych graniczników odczytanymi z mapy ewidencyjnej PODGiK w Brzezinach. Różnice były znaczne – średnia wielkość przesunięcia położenia punktu granicznego kształtowała się na poziomie 3,41 m. Przesunięcia miały charakter systematyczny o określonym kierunku. Przyczyn takiego stanu rzeczy można doszukiwać się przede wszystkim w błędach wpasowania (kalibracji) papierowych map ewidencji gruntów podczas ich digitalizacji. Poddaje to w wątpliwość jakość numerycznej mapy ewidencji gruntów z PODGiK w Brzezinach. Fakt ten jest niezwykle ważny dla odbiorców gotowych map numerycznych, którzy często podchodzą do danych cyfrowych bezkrytycznie, z góry zakładając ich wysoką dokładność – co w praktyce może okazać się niewłaściwym.

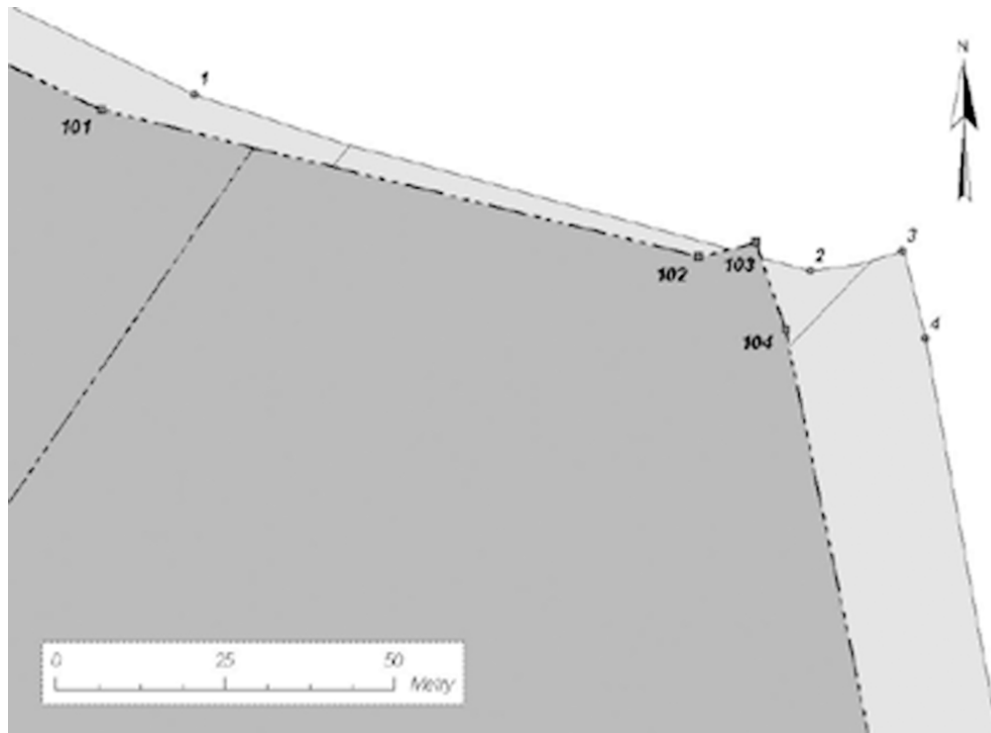
Porównanie leśnej mapy numerycznej LZD w Rogowie z numeryczną mapą ewidencji gruntów PODGiK w Brzezinach

W związku z tym, że znaczna część sytuacji wewnętrznej drzewostanów miała zostać przejęta z istniejącej LMN, zdecydowano się na porównanie jej z mapą ewidencji gruntów. Już wstępna analiza warstw wektorowych, wykazała duże odchyłki i różnice geometrii obiektów (rys. 1).

Właściwą analizę dokładności warstw przeprowadzono na podstawie porównania współrzędnych X, Y odpowiadających sobie graniczników na obu mapach. W trakcie ich wyboru kierowano się kształtem przebiegu linii granicznej, skrzyżowaniami dróg i linii podziału powierzchniowego, tak by identyfikacja odpowiadających sobie punktów nie budziła wątpliwości.

Wyznaczono wartość przesunięcia każdego z punktów (rys. 1). Średnie przesunięcie wyniosło 9,8 m, maksymalne 19,52 m w Górkach i 14,26 m w Doliskach. Minimalne wartości przesunięcia to odpowiednio 1,61 m i 0,87 m. Mapa uroczyska Doliska ma większą dokładność i charakteryzuje się mniejszą rozpiętością wartości błędów niż mapa uroczyska Górki. Wynik ten może mieć związek z mniej skomplikowanym układem przestrzennym w uroczysku Doliska i częściowo naturalnym podziałem oddziałów Leśnictwa Górki.

Dokonano również porównania powierzchni obiektów na obu mapach i stwierdzono, że pomimo znacznych przesunięć punktów granicznych, różnice powierzchni nie są duże. Wskazuje to na przesunięcie jednej mapy w stosunku do drugiej, wyraźnie w kierunku północno-wschodnim (rys. 1).



Rys. 1. Różnice w położeniu graniczników na mapie PODGiK w Brzezinach (numery od 101 do 104) a mapą LZD Rogów (numery od 1 do 4)

Wybrane metody aktualizacji leśnej mapy numerycznej

Aktualizację LMN wykonano dla obszarów, na których zaszły zmiany w drzewostanach od momentu ostatniego urządzania lasu. Pomiary wykonano metodami bezpośredniego pomiaru terenowego z wykorzystaniem dwóch typów odbiorników GPS oraz ręcznego dalmierza laserowego.

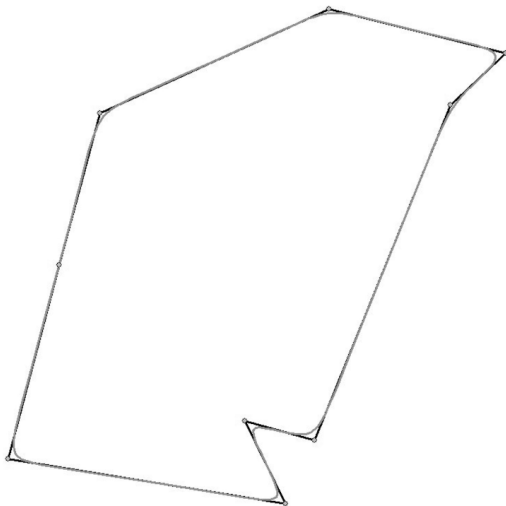
Zastosowano odbiorniki firmy GPS.PL oparte o palmtopy iPaq 2210 oraz dwa typy anten o różnym poziomie dokładności, odpowiednio poniżej 1,5 m dla zestawu 3R-GPS XT oraz poniżej 3 m dla zestawu 3R-GPS Standard. Rejestracji danych dokonano za pomocą programu Arcpad.

Na powierzchniach o dobrej widoczności używano dalmierza laserowego Laserace 300 firmy MDL o zasięgu do 300 m (pomiar bez lustra) i dokładności pomiaru odległości ± 10 cm. Instrument posiada inklinometr oraz busołą elektroniczną o dokładności około 1° . Wszystkie pomiary rejestrowane były automatycznie na palmtopie iPaq 2210 z użyciem specjalnego oprogramowania firmy MDL.

Nowa wersja programu Arcpad 7 obsługuje równocześnie oba urządzenia, co umożliwia aktualizowanie mapy bezpośrednio w terenie.

Statyczne pomiary GPS

Pomiary wykonano odbiornikiem GPS z zastosowaniem następujących parametrów: liczba pozycji do uśrednienia – 240; współczynnik PDOP ≤ 5 ; tryb rejestracji – 3D; interwał ciągu załamań – 1 sekunda. Pomiary prowadzone były w odległości 2 metrów od pni drzew położonych na charakterystycznych załamaniach inwentaryzowanych obiektów. Nierzadko czas pomiaru wydłużał się nawet kilkukrotnie, co spowodowane było wstrzymywaniem rejestrowania pozycji przez odbiornik w momencie przekroczenia założonej wartości współczynnika PDOP. Zdarzało się, iż w pobliżu drzew trudno było rozpocząć sesję pomiarową z powodu słabego sygnału z satelity. Rozwiązaniem w takich sytuacjach było wyjście na otwartą przestrzeń, nawiązanie kontaktu z satelitami i następnie przesunięcie się na stanowisko pomiarowe (Majewski, 2005; Michalczyk, Nowicki, 2002).



Rys. 2. Efekt zastosowania funkcji wygładzania z algorytmem PEAK na jednej z luk śródleśnych uroczyska Doliska

Następnie wykonano analizy 14 poligonów zamkniętych (powierzchni) utworzonych z zarejestrowanych punktów. Zastosowano pakiet ArcGIS 9.1 firmy ESRI.

Obiekty (powierzchnie) typu gniazda, luki, itp. mają w rzeczywistości zaokrąglone kształty. Dlatego poligony reprezentujące te obiekty wygładzono z użyciem funkcji *Smooth Line* z algorytmem *PEAK* (rys. 2). Wygładzenie nie spowodowało obniżenia dokładności wyznaczenia pola powierzchni analizowanych obiektów.

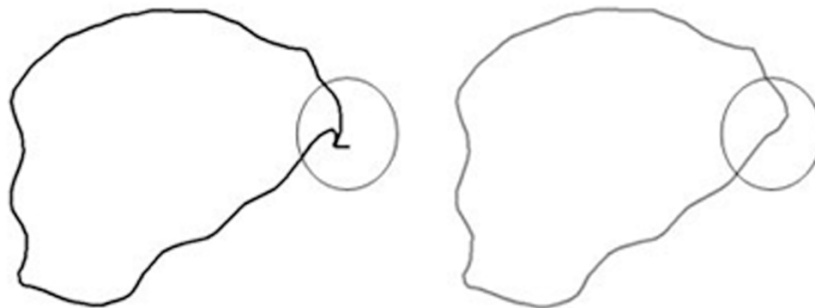
Linie graniczne obiektów o prostym przebiegu granic (wydzielenia drzewostanowe) uproszczono przy użyciu funkcji *Simplify Line*. Algorytm ten zachowuje linię trendu, usuwając zbędne punkty w założonej tolerancji, przez co nawet w przypadku braku pokrycia się charakterystycznych punktów z pomiarów z ich odpowiednikami na ma-

pie gospodarczej, możliwe jest odtworzenie przebiegu granicy wydzielenia z dużą dokładnością. Funkcja ta jest szczególnie przydatna podczas pomiarów z wykorzystaniem odbiorników GPS. W środowisku leśnym mamy, bowiem bardzo często do czynienia z odbiciem sygnału od pni i koron drzew, co sprawia, że w praktyce można otrzymać współrzędne znacznie odbiegające od oczekiwanych.

Dynamiczne pomiary GPS

Pomiar wykonano podczas przejścia po granicy obiektu w odległości 2 metrów od pni drzew, w przypadku inwentaryzacji prowadzonej w starszych drzewostanach lub dokładnie po linii granicznej obiektów inwentaryzowanych (na uprawach). Złożono następujące parametry sesji pomiarowych: PDOP ≤ 5 ; tryb – 3D; interwał ciągu załamań – 1sekunda. W trakcie pomiarów przemieszczano się ze stałą prędkością około 4–5 km/h. W przypadku przejścia drogami lub liniami oddziałowymi poruszano się po ich osiach.

Otrzymaną w wyniku pomiarów terenowych warstwę liniową poddano opracowaniu kameralnemu. Pierwszą czynnością było poprawienie typowych błędów powstałych w trakcie dynamicznego pomiaru odbiornikiem GPS. Były to przede wszystkim wiszące końce linii. Teoretycznie, linie granic powierzchni powinny być zamknięte. W praktyce jednak żadna granica nie zaczynała i kończyła się w tym samym punkcie. Należało więc domknąć je sztucznie przez dociągnięcie końca linii do jej początku (rys. 3). Usuwano także błędy zapełnienia powstałe w wyniku rejestracji przez odbiornik sygnałów odbitych.



Rys 3. Opracowywanie pomiarów GPS na przykładzie luki śródleśnej uroczyska Górki

Z badań przedstawionych we wcześniejszych rozdziałach wynikało, że:

- kontrolny pomiar terenowy dobrze zidentyfikowanych na mapie ewidencyjnej graniczników wykazał znaczne, mające charakter systematyczny, przesunięcia położenia tych punktów,
- mapa ewidencji gruntów jest przesunięta w stosunku do leśnej mapy numerycznej.

Z tego powodu, niezbędnym, etapem opracowania było ręczne przesunięcie mierzonych obiektów o zadany wektor tak, aby wizualnie pasowały do mapy źródłowej. Realizacja tego zadania możliwa jest jedynie wtedy, gdy w trakcie pomiarów rejestruje się również punkty charakterystyczne, które można zlokalizować na mapie źródłowej.

Ostateczny kształt nadano obiektom za pomocą funkcji *Simplify Line*, które redukowało liczbę wierzchołków, jak też zmieniało charakter przebiegu linii, na bliższy rzeczywistości. Stwierdzono dużą dokładność położenia uzyskanych linii i stosunkowo wierne odtworzenie kształtu obiektów.

Pomiar dalmierzem laserowym z wykorzystaniem odbiornika GPS

Dalmierz laserowy znalazł zastosowanie na tych powierzchniach leśnych, których wnętrze było w miarę przejrzyste. W pierwszej kolejności wyznaczono dla każdego obiektu współrzędne jednego punktu leżącego blisko jego środka. Pomiar ten wykonano odbiornikiem GPS. Z tak wyznaczonych stanowisk prowadzone były następnie obserwacje dalmierzem laserowym. Rejestrowano długość zredukowaną oraz azymut. Zawsze na powierzchni mierzono te same charakterystyczne punkty (pnie), których współrzędne wcześniej określone zostały za pomocą statycznych pomiarów GPS.

W kilku przypadkach zaszła potrzeba wyznaczenia większej liczby stanowisk pomiarowych dalmierza laserowego. Wynikało to z dwóch powodów: 1) ograniczonej widoczności,



Rys. 4. Opracowanie wyników pomiarów wykonanych dalmierzem laserowym i GPS na przykładzie jednego z wydziełów w uroczysku Doliska

uniemożliwiającej z jednego stanowiska uchwycenie wszystkich punktów załamania, 2) wielkości inwentaryzowanych obiektów. Niewątpliwie ważnym elementem pracy z dalmierzem laserowym było właściwe zlokalizowanie stanowiska pomiarowego tak, aby nie okazało się w trakcie rejestrowania spostrzeżeń, że jakiś fragment powierzchni jest osłonięty. Ma to istotne znaczenie, gdyż pomiar współrzędnych stanowiska dalmierza laserowego jest najbardziej czasochłonny.

Dalmierzem laserowym mierzono odległości do pni drzew, natomiast pomiary GPS, jak podano wcześniej, prowadzone były z odstępem 2 metrów od granicy pni drzew. W ostatecznym opracowaniu wyjściowa linia obiektu była odsuwana od krawędzi, a następnie generalizowana (rys. 4).

Porównanie wyników pomiarów

Z porównania wyników pomiarów uzyskanych bezpośrednio w terenie stwierdzić należy, iż z pomiarów dynamicznych GPS uzyskiwano największe pola powierzchni obiektów. Podobne rezultaty przyniosła metoda kombinowana – GPS z dalmierzem laserowym. Różnica między sumami pól powierzchni wynosiła 2,7 %, co może wynikać z tego, iż w obu metodach starano się maksymalnie odzwierciedlić kształt inwentaryzowanych obiektów. Także średnia różnica pól powierzchni odpowiadających sobie obiektów na porównywanych warstwach przyjęła najniższe wartości spośród wszystkich porównywanych metod – 22,2%.

Pomiary wykonywano dwoma odbiornikami GPS różnej klasy. Odbiornik z anteną umieszczoną 2,5 m na ziemię bez większych trudności utrzymywał kontakt z satelitami, nawet w pobliżu zwartej ściany lasu. Natomiast odbiornik nawigacyjny ze standardową anteną miał niekiedy trudności z podtrzymaniem łączności.

Podsumowanie

Na obszarze dwóch uroczysk: Dolisko i Górki przeprowadzono prace badawcze, których celem było określenie możliwości wykorzystania numerycznej mapy ewidencji gruntów do aktualizacji LMN oraz ocena dokładności mapy leśnej. Podstawą analiz były bezpośrednie pomiary terenowe i ich kameralne opracowanie. Ich wyniki pozwalają na sformułowanie poniższych spostrzeżeń i wniosków:

- Kontrola numerycznej mapy ewidencji gruntów pozyskanej z PODGiK w Brzezinach wykazała kilkumetrowe błędy położenia punktów granicznych. Można zatem sądzić,

że materiały kartograficzne znajdujące się w ośrodkach dokumentacji geodezyjnej, szczególnie dla terenów o słabo rozwiniętej infrastrukturze, często obarczone są błędami.

- W każdej sytuacji powinno się sprawdzić dokładność map wykorzystywanych jako materiał wyjściowy do budowy systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwach.
- Standardem powinno być połączenie inwentaryzacji wykonywanej w trakcie prac urządzania lasu (co 10 lat) i inwentaryzacji wykonywanej na bieżąco z wykorzystaniem pomiarów GPS (Okła, 2000).
- Pomiar GPS-em są już stosowane w praktyce przez firmy wykonujące aktualizacje LMN w nadleśnictwach. Wyniki przedstawionych w artykule badań udowodniły łatwość i stosunkowo dużą efektywność tej technologii. Dzięki obserwacji na monitorze palmtopa bezpośrednich wyników pomiaru GPS możliwe było wyeliminowanie błędów grubych lub powtórzeń pomiarów.
- Technologia pomiaru GPS ma jednak kilka ograniczeń. Niemożliwy lub bardzo trudny jest pomiar w gęstym drzewostanie oraz w drzewostanie z bujnym podszytem lub podrostem. Pomiar małych powierzchni, otoczonych wysokim drzewostaniem o silnym zwarciu, często obarczone są zbyt dużymi błędami, aby można je było zaakceptować. Niemożliwe jest również inwentaryzowanie wyrosniętych gniazd znajdujących się w drzewostanie.
- Wyniki prac terenowych potwierdziły niewielkie możliwości GPS w pozyskaniu informacji w gniazdach, w których rosną drzewa wyższe niż 4-5 m oraz wewnątrz gęstego drzewostanu.
- Ważnym czynnikiem potrzebnym do zainicjowania pomiaru GPS jest uzyskanie przez odbiornik silnego, pierwszego sygnału satelitarnego. Późniejszy pomiar może odbywać się w oparciu o pięciokrotnie słabsze sygnały (Wężyk, 2004).
- Szerokie zastosowanie w praktyce powinna znaleźć metoda kombinowana pomiaru terenowego z wykorzystaniem dalmierza laserowego i odbiornika GPS. W stosunku do pomiarów GPS, charakteryzuje się zdecydowanie niższą czasochłonnością przy równoczesnym zachowaniu wiernego odtworzenia kształtu inwentaryzowanych obiektów.

Praktyka leśna potwierdziła, iż GPS jest przydatnym narzędziem i na tyle tanim, że może je nabyć praktycznie każde nadleśnictwo. Łatwa obsługa i możliwość natychmiastowej wizualizacji efektów pomiarów w trakcie prac terenowych dają mu przewagę w porównaniu z innymi metodami pomiarów sytuacyjnych. W polskich warunkach powinno to być narzędzie codziennego użytku personelu Lasów Państwowych.

Literatura

- Adamiec P., 2003: Analiza dokładności leśnej mapy numerycznej Leśnictwa Jasiień (maszynopis). Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW, Warszawa.
- Grzegorzewicz T., 2002: Dokładność leśnej mapy numerycznej nadleśnictwa Dojlidy (maszynopis). Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW, Warszawa.
- Kamińska G., Karaszkiwicz W., 1994: Badanie i ocena dokładności leśnej mapy gospodarczej. *Sylwan*, 5: 19-28.
- Majewski S., 2005: The practical use of GPS and digital maps by Polish State Forests in fire protection and in pest control. GIS and databases in the forest protection in Centre Europe. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.

- Michalczuk P., Nowicki Ł., 2002: Zastosowanie techniki GPS do aktualizacji leśnej mapy numerycznej (maszynopis). Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW, Warszawa.
- Okła K. (red.), 2000: System informacji przestrzennej w Lasach Państwowych. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Warszawa.
- Wężyk P., 2004: Mity i fakty dotyczące stosowania GPS w leśnictwie. *Roczniki Geomatyki*, t. II, z. 4: 19-32.

Summary

The use of new measurement technologies in forestry environment is a standard nowadays. This results from the use of digital maps and continuous looking for new technologies which provide precise and fast methods for forestry data capture. GPS and laser rangefinder are used in forest environment but we not always realize what is the quality of measurements. Lack of cohesion between the measurements and digital maps often result from mistakes in the source analogue maps. For instance, it was calculated by geodetic survey that mean error of landmarks for LZD Rogów digital map was equal to 9.8 meters. This means that every user of such maps must think about its weakness. We examined the use of GPS receiver and laser rangefinder in forest environment. It turned out that GPS should not be used for small area measurements because of possible big mistakes in area calculation. In this situation it is a good idea to use laser rangefinder but we must remember that good visibility is needed. The results of measurements should be generalized by smoothing and simplifying algorithms. It makes our data more useful. In spite of many problems which are connected with sophisticated measurement technologies we should use them because they assure faster and more precise data capture than the old ones.

mgr inż. Michał Brach
Michal@wl.sggw.pl

mgr inż. Krzysztof Stereńczak
Kolumb_cz@poczta.onet.pl