

Piotr Pogorzelski

Systemy GNSS w oględzinach miejsca zdarzenia

Wstęp

Globalny satelitarny system nawigacyjny – GNSS (*Global Navigation Satellite System*) należy rozumieć jako ogólną nazwę globalnych systemów satelitarnych wyznaczania pozycji (GPS-NAVSTAR, Glonass, Galileo) [1].

Rozwój technik pomiarowych jest wynikiem postępu technologicznego. Systemy satelitarne znajdują zastosowanie nie tylko w nawigacji. Podstawowym odbiorcą ich usług jest geodezja, która wykorzystuje je, np. do zakładania i modernizacji osnów szczegółowych II i III klasy. Opracowanie to jest próbą popularyzacji wiedzy na temat GNSS oraz zainicjowania dyskusji na temat możliwości zastosowania go w technice kryminalistycznej przez wskazanie metod, które mogą być użyte w praktyce, optymalizując proces zbierania i opracowania danych o dystrybucji przestrzennej śladów i sytuacji na miejscu zdarzenia.

Idea funkcjonowania systemów GNSS oraz możliwości adaptacji na potrzeby lokalizacji ujawnionych śladów na miejscu zdarzenia przedstawione zostaną na podstawie w pełni operacyjnego systemu GPS-NAVSTAR.

GPS-NAVSTAR

Skrót GPS-NAVSTAR pochodzi od angielskiej nazwy *Global Positioning System – Navigation Signal Timing And Ranging*. W Polsce ten system znany jest pod nazwą system globalnego wyznaczania pozycji lub po prostu GPS. Zaprojektowany i skonstruowany w USA na zlecenie tamtejszego ministerstwa obrony operacyjnie został wdrożony 1 stycznia 1995 roku jako system nawigacyjny dla armii amerykańskiej. Składa się z trzech segmentów: kosmicznego, naziemnego i użytkownika.

Segment kosmiczny to konstelacja 32 satelitów poruszających się po sześciu niemal kołowych orbitach, które nachylone są pod kątem 55° do równika, równomiernie rozmieszczone i oddalone od Ziemi ponad 20 tys. km. Satelita obiega Ziemię w czasie 11 godzin i 58 minut, co w zestawieniu z ich ilością daje możliwość obserwacji co najmniej czterech satelitów z każdego punktu na kuli ziemskiej.

Segment naziemny to stacje monitorujące, których zadaniem jest między innymi obliczanie dokładnych

parametrów orbit oraz poprawki zegara atomowego. Aktualne dane przesyłane są do komputerów pokładowych poszczególnych satelitów, zawierają one informacje indywidualne (właściwe dla danego satelity) oraz dotyczące pozostałych elementów segmentu kosmicznego.

Istotą działania systemu jest pomiar czasu dotarcia sygnału radiowego emitowanego przez segment kosmiczny (satelity) do anteny odbiornika na dwóch częstotliwościach L1 – 1575,42 MHz i L2 – 1227,60 MHz, co odpowiada długości fali 19,029 oraz 24,421 centymetra. Przesyłany do użytkownika sygnał uzupełniony jest kodami C/A, P i zbiorem dodatkowych informacji nazywanych depeszą nawigacyjną, która zawiera między innymi poprawkę jonosferyczną, charakterystykę orbit satelitów GPS, dane dotyczące jakości sygnału oraz poprawkę zegarów pokładowych. Na podstawie prędkości rozchodzenia się fali elektromagnetycznej obliczonej jako różnica czasu odebrania ramki danych i czasu jej nadania, możliwe jest obliczenie odległości odbiornika od satelitów (tzw. pseudoodległości). Takie podejście do określenia współrzędnych charakterystyczne jest dla metody kodowej wykorzystywanej powszechnie na potrzeby nawigacji. Określenie położenia w trójwymiarowej przestrzeni (3D) wymaga dostępności sygnału przynajmniej z czterech satelitów (określenie czterech pseudoodległości), widoczność trzech oferuje współrzędne płaskie (2D). Dokładniejsze wyniki daje metoda fazowa, której istotą jest pomiar różnicowy faz dla jednej lub obu dostępnych częstotliwości (L1, L2).

System GPS przewiduje dwa poziomy dostępu, a co jest z tym związane dokładności – precyzyjny, dla sił zbrojnych USA i standardowy dla pozostałych użytkowników. Sygnał ogólnodostępny może podlegać umyślnej degradacji celem zmniejszenia precyzji wyznaczenia pozycji. Zakłócenie SA (*Selective Availability*), które zniekształcało poprawki zegarów satelitów oraz dokładność parametrów orbit, decyzją rządu Stanów Zjednoczonych zostało wyłączone w maju 2000 roku [2].

Dokładność określenia współrzędnych można zwiększyć, stosując metody pomiaru różnicowego. Błędy propagacji sygnału z satelity do odbiornika eliminowane są przez wykorzystanie danych różnicowych przekazywanych przez stację referencyjną, któ-

rej położenie zdefiniowane jest określonymi z wysoką precyzją trójwymiarowymi współrzędnymi. Stacja bazowa oblicza poprawkę wyznaczenia pozycji na podstawie pseudoodległości, wykorzystując do tego celu własne, precyzyjnie wyznaczone współrzędne. Poprawka transmitowana jest do odbiorników ruchomych, wyposażonych w specjalny modem radiowy umożliwiający jej odebranie. Korekcję wskazania pozycji umożliwia również system WAAS/EGNOS (WAAS wykorzystywany jest w Stanach Zjednoczonych, natomiast EGNOS w Europie, inne analogiczne systemy to GAGAN w Indiach i MSAS w Japonii), który udostępnia poprawki z wykorzystaniem trzech satelitów geostacjonarnych. Szybkość wyznaczania pozycji z wykorzystaniem systemów satelitarnych (oprócz GPS w Europie funkcjonuje rosyjski GLONASS natomiast UE jest w trakcie wdrażania Galileo) wpłynęła na rozwój krajowych sieci stacji referencyjnych. W Polsce sieć taka funkcjonuje pod nazwą ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS) [3], jest ona jednocześnie częścią sieci europejskiej. Dane obserwacyjne zbierane są z satelitów GNSS i transmitowane do Centrum Obserwacyjnego w czasie rzeczywistym. System składa się z równomiernie rozłożonych na obszarze kraju oraz państw sąsiednich stacji referencyjnych. Oferuje użytkownikom usługi pozycjonowania o różnej dokładności w czasie rzeczywistym (RTK) lub na potrzeby *post-processingu*. Obecnie wykorzystywane są sygnały satelitów GPS-NAVSTAR i Glonass zaliczane do GNSS-1, a w przyszłości również Galileo.

Istnieją dwa podstawowe sposoby pomiarów z wykorzystaniem systemów GNSS. Pomiar bezwzględny umożliwia wyznaczenie współrzędnych odbiornika w układzie, w którym zdefiniowane są orbity satelitów GPS (WGS 84) odniesione do początku układu (środką ciężkości Ziemi). Zaletą tej metody pomiaru jest wykorzystanie tylko jednego odbiornika oraz szybkość. Wada to mała dokładność – rzędu kilku metrów. Odpowiedzią na zakłócenia sygnału satelitarnego GPS jest metoda pomiaru względnego. Zamiast współrzędnych X , Y , Z odbiornika wyznaczone są różnice ΔX , ΔY , ΔZ pomiędzy punktami pomiarowymi. Metoda ta wymaga użycia co najmniej dwóch odbiorników. Jeden odbiornik ustawiony na punkcie o znanych współrzędnych pełni funkcję stacji referencyjnej, określając pozycję, która podlega ciągłym modyfikacjom. Dzięki określeniu różnicy pomiędzy współrzędnymi rzeczywistymi a określonymi na podstawie sygnału satelitarnego obliczony zostaje wektor błędu, który stanowi dane korekcyjne uwzględniane przez pozostałe odbiorniki. Określenie pozycji jest tym dokładniejsze im odległość od bazy (stacji referencyjnej) jest mniejsza. Jeżeli zawiera się w granicach kilkunastu kilometrów, uzyskać można dokładność centymetrową. Na ostateczny wynik wpływa

szereg błędów między innymi: systemu, ośrodka i propagacji sygnału, stosowanych technologii oraz aparaturowych (związanych z niewłaściwą geometrią konstelacji satelitów). Precyzja wyznaczenia współrzędnych odbiornika zależna jest od rozmieszczenia obiektów, których współrzędne są znane (satelity). Istotne jest, żeby ostrosłupy, których podstawą są satelity, a wierzchołki zbiegają się w mierzonym punkcie, nie miały zbyt ostrych kątów. Satelity powinny być rozłożone po różnych stronach nieboskłonu. Geometryczną konstelację satelitów opisuje współczynnik DOP (*Dilution of Precision*), który dla wyznaczenia współrzędnych trójwymiarowych (3D) określany jest jako PDOP, jego definicją geometryczną jest odwrotność objętości ostrosłupa mającego za podstawę cztery satelity wykorzystywane do określenia położenia wierzchołka (punktu na kuli ziemskiej). Wraz ze wzrostem objętości ostrosłupa PDOP jest mniejsze, a konfiguracja geometrii satelitów korzystniejsza. Warunki pomiaru bardzo dobre to PDOP z zakresu 1–3, dobre 4–5, słabe 6 (poniżej tej wartości pomiar nie jest zalecany).

Techniki pomiarowe

Klasycznym sposobem jest pomiar statyczny polegający na obserwacji minimum czterech satelitów za pomocą dwóch odbiorników zlokalizowanych nad punktami pomiarowymi przez okres około 30 minut. Taką metodę stosuje się do budowy i modernizacji geodezyjnych osnów szczegółowych i pomiarowych z dokładnością horyzontalną 5 mm + 1 ppm.

Odmianą pomiaru statycznego jest *fast static* (statyczny szybki) oferujący dokładność 10 mm + 1 ppm (odległość pomiędzy punktami musi być mniejsza niż 15 km) przy sesji obserwacyjnej 5–10 minut. Jeden odbiornik umieszczony jest w punkcie odniesienia, natomiast pozostałe wykonują pomiary, przemieszczając się na poszczególne miejsca pomiaru.

Pomiary kinematyczne *stop and go* wymagają inicjalizacji pomiarów oraz utworzenia stacji referencyjnej, którą wykonuje się przez ustawienie odbiornika na punkcie o znanych współrzędnych i rejestrację krótkiej sesji obserwacyjnej. Pomiary wykonywane są tym samym odbiornikiem. Czas potrzebny do uzyskania poprawnego wyniku wynosi ok. 10 minut, z dokładnością rzędu 1–2 cm + 1 ppm. W przypadku utraty łączności z satelitami konieczna jest ponowna inicjalizacja pomiaru.

Najnowocześniejszą techniką pomiarów w czasie rzeczywistym jest pomiar kinematyczny bezpośredni (*Real Time Kinematic* – RTK). Inicjalizacja OTF (*On-The-Fly*) umożliwia praktycznie natychmiastowe wyznaczenie położenia odbiornika mobilnego, używając do rozwiązania problemu nieoznaczoności pomiarów

fazowych poprawki pseudoodległości i danych z pomiaru faz L1, L2 przesłanych ze stacji referencyjnej. Dane referencyjne mogą być transmitowane z wykorzystaniem fal krótkich, technologii GSM/GPRS, CSD lub fal z zakresu UKF (ang. VHF). Dokładność metody RTK/OTF określić można na 1–2 cm + 1 ppm.

Wykorzystanie systemów GNSS w trakcie oględzin miejsca zdarzenia

Kryminalistyka zdefiniowała szereg zasad obowiązujących w procesie wykryczym jak również dotyczących samych oględzin. Część tych zasad zastosować można do wyboru metody utrwalenia śladów na miejscu zdarzenia oraz sporządzania szkiców i planów kryminalistycznych z wykorzystaniem technik satelitarnych oraz systemów gromadzących i udostępniających dane przestrzenne. Wszystkie one praktycznie się przenikają. Zgodnie z zasadą ekonomiczności siły i środki powinny ściśle odpowiadać potrzebom wynikającym z rozmiaru zdarzenia. Czynności powinny zostać wykonane sprawnie i szybko, zapewniając obiektywizm. Odpowiedzią na formułowane przez kryminalistykę zasady oględzin jest zastosowanie pomiarów satelitarnych opartych na systemie precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS [3].

Rozwiązanie musi umożliwiać odczyt współrzędnych położenia punktów w czasie rzeczywistym oraz jak najkrótszy czas tego odczytu przy zachowaniu precyzji centymetrowej. Założenia te spełnia metoda pomiarów różnicowych RTK/DGPS.

Serwisem ASG-EUPOS dostarczającym poprawek do obserwacji RTK jest NAWGEO [4]. W trakcie pomiarów różnicowych eliminowane są błędy zegara satelity i odbiornika, orbit satelitów oraz opóźnienia jonosferyczne i troposferyczne. Duży wpływ na dokładność pomiaru ma otoczenie. Zmniejszenie dokładności może powodować sąsiedztwo zwartych kompleksów leśnych, ścian budynków, dużych zbiorników wodnych, linii wysokiego napięcia oraz, o czym już wcześniej wspomniano, odległość od stacji referencyjnej. Jako remedium opracowane zostały poprawki powierzchniowe. W celu wyeliminowania niedogodności związanych między innymi z koniecznością posiadania drugiego odbiornika wyposażonego w modem do transmisji poprawek, który wykonuje serię obserwacji na punkcie o znanych współrzędnych i udostępnia dane odbiornikowi mobilnemu na potrzeby korekcy pomiaru, stacje referencyjne (stacjonarne) połączone zostały w sieć zarządzaną przez centrum obliczeniowe. Gromadzi ono dane z pojedynczych stacji referencyjnych oraz oblicza korekty obserwacyjne. Poprawka obliczona na podstawie obserwacji grupy stacji rozmieszczonych na danym obszarze nosi nazwę poprawki powierzchniowej

(inaczej sieciowej). Poprawki dystrybuowane przez serwis NAWGEO to: MAC (*Master – Auxiliary Concept*), VRS (*Virtual Reference Station*), FKP (*Flächenkorrekturparameter*).

Warunkiem skorzystania z wybranego rodzaju poprawki jest podłączanie się do systemu, a następnie wybór punktu podmontowania (*mountpoint*). Odbiornik terenowy wysyła do centrum obliczeniowego depeszę NMEA GGA (*The National Marine Electronics Association*) z informacją o własnej pozycji, na tej podstawie zostają określone stacje referencyjne, z których będzie korzystał. Tyle danych wystarczy do przesłania użytkownikowi danych korekcyjnych w formacie RTCM (*Radio Technical Commission For Services*), które zapewniają precyzję pomiaru w obszarze 5 km od przesłanej informacji o położeniu.

Poprawka FKP wyznaczana jest w odbiorniku ruchomym na podstawie odebranego z sieci referencyjnej równania powierzchni charakteryzującego zmienność poprawki dla określonego satelity. W miejsce niewiadomych podstawiane są współrzędne przybliżone. Rozwiązaniem równania są dane korekcyjne.

Obliczenie poprawki VRS wymaga danych pochodzących z minimum trzech stacji referencyjnych, które przesyłają wartość poprawek do centrum obliczeniowego, gdzie wyznaczane są korekty pozycji przybliżonej. Oprogramowanie instrumentu pomiarowego na podstawie tych danych koryguje swoje położenie i ponownie wysyła do centrum. Poprawki obliczane są dla pozycji wirtualnej (przybliżonej), natomiast odbiornik mobilny korzysta z nich jak ze stacji referencyjnej. Koncepcja MAC powstała w celu wyeliminowania niedogodności VRS wynikającej z konieczności wyznaczenia stacji wirtualnej.

Korzystając z poprawki MAC, użytkownik za pomocą odbiornika mobilnego odbiera obliczone przez centrum obliczeniowe poprawki z głównej stacji referencyjnej oraz pochodne do poprawek uzyskane na podstawie obserwacji pochodzących z wyznaczonych według depeszy NEMA GGA stacji referencyjnych. Oprogramowanie sprzętu pomiarowego odpowiada za interpolację poprawki do określonej na wstępie przybliżonej pozycji.

Serwis NAWGEO daje możliwość wykonywania pomiarów z najwyższą dokładnością – w poziomie lepsza niż 0,03 m, natomiast w pionie niż 0,05 m. Wymagane jest, żeby użytkownik posiadał odbiornik dwuczęstotliwościowy (L1/L2), co najmniej 50-kanalowy z możliwością odbioru poprawek z wykorzystaniem radio-modemu pracującego w paśmie UKF o mocy 5–10 W (jeżeli zostanie podjęta decyzja, że poprawki będą redystrybuowane w przydzielonym polacji paśmie łączności konwencjonalnej) lub modemu GSM/GPRS (protokół NTRIP). Odczyt informacji z funkcjonujących obecnie

systemów GNSS (GPS + Glonass w przyszłości system Galileo) oraz WAAS/EGNOS, obsługa poprawek powierzchniowych (RTCM wersja 3.x, RTCM wersja 2.3 + VRS, RTCM wersja 2.3 + FKP) i DGPS (RTCM wersja 2.3). Odłączna antena zewnętrzna, montowana na tyczce pomiarowej. Urządzenie sterujące (rejestrator), system operacyjny Windows CE z kolorowym ekranem dotykowym VGA, odczyt i zapis na kartach SD, pamięć RAM/ROM 128 MB/1 GB oraz oprogramowanie służące do pomiaru i rejestracji wyników (tyczenie, linia referencyjna, kalibracja, definiowanie układów współrzędnych, import/eksport pomiędzy różnymi formatami). Komunikacja pomiędzy rejestratorem a anteną oraz innymi urządzeniami za pośrednictwem portów USB i Bluetooth (co najmniej dwa porty szeregowo SPP). Temperatura pracy od -30°C do $+65^{\circ}\text{C}$, czas pracy na zasilaniu bateryjnym nie mniej niż 12 godzin. Czas inicjalizacji ok. 15 sekund z poprawnością wyższą niż 99,9%. Dokładności wyznaczania pozycji w trybie kinematycznym/statycznym/DGPS nie gorsza niż wynikająca z samych metod pomiarowych.

Podczas oględzin miejsca zdarzenia i zabezpieczania śladów mogą zaistnieć warunki, które uniemożliwią bezpośredni pomiar instrumentem GNSS. W takiej sytuacji wykorzystać można metodę wcięć liniowych oraz dalmierz laserowy (bezlustrowy), który komunikuje się z rejestratorem GPS wykorzystywanym do pomiaru. Z punktu o znanych współrzędnych na podstawie odległości i azymutu istnieje możliwość obliczenia współrzędnych ujawnionego śladu. Pomiar odległości z precyzją ± 5 mm, kompas/inklinometr $\pm 2^{\circ}$. Zestawienie wyposażenia (bez producenta sprzętu) zawiera tabela.

Prace przygotowawcze do oględzin z wykorzystaniem systemów GNSS powinny obejmować zapewnienie dostępu do najaktualniejszych i najbardziej dokładnych danych kartograficznych, najlepiej w postaci cyfrowej (wektorowej lub rastrowej), które będą tłem dla ujawnianych śladów. W technice kryminalistycznej nanoszenie sytuacji zastanej na miejscu zdarzenia na mapy jest stosowane od dawna [5, s. 30–31]. Dystrybucja danych przestrzennych może odbywać się przez zainstalowanie w pamięci wewnętrznej rejestratora lub z wykorzystaniem serwisów sieciowych funkcjonujących w sieci intranetowej policji lub udostępnianych przez instytucje i urzędy państwowe, jak np. Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

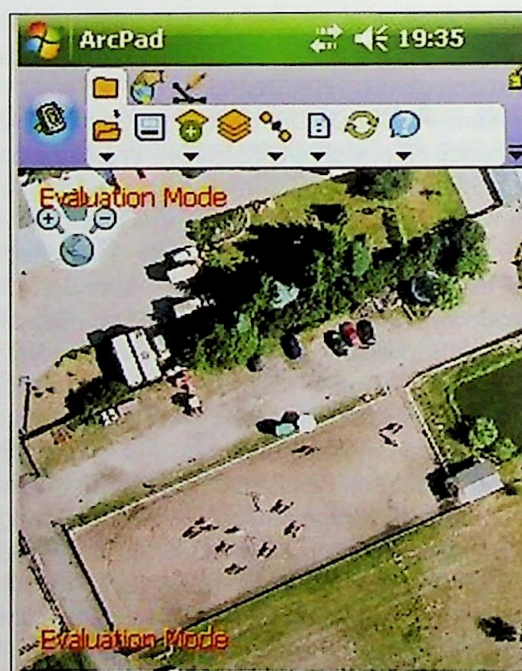
Rozpoczynając pomiar miejsca zdarzenia (rozumiany jako element oględzin), wskazane jest sprawdzenie poprawności działania wykorzystywanego sprzętu przez ustawienie odbiornika na punkcie o znanych współrzędnych. Pochodzić on może z ortofotomapy (odczyt współrzędnych punktu możliwego do identyfikacji w terenie), państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (może to stanowić problem wynika-

Tabela

Zestawienie wyposażenia do pomiaru sytuacji na miejscu zdarzenia oraz opracowania wyników
Equipment for measuring situation on crime scene and analysis of the results

Lp.	Nazwa urządzenia	Liczba [szt.]
1	Odbiornik dwuczęstotliwościowy (L1/L2) wyposażony w modem GSM/GPRS	2
2	Antena GPS	2
3	Tyczka pomiarowa (do montażu anteny)	1
4	Statyw o regulowanej wysokości (do montażu anteny)	1
5	Rejestrator wraz z oprogramowaniem do wykonywania pomiaru	1
6	Dalmierz laserowy (bezlustrowy)	1
7	Oprogramowanie do prac kameralnych umożliwiające sporządzanie szkiców	1
8	Drukarka kolorowa (najlepiej wieloformatowa A0+)	1

źródło: opracowanie własne



Ryc. 1. Widok okna aplikacji ArcPad służącej do pomiarów GNSS (dane podkładowe, ortofotomapa Warszawy z czerwca 2008 r.)

źródło (ryc. 1–3): autor

Fig. 1. View of the ArcPad application window, used for GNSS measurements (base data, orthophotomap of Warsaw of July 2008)

jący z potrzeby zapewnienia szybkości działania i dostępności zasobu dla policji). Średnia dokładność wyznaczenia punktu kontrolnego z wykorzystaniem ortofotomapy Warszawy wynosi 3 piksele, tj. 0,3 m [6]. Możliwe jest również porównanie odczytów pochodzących z dwóch instrumentów. Różnice nie powinny przekraczać założonej dokładności pozyskiwania danych (w przypadku wykorzystania drugiego odbiornika zapewniającego wyznaczenie pozycji z taką samą dokładnością), co wynika z przyjętej metody lub wyznaczenia punktu kontrolnego.

Zalecane jest, żeby oprogramowanie rejestratora umożliwiała wizualizację podstawowych parametrów mających wpływ na jakość pomiaru: liczba satelitów, tryb pracy (autonomiczne, DGNSS, float, fixed), współczynnik PDOP (nie większy niż 5), średni błąd współrzędnych wyznaczonego punktu oraz aktualne położenie odbiornika na tle danych referencyjnych – przykładowe okno aplikacji pomiarowej przedstawia rycina 1.

Antena w trakcie pomiaru powinna być umieszczona centrycznie i poziomo nad mierzonym punktem. W przypadku umieszczenia anteny na tyczce pomiarowej lub statywie wysokość jej posadowienia należy zmierzyć przed rozpoczęciem i po zakończeniu pomiarów.

Czynność określania współrzędnych powinna być wykonywana jako ostatnia, ponieważ nie może zniekształcić ujawnionego śladu przed jego opisaniem i sfotografowaniem. Położenie śladu, który zostanie zabrany z miejsca zdarzenia, mierzy się, ustawiając antenę w miejscu, w którym się znajdował przed zebraniem. Wykorzystanie istniejących danych mapowych jako tła pomiaru oraz wykonanego w pracach kameralnych szkicu/mapy powoduje, że nie trzeba dokonywać pomiaru wszystkich elementów otoczenia. W takiej sytuacji można ograniczyć się do zlokalizowania brakujących lub modyfikacji przebiegu i położenia elementów, które są wzajemnie niezgodne (różnica pomiędzy materiałem podkładowym a sytuacją rzeczywistą). Bark danych referencyjnych wymaga wykonania pomiaru wszystkich elementów otoczenia, które mają znaczenie dla sprawy i zostaną umieszczone na szkicu/mapie lub planie właściwym. Wzajemne relacje obiektów oraz otoczenia będą wynikały ze sporządzonego kameralnie materiału kartograficznego w pełni kartometrycznego, również możliwa jest prezentacja z wykorzystaniem wymiarowania. Oprogramowanie rejestratora umożliwia reprezentację obiektów z użyciem następujących typów geometrycznych:

- zerowymiarowe (typ geometryczny: punkt) – współrzędne x , y (dodatkowa współrzędna z opisująca położenie w przestrzeni trójwymiarowej oraz ewentualnie parametr m reprezentujący czas lub inną cechę) – $\rightarrow x, y, z, m$,

- jednowymiarowe (typ geometryczny: linia, polilinia) – seria uporządkowanych par współrzędnych,
- dwuwymiarowe (typ geometryczny: poligon, wielobok) – posiadają powierzchnię.

W trakcie pomiaru należy unikać zakryć horyzontu wynikających z warunków otoczenia (budynki, drzewa, tereny zalesione) oraz innych czynników mogących mieć wpływ na jakość pomiaru (wymienione były wcześniej). W takich przypadkach stosować należy domiary z wykorzystaniem dalmierza laserowego, ustawiając krzyż celowniczy w środku ujawnionego śladu lub przy znacznych rozmiarach, wskazując zarys czy punkty charakterystyczne (załamania linii, obrys powierzchni). Sposób ten podobny jest do pomiarów wykonywanych ze stałych punktów odniesienia czy stałych prostych odniesienia. Praktyka kryminalistyczna określiła szereg metod opisywania położenia ujawnionego śladu [7, s. 106–110], na potrzeby pomiarów technikami GNSS można przyjąć następujące założenia:

- w przypadku śladu, którego powierzchnię można określić (np. palmy, duże przedmioty), a długości boków są większe od dokładności pomiaru, należy określić lokalizację przez ustalenie współrzędnych punktów załamania stanowiących obrys (wykonując większą liczbę pomiarów w przypadku skomplikowanego przebiegu, np. łuki, żeby uzyskany kształt był jak najwierniej oddany);
- w przypadku śladu, dla którego ustalenie powierzchni nie ma znaczenia, natomiast istotny jest przebieg i rozciągłość (np. droga dojścia czy odejścia sprawcy), przy spełnieniu warunku, że długość jest większa od dokładności pomiaru, lokalizację określamy analogicznie jak w przypadku obrysu śladów powierzchniowych;
- wynikiem określenia lokalizacji pozostałych śladów będzie punkt stanowiący środek ciężkości.

Pomiary różnicowe w czasie rzeczywistym (RTK) oraz serwis NAWGEO dzięki dokładności, którą oferują, wykorzystywane są w geodezji. W przypadku, gdy praktyka wykorzystania systemów GNSS w kryminalistyce udowodni, że dokładność kilkucentymetrowa nie jest wymagana, a wyznaczenie pozycji metodami autonomicznymi nie dość precyzyjne, można rozważyć możliwość zastosowania pomiarów DGPS i serwisu ASG-EUPOS, KODGIS [4]. Metoda ta polega na kodowych pomiarach satelitarnych z wykorzystaniem odbiorników jednoczesnościowych (L1) i danych korekcyjnych docierających z najbliższej stacji referencyjnej (w wersji rozszerzonej jako średnia ważona poprawek z kilku stacji). Obniży to znacząco koszty zakupu instrumentów pomiarowych oraz ułatwi wykonywanie pomiarów z dokładnością na poziomie 0,25 m.

Sposób wykonywania pomiarów na miejscu zdarzenia nie różni się od opisanego wcześniej pomiaru RTK i serwisu NAWGEO.

Zabezpieczenie procesowe danych o położeniu

Opis lokalizacji śladu w protokole oględzin, nie jest niczym nowym. Stosując satelitarne techniki pomiaru, opis słowny zawierający charakterystykę i definicję relacji z otoczeniem zostaje uzupełniony położeniem bezwzględny, charakteryzowanym współrzędnymi B , L , H (szerokość i długość geograficzna, wysokość) oraz dokładnością ich wyznaczenia, zdefiniowaną jako średni błąd wyznaczenia. W przypadku użycia dalmierza laserowego można podać dodatkowe parametry jak azymut i odległość. Współrzędne punktów określone z wykorzystaniem RTK, wyznaczane są w geodezyjnym układzie odniesienia.

Parametry pomiaru oraz wykorzystanego sprzętu muszą być zawarte w specjalnie opracowanym raptularzu terenowym (stanowiącym załącznik do protokołu oględzin), który oprócz szkicu roboczego miejsca zdarzenia zostanie uzupełniony o numer (L.dz.), dane dotyczące wysokości anteny (w przypadku pomiaru anteną zamocowaną na tyczce), metody pomiaru, typ anteny i instrumentu z podaniem numerów seryjnych oraz datę i czas początku/końca pomiaru czy wykaz śladów wraz z numerami i współrzędnymi.

Pomiary z wykorzystaniem systemów GNSS z powodzeniem znajdują zastosowanie w geodezji i wielu innych branżach. Stosowane metody i rozwiązania techniczne są opisane w wielu publikacjach naukowych, szczegółowo udokumentowane i powszechnie akceptowane. Powstało szereg definiujących sposób wykonania pomiaru wytycznych technicznych, które są swoistym przewodnikiem do tworzenia rozwiązań specjalistycznych. Stosowane rozwiązania doczekały się standaryzacji obejmującej formaty wymiany danych (np. poprawek), stosowane urządzenia i dokładności. Przyrządy analogowe są zastępowane cyfrowymi wykorzystującymi opracowane, udokumentowane i znajdujące zastosowanie w praktyce metody techniki kryminalistycznej.

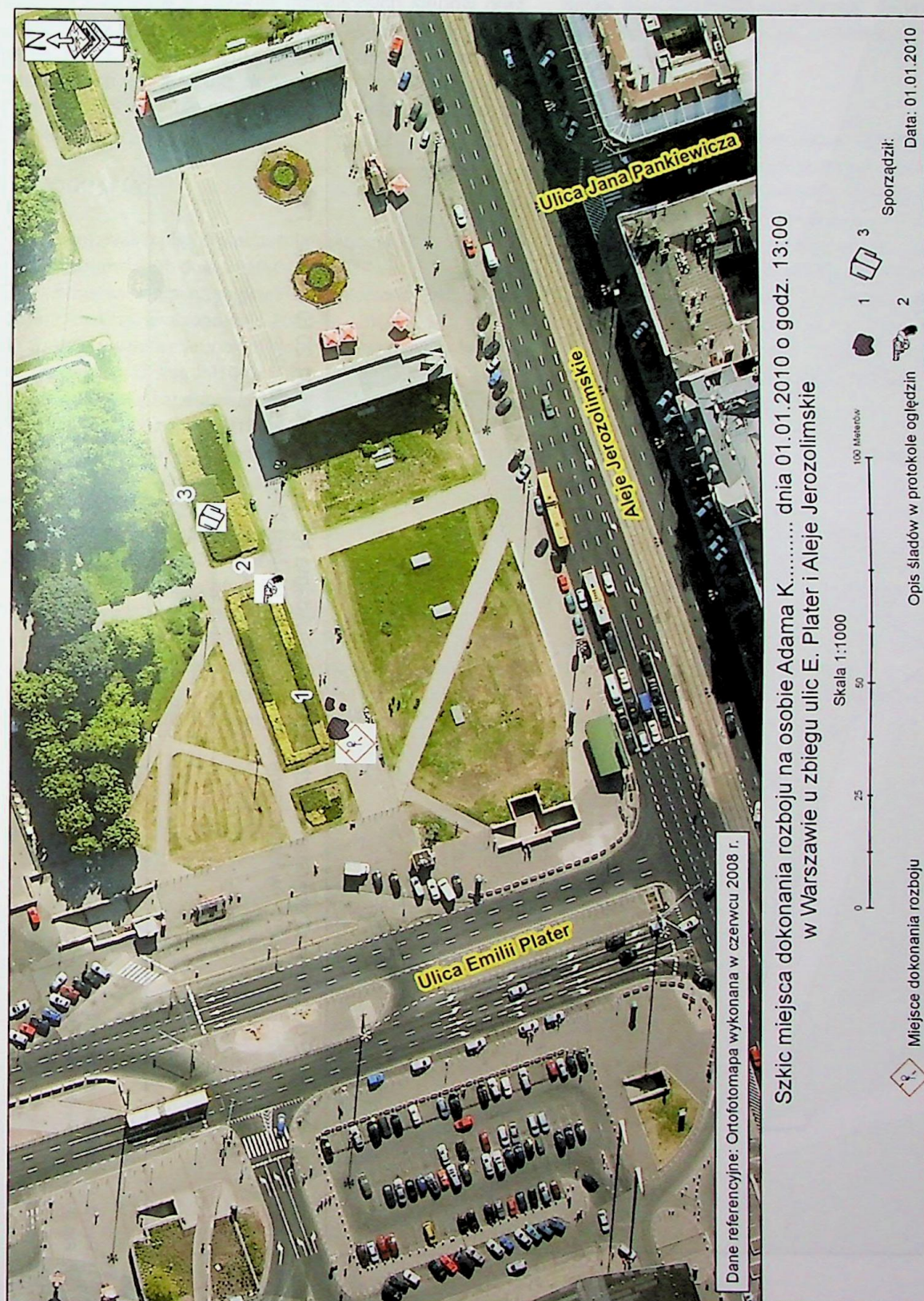
Oprogramowanie GIS (*Geographic Information System*) umożliwia import danych przestrzennych (na podstawie współrzędnych) i sporządzanie na ich podstawie szkiców/map oraz planów wynikowych. Korzystne jest zestawienie pomiaru miejsca zdarzenia (lokalizacji ujawnionych śladów) z innym materiałem kartograficznym pochodzącym z rejestrów państwowych jak np. mapy zasadnicze (skala 1 : 500–5000), Topograficzna Baza Danych (TBD, odpowiadająca poziomowi informacyjnemu map topograficznych w skali 1 : 10 000), inne opracowania kartograficzne, np. orto-

fotomapa. Stanowiąc tło, obrazują otoczenie miejsca zdarzenia. Istotnym parametrem charakteryzującym dane referencyjne jest aktualność, szczególnie widoczna na ortofotomapie (ruch pojazdów, zieleń na szkicach/mapach sporządzanych w zimie). Dane te zapewniają poprawność geometryczną obiektów w prezentacji graficznej elementów przyrody żywej i sytuacji dynamicznej właściwej dla momentu wykonania zdjęć lotniczych lub satelitarnych danego obszaru. Przykład wykonania szkicu na podstawie danych pomiarowych GNSS oraz ortofotomapy przedstawia rycina 2. Brak danych podkładowych trzeba zrekomensować większą ilością pomiarów terenowych. Oprócz rozmieszczenia ujawnionych śladów należy określić położenie szczegółów topograficznych – rycina 3. Podstawowe symbole służące do wykonywania szkiców zawarte zostały w opracowaniu „Zestaw zasadniczych umówionych znaków operacyjnych właściwych dla komórek organizacyjnych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz jednostek organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji” [8, s. 252–275]. Dokument ten zawiera również metodykę tworzenia nowych nieuwzględnionych w tej pozycji znaków [8, s. 7–17].

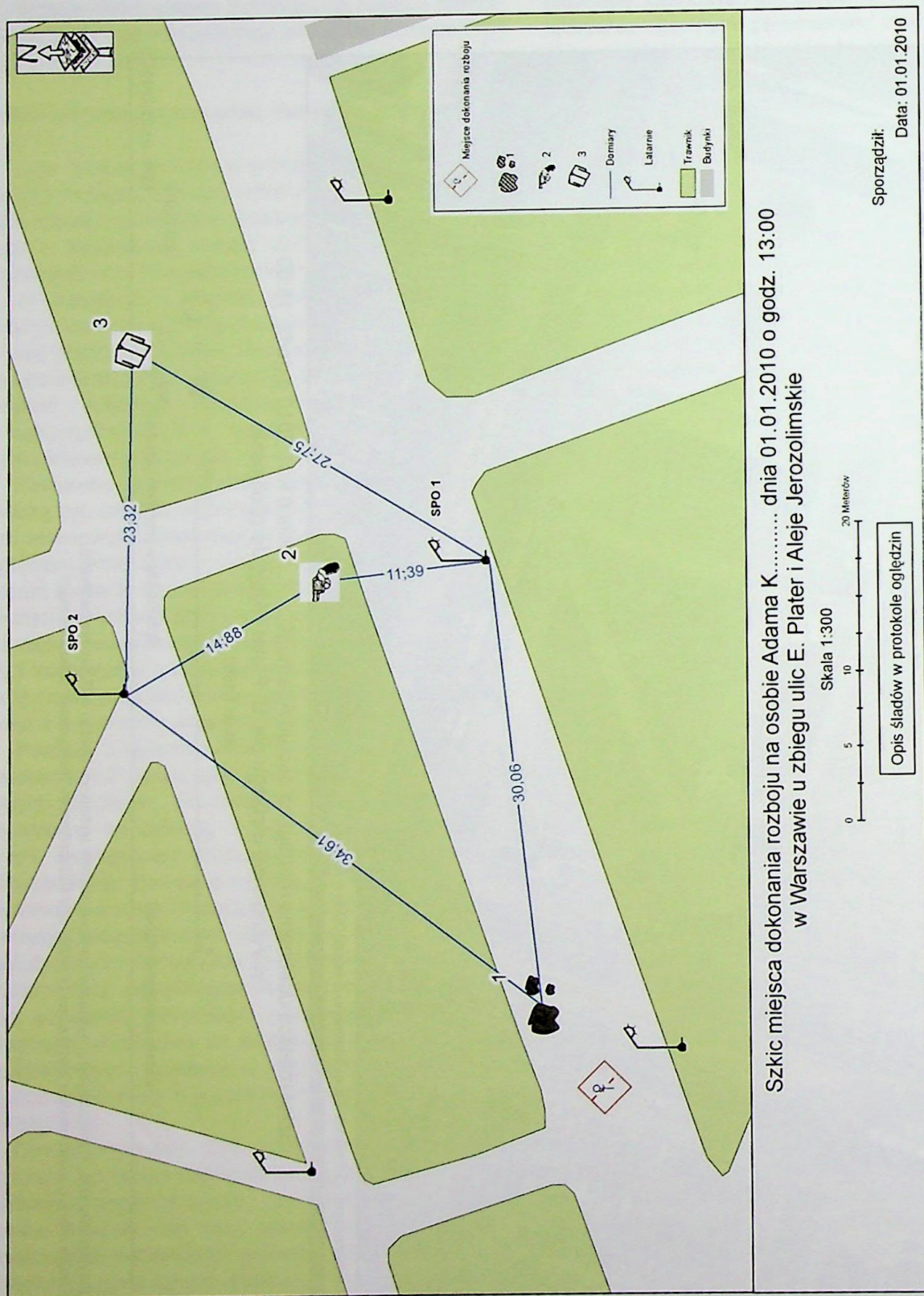
Wnioski

Pomiary satelitarne z powodzeniem stosowane są w czasie oględzin prowadzonych na terenach otwartych. Duża dokładność wyznaczenia pozycji i szybkość wykonania jest ogromną zaletą zwłaszcza w przypadku zdarzeń lub ich skutków obejmujących dużą przestrzeń i wiele szczegółów wymagających określenia położenia. W zestawieniu z danymi kartograficznymi systemy GNSS dostarczają nowej jakości we wnioskowaniu na podstawie śladów i ich rozmieszczenia. Precyzyjne informacje o rozmieszczeniu pojazdów zarejestrowane po zdarzeniu drogowym mogą posłużyć do rekonstrukcji jego przebiegu z wykorzystaniem programów komputerowych. Istotną cechą jest również niezależność od zmienności otoczenia gwarantujące powtarzalność wyników, która jest wymagana przy, np. wizji lokalnej lub eksperymencie procesowym. Dane pozyskane na miejscu zdarzenia z wykorzystaniem systemów GNSS należy postrzegać w szerszym zakresie niż tylko utrwalenie położenia śladu. Jeszcze przed wykonaniem map/szkiców mogą posłużyć do budowy i sprawdzenia pod względem poprawności przestrzennej wersji zdarzenia.

Wadą takiego rozwiązania są dość duże koszty zakupu instrumentów pomiarowych oraz obsługa, która przynajmniej w początkowym okresie wdrażania może sprawiać problemy.



Ryc. 2. Przykładowy szkic kryminalistyczny wykonany z wykorzystaniem technologii GNSS i GIS (ilo: ortofotomapa)
Fig. 2. Sample forensic sketch drafted with the use of GNSS and GIS techniques (background: orthophotomap)



Ryc. 3. Przykładowy szkic kryminalistyczny wykonany z wykorzystaniem technologii GNSS i GIS
Fig. 3. Sample forensic sketch drafted with the use of GNSS and GIS techniques

Wybór konkretnej metody pomiaru musi zostać poprzedzony analizą dokładności stosowanych obecnie metod określania położenia ujawnionych śladów oraz testami różnych konfiguracji sprzętowych. Wynikiem finalnym powinno być opracowanie instrukcji i wytycznych, które sprecyzują sposób wykorzystania systemów GNSS na miejscu zdarzenia oraz opracowania wyników.

BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.ptip.org.pl/auto.php?page=Encyclopedia&enc=1> (sprawdzono dnia 2010-04-18).
2. http://www.ngs.noaa.gov/FGCS/info/sans_SA/docs/statement.html (sprawdzono dnia 2010-04-18).
3. http://www.asgeupos.pl/index.php?wpg_type=syst_descr (sprawdzono dnia 2010-04-19).
4. http://www.asgeupos.pl/index.php?wpg_type=serv&sub=gen (sprawdzono dnia 2010-04-19).
5. Kozdrowski S.: Oględziny miejsca zdarzenia, część II, Dokumentowanie przebiegu i wyników oględzin, Wydawnictwo CSP, Legionowo 1991.
6. <http://www.um.warszawa.pl/bgik/index.php?id=136> (sprawdzono dnia 2010-04-18).
7. Technika kryminalistyczna, W. Kędziński [red.], tom 1, Wydawnictwo WSPol, Szczytno 2007.
8. Decyzja nr 13 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 28 stycznia 2008 r. w sprawie wprowadzenia do użytku „Zestawu zasadniczych umówionych znaków operacyjnych właściwych dla komórek organizacyjnych Minister-

stwa Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz jednostek organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji”. Dziennik Urzędowy Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji Nr 5 z dnia 18 kwietnia 2008 r.

Streszczenie

Systemy nawigacyjne stosowane są powszechnie w życiu codziennym i wielu gałęziach przemysłu. Z uwagi na precyzję i szybkość wykonywania pomiarów znalazły szerokie zastosowanie zwłaszcza w geodezji. Artykuł ma przybliżyć problematykę wyznaczania położenia z wykorzystaniem systemów satelitarnych, prezentując charakterystykę, metody pomiaru oraz teoretyczne obszary zastosowania, stanowiąc studium przypadku na temat możliwości wykorzystania w technice kryminalistycznej.

Słowa kluczowe: GPS, GLONASS, GNSS, oględziny, oględziny miejsca zdarzenia, szkic kryminalistyczny.

Summary

Navigation systems are commonly used in our everyday life as well as in numerous industrial branches. The systems are also commonly used in geodesy due to the precision and relatively short time needed to make measurements. The essential aim of the article is to discuss problems of determining position with the use of satellite systems. It presents their characteristics, discusses measuring methods as well as various areas of their application. It serves as a case study on possibilities of their application to forensic sciences.

Keywords: GPS, GLONASS, GNSS, investigation, crime scene investigation, forensic sketch.