

Przydatność kompasu elektronicznego i odometru w nawigacji i monitoringu pojazdów

GPS PLUS DR

Dzięki integracji odbiornika GPS z dodatkowymi sensorami zdecydowanie zwiększa się wydajność całego systemu nawigacyjnego. W typowych układach GPS/INS/DR czujniki są zwykle kalibrowane przy wykorzystaniu dokładnej pozycji GPS. To współdziałanie daje pewność, że po przerwaniu sygnału GPS dokładność pozycjonowania sensorów zostanie utrzymana.

MARCIN URADZIŃSKI

Globalny System Pozycjonowania GPS stanowi obecnie podstawę wszystkich nowoczesnych systemów nawigacyjnych – lotniczych, morskich, samochodowych czy nawet dla turystyki pieszej. W przypadku nawigacji pojazdu przydatny jest szczególnie wówczas, gdy ograniczona jest widoczność lub trasa nie jest dobrze znana. Wystarczy zaprogramować kurs, a system nawigacyjny sam doprowadzi kierowcę do celu, oszczędzając cenny czas. Jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się aplikacji GPS w sferze cywilnej jest system monitoringu pojazdów. Zastosowanie satelitarnych systemów wyznaczania pozycji w transporcie daje możliwość rejestracji trasy przebytej np. przez karetkę pogotowia, cysternę z niebezpiecznymi chemikaliami czy ciężarówkę z elektroniką lub alkoholem. Wiąże się to ze zwiększeniem wydajności, redukcją przestojów i możliwością podniesienia poziomu obsługi klientów.

Niestety, mimo wszystkich udoskonaleń oferowanych przez systemy satelitarnego pozycjonowania (GPS, GLONASS czy EGNOS) często mamy do czynienia z bardzo ważnym i wymagającym szczególnej uwagi problemem, jakim jest brak dostępności sygnału, np. podczas jazdy w silnie zalesionych obszarach, gęstej miejskiej zabudowie czy też w tunelach. Możliwe są również degradacje sygna-



łu powodowane jego odbiciem od pobliskich obiektów. W takiej sytuacji system GPS powinien zostać zintegrowany z innymi czujnikami w celu zachowania ciągłości wyznaczania pozycji, a w przypadku jazdy w tunelu – całkowicie zastąpiony innym systemem, który mógłby wypełnić lukę spowodowaną blokowaniem sygnałów GPS i zapewnić w tym czasie wysoką dokładność informacji o pozycji i kursie.

Jest również oczywiste, że inne systemy nawigacyjne, takie jak system nawigacji inercyjnej INS (Inertial Navigation System) czy system nawigacji zliczeniowej DR (Dead Reckoning), nie są obecnie w stanie osiągnąć (przez dłuższy okres czasu) dokładności podobnych do tych, jakie oferują dostępne na rynku tanie odbiorniki GPS. Integracja systemu GPS i czujników INS/DR wydaje się zatem idealnym, a zarazem

nieuniknionym rozwiązaniem, ponieważ systemy te znakomicie się uzupełniają i zapewniają ciągły dostęp do informacji o pozycji.

● OPRACOWANIE TECHNOLOGII ZINTEGROWANEGO SYSTEMU NAWIGACYJNEGO

W systemach inercjalnych wyznaczanie bieżącej pozycji odbywa się na podstawie znajomości pozycji startowej, prędkości oraz kursu. Metoda nawigacji zliczeniowej DR (zastosowana w przeprowadzonych eksperymentach) jest mniej zaawansowana niż INS i wykorzystuje tańsze urządzenia. Polega ona na wyznaczeniu pozycji poruszającego się obiektu na podstawie drogi przebytej w określonym kierunku od punktu o znanych współrzędnych do aktualnego miejsca. System DR wyznacza pozycję pojazdu na podstawie danych pozyskiwanych z odometru i kompasu elektronicznego, które zawierają wpływ błędów systematycznych (określenia kursu – dla kompasu, wyznaczenia współczynnika skali – dla odometru). Niestety, niedokładność sensorów powoduje kumulowanie się błędów, co przejawia się ogromnym błędem określenia pozycji końcowej, stanowiącym największy problem takich systemów nawigacyjnych.

Czujniki wchodzące w skład zintegrowanego systemu nawigacyjnego powinny spełniać wiele wymagań. Przede wszystkim muszą być tanie, bo tylko takie zostaną wykorzystane na rynku

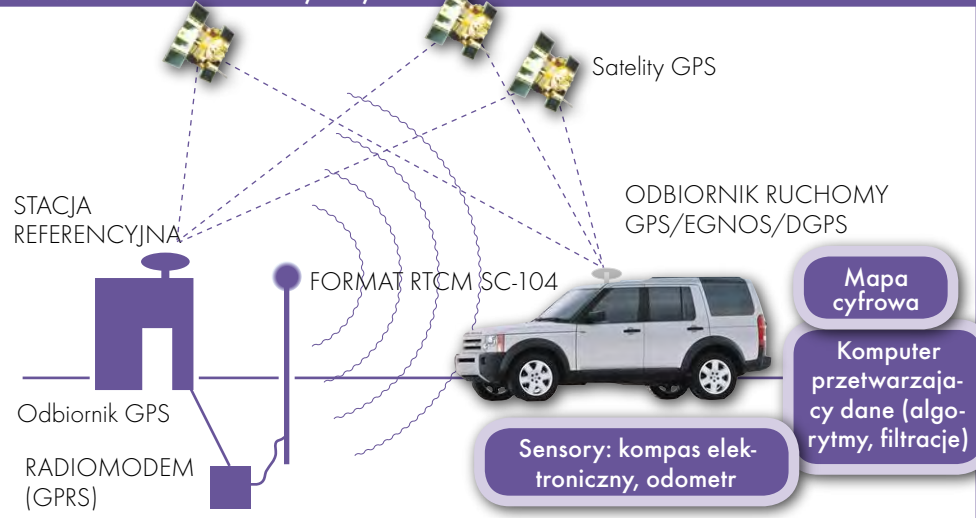
motoryzacyjnym. Muszą być również łatwo dostępne, a ich obsługa nie może być skomplikowana. Mając na uwadze wszystkie te wymagania, postanowiono wykorzystać w eksperymentach: kompas elektroniczny KVH Azimuth 1000 i odometr (przetwornik obrotowo-impulsowy, podłączany do linki prędkościomierza pojazdu). Czujniki w połączeniu z odbiornikiem GPS i komputerem z odpowiednim oprogramowaniem przetwarzającym dane (algorytmy) tworzą kompletny zintegrowany system nawigacyjny.

Dzięki integracji odbiornika GPS z dodatkowymi sensorami zwiększa się zdecydowanie wydajność całego systemu nawigacyjnego. W typowych zintegrowanych układach GPS/INS/DR czujniki są zwykle kalibrowane przy wykorzystaniu dokładnej pozycji GPS. To współdziałanie daje pewność, że po przerwaniu sygnału GPS dokładność pozycjonowania sensorów zostanie utrzymana.

● PRZEPROWADZONE POMIARY EKSPERYMENTALNE

Przeprowadzone testy miały na celu zbadanie dokładności kompasu KVH Azimuth 1000 i odometru pod kątem ich ewentualnego wykorzystania do inte-

RYS. 1. SCHEMAT TYPOWEGO ZINTEGROWANEGO SYSTEMU NAWIGACYJNEGO GPS/INS/DR



gracji z systemem GPS. Aparatura biorąca udział w doświadczeniu to:

1. Odbiorniki GPS Ashtech Z-Xtreme i Ashtech Z-Surveyor rejestrujące surowe dane (DGPS oraz RTK – postprocessing) z interwałem 1-sekundowym.

2. Morski kompas elektroniczny typu *flux-gate* firmy KVH – model Azimuth 1000; urządzenie posiada opcję autokompensacji; wysyła dane o kierunku poruszania się pojazdu w formacie NMEA 0103 z odświeżaniem 10 Hz; gwarantowana przez producenta dokładność $\pm 0,5^\circ$.

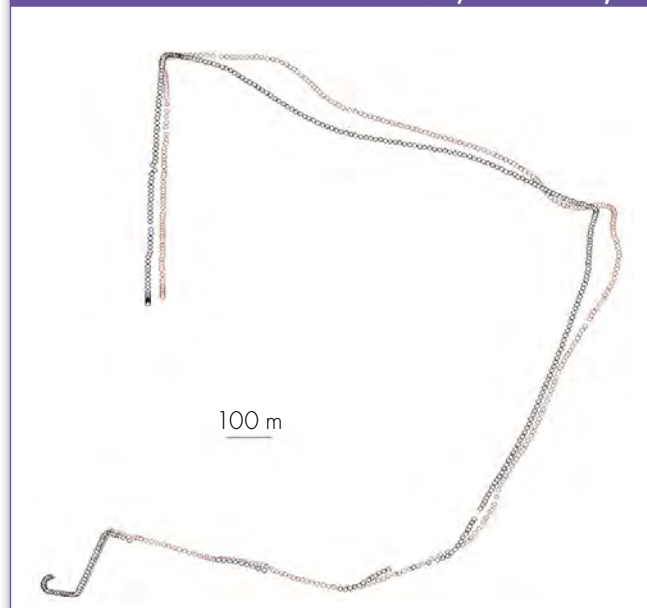
3. Przetwornik obrotowo-impulsowy typu kontaktronowego (odometr), ko-

munikujący się z komputerem za pomocą złącza RS-232; wytwarza 4000 impulsów na kilometr, co daje 0,25 m na 1 impuls.

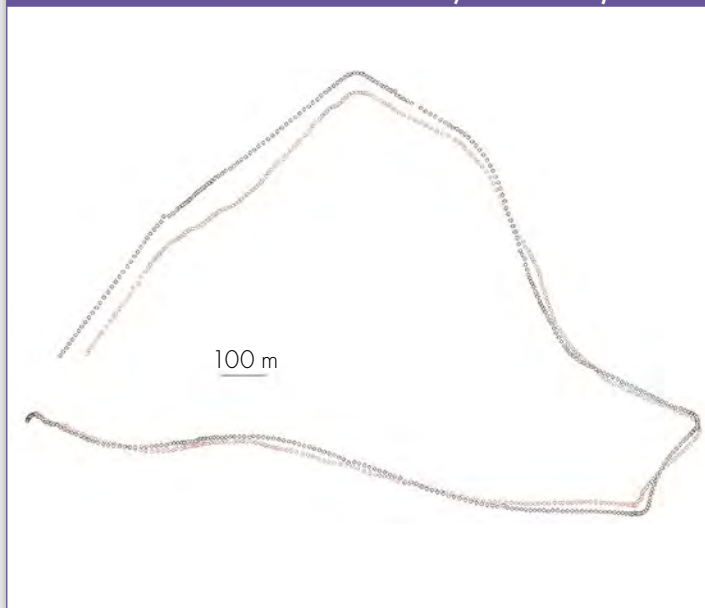
4. Dwa zsynchronizowane ze sobą laptopy rejestrujące dane ze wszystkich urządzeń biorących udział w eksperymencie; do rejestracji wyników wykorzystano własne oprogramowanie.

W pojeździe marki Opel Kadett wyposażonym w analogowy przetwornik prędkości (kompatybilny z testowanym odometrem) zainstalowano, skalibrowano i zsynchronizowano ze sobą: kompas, odometr oraz ruchomy odbiornik GPS. Proces kalibracji oraz

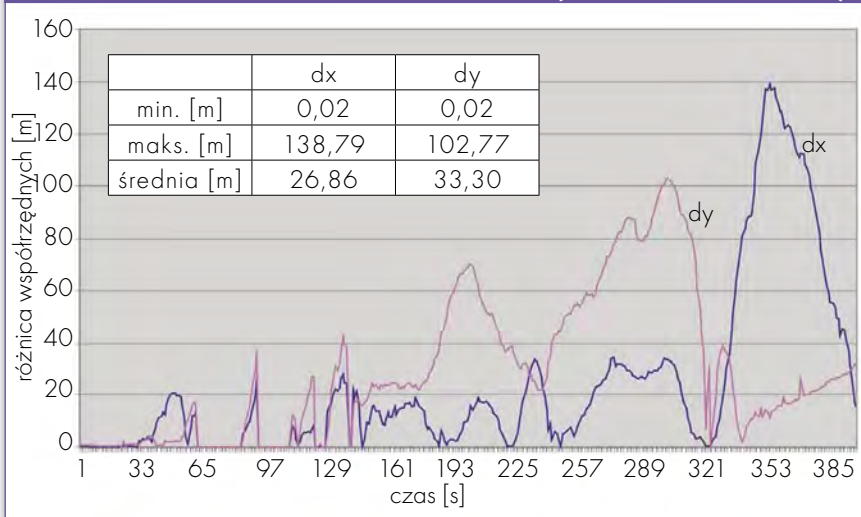
RYS. 2. GRAFICZNA PREZENTACJA PRZEBIEGU PIERWSZEGO TESTU (POMIAR GPS/DGPS POSTPROCESSING + KOMPAS KVH/ODOMETR)



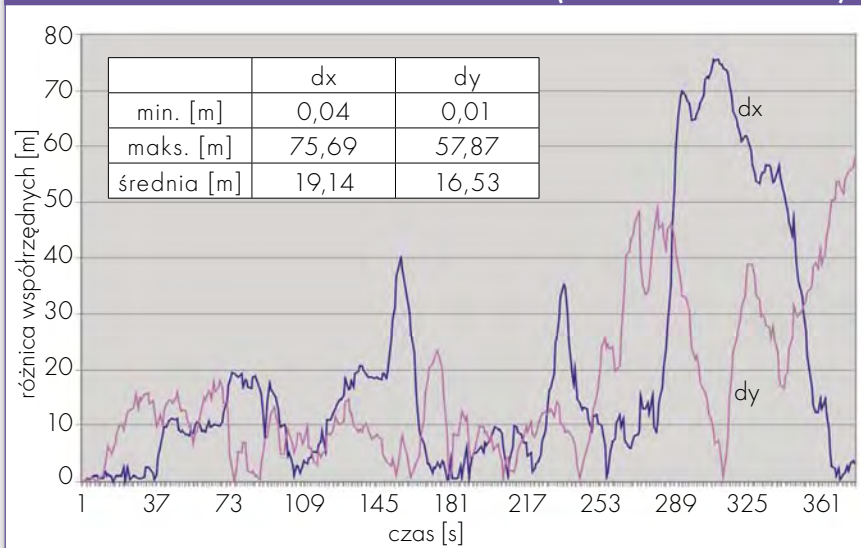
RYS. 3. GRAFICZNA PREZENTACJA PRZEBIEGU DRUGIEGO TESTU (POMIAR GPS/RTK POSTPROCESSING + KOMPAS KVH/ODOMETR)



WYKRES 1. TEST 1 – RÓŻNICE WSPÓŁRZĘDNYCH MIĘDZY ŚREDNIĄ Z DWÓCH STACJI REFERENCYJNYCH (UW I BL 22A – POSTPROCESSING DGPS) A POMIAREM UZYSKANYM Z CZUJNIKÓW (KOMPAS + ODOMETR)



WYKRES 2. TEST 2 – RÓŻNICE WSPÓŁRZĘDNYCH MIĘDZY ŚREDNIĄ Z DWÓCH STACJI REFERENCYJNYCH (UW I BL 22A) – POSTPROCESSING RTK) A POMIAREM UZYSKANYM Z CZUJNIKÓW (KOMPAS + ODOMETR)



rejestrację wszystkich danych otrzymywanych podczas eksperymentów zdecydowanie ułatwiło wykorzystanie własnego oprogramowania.

Z kolei za pomocą oprogramowania Mission Planning firmy Ashtech wybrano taką porę dnia, by uzyskać jak największą widoczność satelitów (7 satelitów – test 1 i 8 satelitów – test 2).

Na terenie Olsztyna wykonano dwa 6-minutowe testy wspomnianej aparatury. Pierwszy przeprowadzono na trasie o długości 3910 metrów zawierającej sporą liczbę zakrętów i urozmaiconej pod względem pofałdowania

terenu. Pozwoliło to na zaobserwowanie szybkości i poprawności wskazań kompasu elektronicznego w takich warunkach.

Drugi test przeprowadzono w godzinach szczytu na ruchliwych ulicach. Wybór tego miejsca miał na celu zaobserwowanie wpływu zewnętrznych anomalii magnetycznych (przejeżdżające pojazdy itp.) na wskazania kompasu. W czasie testu przejechano 4260 metrów.

W doświadczeniach wykorzystano również odbiorniki firmy Ashtech Z-Surveyor umieszczone na stacjach re-

ferencyjnych: na jednym z budynków Wydziału Geodezji UWM oraz na dachu budynku Urzędu Wojewódzkiego w Olsztynie. Wszystkie wymienione odbiorniki rejestrowały (z interwałem 1-sekundowym) surowe dane, które zostały opracowane w postprocessingu. Pozycje DGPS obliczono przy użyciu programu PPDIFF wchodzącego w skład pakietu GPPS firmy Ashtech. Pozycje RTK obliczono z wykorzystaniem programu Ashtech Office Suite. W teście 1 (tryb DGPS) uzyskano dokładność wyznaczenia pozycji 1,5-2 m, a w teście 2 (tryb RTK) – dokładność 2-3 cm. Współrzędne obliczone na podstawie danych ze stacji referencyjnych posłużyły do interpretacji dokładności zainstalowanych w pojeździe sensorów.

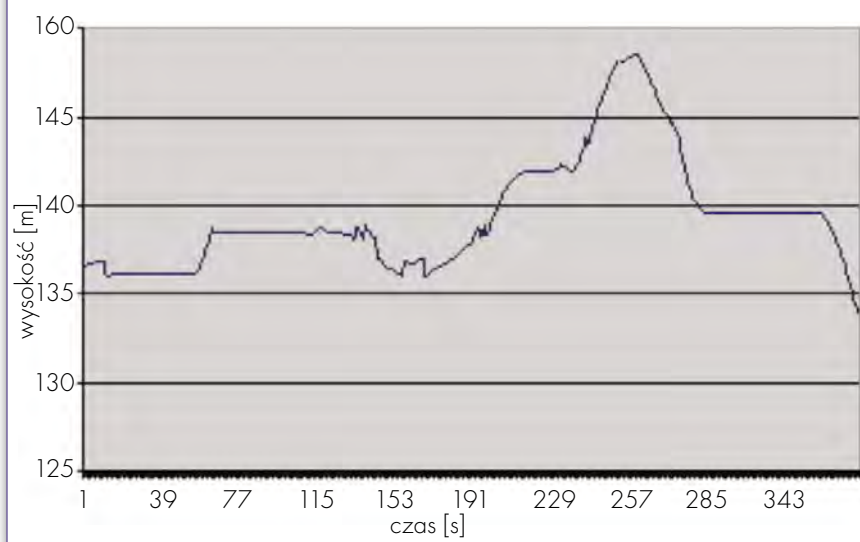
Do wyznaczenia pozycji przez zestaw kompas + odometr wykorzystano metodę nawigacji zliczeniowej. Ze względu na występowanie na trasie testu 2 znacznych różnic wysokości przeprowadzono redukcję odległości (odometr) do poziomu. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wyniki obu eksperymentów.

W obu przypadkach kolorem czarnym zaznaczono przebieg tras wyznaczonych z pozycji odbiornika GPS (test 1 – średnia pozycja z 2 stacji postprocessing DGPS, test 2 – średnia pozycja z 2 stacji postprocessing RTK). Kolorem czerwonym zaznaczono pozycję obliczoną z danych pochodzących z zainstalowanych czujników. W przypadku pierwszego testu przerwy występujące na mapie oznaczają brak pozycji GPS spowodowanej chwilowymi zasłonami.

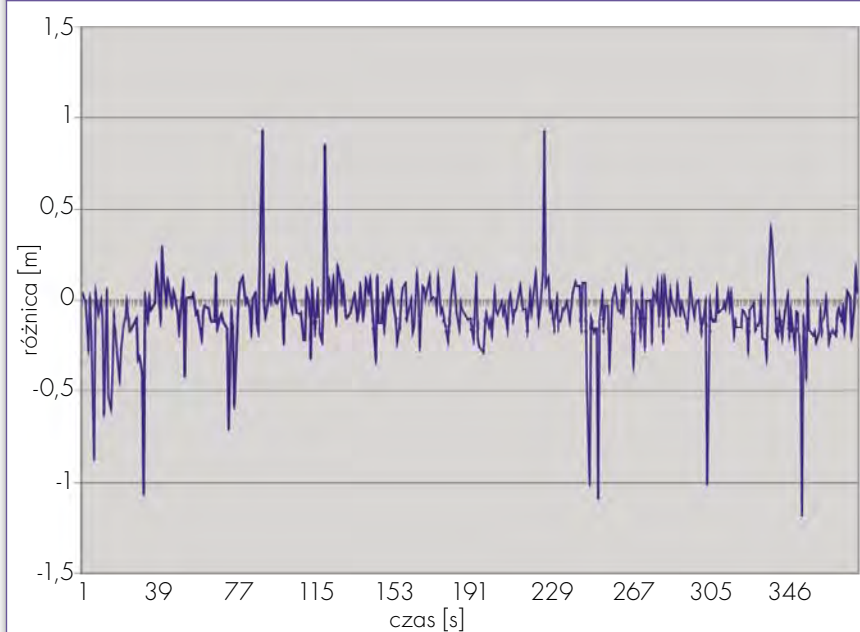
Wykresy 1 i 2 przedstawiają wyniki (różnice współrzędnych) z przeprowadzonych eksperymentów. Na wykresie 3 przedstawiono profil terenu na trasie testu 2, a na wykresie 4 – różnice poszczególnych odcinków drogi (co 1 s) GPS RTK – odometr z redukcją. Według systemu GPS RTK łącznie przejechano 4260,69 metrów, natomiast według odometru 4288,30 metrów, co stanowi różnicę 27,56 m.

Jak można łatwo zauważyć z powyższych doświadczeń, na dokładność wyznaczenia końcowej pozycji wpływ mają kumulujące się w czasie błędy wyznaczenia kierunku. Z kompasem elektronicznym związane są problemy powodowane zaburzeniami pola magnetycznego Ziemi i zewnętrznymi polami magnetycznymi. W badaniach własnych użyty kompas został precy-

WYKRES 3. PRZEKRÓJ WYSOKOŚCI (TEST 2)



WYKRES 4. RÓŻNICE POSZCZEGÓLNYCH ODCINKÓW DROGI GPS RTK – ODOMETR Z REDUKCJĄ (TEST 2)



zyjnie skalibrowany, co w znacznym stopniu wyeliminowało wpływ pola magnetycznego samego pojazdu.

• DODATKOWE CZUJNIKI EFEKTYWNIENIE WSPIERAJĄ GPS

Przeprowadzone w badaniach własnych analizy i eksperymenty miały na celu ocenę przydatności ogólnodostępnych czujników do integracji z systemem GPS w nawigacji i monitoringu pojazdów. Pozwoliły one na dość obiektywną ocenę poszczególnych urządzeń i sformułowanie wniosków:

1. Obecne systemy satelitarne wyznaczania pozycji, niestety, nie spraw-

dzają się we wszystkich warunkach, dlatego istnieje potrzeba zastosowania systemów alternatywnych. Muszą być one jednak zintegrowane z innymi urządzeniami, w celu zachowania ciągłości pozycjonowania pojazdu.

2. Odbiorniki GPS są obecnie bardzo tanie i powszechnie dostępne. Są również wygodne we współpracy z innymi dodatkowymi urządzeniami. Niestety, tanie odbiorniki rejestrują tylko pseudoodległości i mają często bardzo długi czas inicjalizacji, wynoszący nawet 3 do 4 minut, co jest nieakceptowalne w przypadku pojazdów służb ratowniczych.

3. Wykorzystanie nawigacji zliczeniowej i inercjalnej może, bez dodatkowych kosztów, w znacznym stopniu uzupełnić lukę spowodowaną blokowaniem sygnału satelitarnego.

4. Eksperymenty przeprowadzone z wykorzystaniem przetwornika obrotowo-impulsowego wykazały dużą przydatność tego urządzenia w zintegrowanym systemie nawigacyjnym; czujnik ten wykazał się poprawną dokładnością danych dotyczących dystansu pokonywanego przez pojazd.

5. Odometr w połączeniu z kompasem elektronicznym może być bardzo tanim i ciekawym rozwiązaniem we wspomaganie systemu GPS. Są to urządzenia proste w instalacji i obsłudze, a zarazem funkcjonalne. Niestety, w celu zapewnienia wymagań dotyczących dokładności określenia pozycji w nawigacji pojazdów (tzn. ok. 10-20 m) wymienione czujniki spełniają te wymagania tylko w początkowej fazie swojej pracy, tzn. przez pierwsze dwie minuty. Tak skompletowany system mógłby natomiast znaleźć praktyczne zastosowanie do monitorowania floty pojazdów, gdzie wymagana dokładność mieści się w granicach 100 metrów.

6. Z nawigacją inercjalną (zliczeniową) związane są wpływy kumulujących się w czasie błędów. W celu zwiększenia dokładności należałoby się zastanowić nad zastosowaniem alternatywnych rozwiązań, takich jak np. uaktualnianie pozycji zliczonej przez pozycję pochodzącą z systemu GPS, zastosowanie filtracji Kalmana w celu eliminacji błędów sensorów czy też wykorzystanie algorytmów *map-matching*.

DR MARCIN URADZIŃSKI

jest pracownikiem Katedry Geodezji Szczegółowej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

LITERATURA

- Andrews A.P., Grewal M.S., Weill L.R.: Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. A John Wiley & Sons, Inc. Publication 2001.
- Caruso M. J., Withanawasam L., S., (1999), Vehicle Detection and Compass Applications using AMR Magnetic Sensors. Honeywell SSEC, Sensors Expo Proceedings, May
- Denne W., (1998), Magnetic Compass Deviation and Correction. Glasgow: Scotland: Brown, Son & Ferguson, Ltd., 1998
- El-Sheimy N., (2000), Integrated Systems and their Impact on the Future of Positioning, Navigation, and Mapping Applications. Quo Vadis - International Conference. FIG Working Week, 2000, 21-26 May, Prague
- Langley R. B., (2003), The Magnetic Compass and GPS. GPS World, October 2003
- Nebot, E., and Durrant-Whyte, H., "Initial Calibration and Alignment of Low-Cost Inertial Navigation for Land Vehicle Applications," Journal of Robotic Systems, Vol. 16, No. 2, February, 1999.