

## RESEARCH OF POSITIONING PRECISION BY THE SELECTED GPS RECEIVER IN STATIC AND DYNAMIC CONDITIONS

### Summary

Global positioning system (GPS) involves a great notice in agriculture, opening the road to realisation of the precision agriculture. There is a great need to know all the possibilities and boundaries of the systems offered on the market. In this article the short overview of the results of field tests of some commonly applied in agriculture GPS receivers is described, as well as the own research results of stationary and dynamic tests of the selected receiver, which taking into account its good technical parameters and low price has the chance to be widely applied in Polish agriculture.

## BADANIA DOKŁADNOŚCI POMIARU POZYCJI WYZNACZANEJ ZA POMOCĄ WYBRANEGO ODBIORNIKA GPS W WARUNKACH STATYCZNYCH I DYNAMICZNYCH

### Streszczenie

Globalny system pozycjonowania (GPS) wzbudza znaczne zainteresowanie rolnictwa, otwierając drogę do realizacji zasad tzw. rolnictwa precyzyjnego. Potrzebna jest zatem dobra znajomość możliwości i ograniczeń odbiorników GPS oferowanych przez wielu producentów. W artykule omówiono wyniki badań publikowane w literaturze, dotyczące kilku stosowanych w rolnictwie odbiorników GPS, oraz wyniki badań własnych wybranego odbiornika, który ze względu na stosunkowo dobre parametry techniczne i niską cenę ma szansę znaleźć szersze zastosowanie w polskim rolnictwie. Określono dokładność pomiaru pozycji geograficznej maszyny tym odbiornikiem w warunkach statycznych i dynamicznych, oraz ewentualne zakresy jego zastosowania.

### Wprowadzenie

Globalny System Pozycjonowania GPS umożliwia bardzo precyzyjne wyznaczenie pozycji obiektów na całej powierzchni kuli ziemskiej oraz w jej bliskim otoczeniu. Od czasu udostępnienia systemu dla zastosowań cywilnych obserwuje się gwałtowny wzrost liczby jego użytkowników oraz sposobów jego wykorzystania. W rolnictwie GPS stał się jedną z podstaw rozwoju tzw. technologii precyzyjnych (PA).

W GPS położenie obiektu wyznacza się na podstawie określenia odległości pomiędzy emitującymi sygnały satelitami a anteną odbiornika. Odległość tę otrzymuje się poprzez pomiar czasu przebiegu sygnału na drodze satelita-odbiornik i następnie pomnożenie zmierzonego odcinka czasu przez prędkość rozchodzenia się fal radiowych, czyli prędkość światła.

Ważną, o ile nie najważniejszą, z punktu widzenia użytkownika właściwością układów pomiarowych jest dokładność wskazywanej przez nie pozycji oraz niezawodność ich działania. Cechy te stanowią często kryterium klasyfikacji odbiorników GPS, mają znaczny wpływ na ich wartość rynkową oraz decydują o aplikacjach, w których dany odbiornik może znaleźć zastosowanie. Na dokładność wyznaczonej przez odbiornik GPS pozycji ma wpływ wiele czynników. Weltzien i współpracownicy podają, że wśród czynników mających kluczowy wpływ na osiągnięte wskazań odbiornika GPS do najważniejszych należą [4]:

- aktualna konstelacja satelitów;
- błąd jonosferyczny i troposferyczny;
- zjawisko wielotorowości i interferencji sygnału;

- jakość komponentów GPS (rodzaj odbiornika, źródło korekcji sygnału);
- algorytm filtrowania sygnału.

Aby wskazania odbiornika GPS były jak najbardziej zgodne z rzeczywistością jego pozycją, należy w miejscu pomiaru zapewnić dobrą widoczność sfery niebieskiej. W przeciwnym razie antena odbiornika, oprócz sygnałów napływających najkrótszą drogą od satelitów, będzie odbierać również fale odbite od innych obiektów takich jak: budynki, konstrukcje metalowe i żelbetowe, drzewa oraz nawet glebę. Powstała przez to dłuższa droga sygnału w stosunku do sygnałów docierających bezpośrednio powoduje błędy pomiaru czasu i pozycji. Zjawisko to jest nazywane błędem wielotorowości sygnału (ang. multipath error).

Wzajemne rozmieszczenie satelitów ma wpływ na wielkość błędu rozmycia pozycji tzw. DOP (Dilution of Precision). Wyznaczane przez GPS położenie obiektu znajduje się w miejscu wzajemnego przecięcia się sfer (powierzchni pozycyjnych) o promieniach równych odległościom odbiornika od satelitów. Odległości te są mierzone z pewnym błędem, który powoduje „rozmycie” sfer, wskutek czego powstaje błąd wyznaczonej pozycji. Jego wielkość zależy od sposobu przecięcia się „rozmytych” sfer, czyli od rozmieszczenia względem siebie satelitów.

Do głównych źródeł niedokładności wskazań GPS należą również błędy jonosferyczny i troposferyczny. Wynikają one bezpośrednio z faktu przechodzenia przez obie te sfery sygnałów emitowanych przez satelity.

Chwilowy stan jonosfery wpływa na czas przejścia sygnału radiowego (opóźnienie) i w konsekwencji błędną informację o odległości dzielącej odbiornik od satelitów.

Problemami oceny dokładności i niezawodności działania systemu GPS oraz poszczególnych odbiorników interesuje się wielu badaczy. Z analizy dostępnej literatury dotyczącej tego zagadnienia wynika, że należy wyróżnić dwa zasadnicze rodzaje badanej dokładności:

- stacjonarną – gdy testowany odbiornik nie zmienia podczas badań swego położenia;
- dynamiczną – gdy testowany odbiornik znajduje się w ruchu w trakcie trwania badań.

Wszystkie przeanalizowane metody badania dokładności stacjonarnej GPS przeprowadza się w ten sam sposób. Testowany odbiornik umieszcza się w wybranym punkcie, w którym pozostaje przez cały czas trwania badań. Wyznaczana, w trakcie przeprowadzanych testów, przez odbiornik pozycja jest na bieżąco rejestrowana w pamięci komputera.

Tą właśnie metodą posłużyli się Stuevel i współpracownicy [3] podczas badań wpływu systemu wspomagającego EGNOS na dokładność stacjonarną odbiornika GPS. Zadanie to zrealizowano umieszczając odbiornik w wybranym miejscu i rejestrując jego pomiary przez okres 24 godzin. Oddzielnie zarejestrowano wyniki pomiarów uzyskanych z wykorzystaniem systemu EGNOS oraz oddzielnie wyniki pomiarów przeprowadzonych bez korekcji sygnału. Następnie dokonano porównania tych danych.

Badania dokładności dynamicznej przeprowadza się w odmienny sposób. W tym przypadku testowany odbiornik GPS zostaje zamontowany na ruchomym obiekcie np. ciągniku rolniczym [1, 2, 3]. W trakcie badań obiekt ten przemieszcza się po z góry ustalonej trasie o znanej geometrii. Podczas ruchu odbiornik podaje swoją aktualną pozycję, która podobnie jak w przypadku badań stacjonarnych, jest wprowadzana do pamięci komputera. Poprzez porównanie kształtu znanego, z góry założonego toru pojazdu z torem wyznaczonym przez odbiornik GPS, możliwe jest ustalenie precyzji jego wskazań.

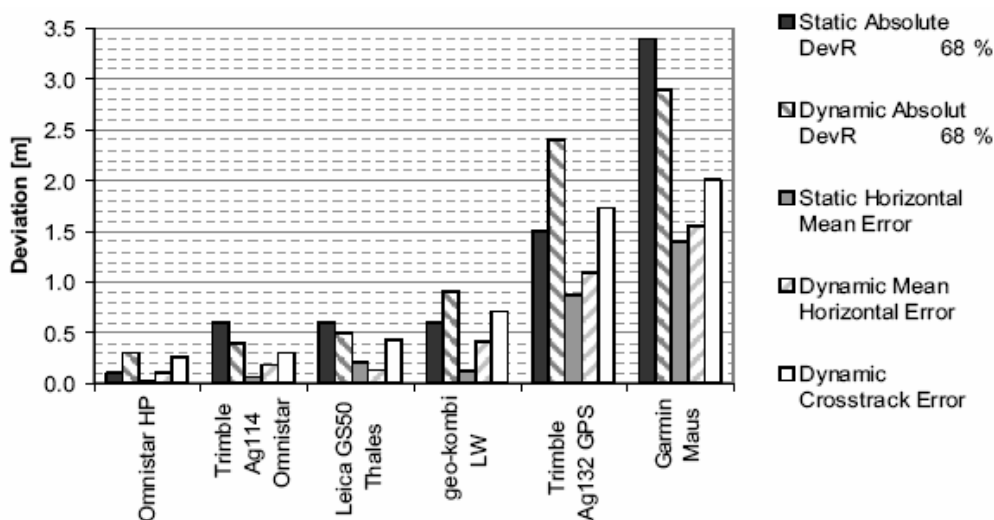
Oparte na tej zasadzie badania dokładności można przeprowadzić wykorzystując trasę o dowolnym, znanym

kształcie. Wydaje się jednak, że najbardziej wiarygodnymi są wyniki testów przeprowadzonych w warunkach, w których dany odbiornik miałby funkcjonować. Dlatego też odbiorniki GPS mające znaleźć zastosowanie w rolnictwie często bada się na polach uprawnych.

W takich właśnie warunkach swoje badania przeprowadzili Persson i Skovsgaard [1], a eksperymentu tego dokonano przy okazji nawożenia. Podczas badań ciągnik poruszał się tylko po liniach prostych o różnych położeniach. Linie te były zorientowane w różnych kierunkach, ze względu na wykazaną wcześniej zależność między kierunkiem ruchu odbiornika, a jego dokładnością.

Podobne badania przeprowadzili Fekete i współpracownicy [2] podczas oprysków. W tym przypadku odbiornik GPS zamontowano na ciągniku, który poruszał się wzdłuż znanego obwodu pola. Trasa ta miała długość 800 metrów a znajdujące się na niej punkty pomiarowe rozmieszczono w odległości co 20 metrów. Dokładność oceniono na podstawie analizy rozrzutu pozycji ciągnika wyznaczonych podczas kolejnych jego przejazdów.

Porównawcze testy kilku popularnych odbiorników GPS przeprowadzili Weltzien i współpracownicy [4]. Obejmowały one sześć różnych odbiorników, które poddano próbie zarówno w warunkach stacjonarnych jak i dynamicznych. Zbadano następujące odbiorniki: Garmin Maus, Trimble Ag132, Geo-kombi LW, Leica GS50 Thales, Trimble Ag114 Omnistar oraz Omnistar HP. Podczas testu dynamicznego odbiorniki poruszały się po torze w kształcie okręgu, o promieniu ok. 42 metrów, ze stałą prędkością 2,3 m/s. Na tej trasie znajdowały się cztery, symetrycznie rozmieszczone punkty, których pozycje ustalono przy pomocy bardzo precyzyjnego odbiornika Trimble 4000ssi. Dodatkowo, na jednym z odcinków tej drogi usytuowano metalowe zadaszanie, ograniczając w ten sposób dostęp sygnału GPS. Sam test dokładności dynamicznej odbiorników polegał na ich ciągłym ruchu po okręgu przez okres 24 godzin i zarejestrowaniu wskazań pozycji. Badania dokładności stacjonarnej przeprowadzono wykorzystując powszechnie znaną i opisaną już w tej pracy metodę, z tą tylko różnicą, że odbiorniki umieszczono w jednym z czterech wspomnianych punktów o znanej pozycji. Wyniki obu tych eksperymentów zilustrowano na rys. 1.



Rys. 1. Wyniki testów porównawczych różnych odbiorników GPS w warunkach statycznych i dynamicznych [4]  
Fig. 1. Results of the static and dynamic tests of some popular GPS receivers [4]

Analiza przedstawionych danych ukazuje duże zróżnicowanie pod względem dokładności wśród dostępnych na rynku odbiorników GPS. Niestety, wysoka dokładność jest zwykle związana z bardzo wysoką ceną odbiornika.

### **Cel badań**

Dla weryfikacji wyników badań innych autorów, oraz dodatkowego sprawdzenia przydatności wybranego odbiornika w rolnictwie precyzyjnym oraz budownictwie przeprowadzono badania własne.

W ramach tych badań testowano odbiornik GPS Garmin 16-HVS, który wybrano spośród innych jako ten, który charakteryzował się bardzo dobrym stosunkiem jakości do ceny zakupu. Czynniki ekonomiczne jest obecnie jednym z istotniejszych czynników limitujących upowszechnienie technologii GPS w rolnictwie i budownictwie.

### **Materiał i metody badań**

Odbiornik stanowiący obiekt badania posiada 12 równoległych kanałów śledzenia, co pozwala na równoczesny odbiór informacji nawigacyjnej od maksymalnie 12 widocznych satelitów. Według danych producenta odbiornik ten wyznacza pozycję z błędem nie przekraczającym 15 m. Ma on też możliwość pracy w trybie DGPS co zwiększa precyzję jego wskazań do 3-5 m, a także może korzystać z korekcji WAAS/EGNOS, dzięki której jego błąd nie przekracza 3m. Odbiornik ten podaje informację o aktualnym położeniu i czasie z częstotliwością 1 Hz.

Za cel przeprowadzonych badań przyjęto sprawdzenie powtarzalności pozycji wskazywanej przez odbiornik w warunkach statycznych i dynamicznych. Założono także sprawdzenie poprawności działania ogólnoeuropejskiego systemu korekcji sygnału EGNOS na obszarze naszego kraju. Dodatkowym celem badań jest określenie ewentualnej przydatności odbiornika Garmin 16-HVS w nawigacji maszyn oraz w innych zastosowaniach rolniczych.

Podczas prowadzonych badań zarówno stacjonarnych jak i dynamicznych, wykorzystano ten sam zestaw pomiarowy, w skład którego wchodziły następujące elementy:

- badany odbiornik GPS Garmin 16-HVS wraz z okablowaniem;
- przenośny komputer PC;
- źródło napięcia dla odbiornika GPS, które stanowił akumulator samochodowy (badania dynamiczne) oraz transformator podłączony do miejskiej sieci elektrycznej (badania stacjonarne).

Elementy te połączono za pomocą dostosowanego okablowania, wykorzystującego popularne złącza typu RJ 45 oraz RS 232. Do komunikacji pomiędzy komputerem a odbiornikiem GPS wykorzystano program Hyper Terminal, będącego aplikacją środowiska Windows.

Badania dokładności stacjonarnej odbiornika GPS, przeprowadzono dwukrotnie. Pierwszej próby dokonano gdy odbiornik umieszczony był na dachu budynku mieszkalnego o wysokości około siedmiu metrów, czyli w warunkach bardzo dobrej widoczności sfery niebieskiej. Natomiast drugą próbę przeprowadzono w mniej

korzystnych warunkach. Badany odbiornik zamontowano na dachu kabiny samochodu, zaparkowanego w miejscu częściowo zadrzewionym oraz w otoczeniu murowanego budynku, co znaczenie ograniczyło widoczność sfery niebieskiej. W obu przypadkach przeprowadzone badania stacjonarne polegały na ciągłym pomiarze przez odbiornik pozycji przez czas około 120 minut. Uzyskane wyniki badań zarejestrowano w pamięci komputera w postaci plików tekstowych.

Badania dokładności dynamicznej przeprowadzono umieszczając testowany obiekt na dachu kabiny samochodu, który poruszał się po uprzednio ustalonej trasie. Z analizy dostępnej literatury wynika, że przeprowadzane obecnie tego typu badania są na ogół realizowane w dość sprzyjających i ustalonych warunkach, objawiających się często nieograniczoną widocznością sfery niebieskiej. Jako miejsce prowadzonych badań odbiorników GPS często wybiera się odświeżone pola upraw rolniczych [1, 2] lub rozległe place na terenie ośrodków badawczych [4]. Podczas prezentowanych w tej pracy badań, drogę przebytą przez samochód wraz z odbiornikiem GPS stanowiła pętla, której przybliżona, wynikająca z mapy długość, wynosiła ok. 9 km (rys. 2).

Trasa ta była dość zróżnicowana pod względem bezpośredniej dostępności do sygnału satelitów. Znajdowały się na niej średnio zabudowane obszary miejskie, odcinki wiejskich zabudowań, tereny mniej lub bardziej zadrzewione oraz całkowicie odkryte pola uprawne. W związku z tym samochód poruszał się po asfaltowych jezdniach publicznych oraz gruntowych drogach polnych. W ramach przeprowadzonych testów pojazd wykonał siedem przejazdów, poruszając się przy tym wciąż tym samym pasem ruchu. Dodatkowo wszystkie siedem przejazdów zrealizowano na przestrzeni czterech dni, o różnych porach doby, uwzględniając tym samym wskazania odbiornika dla odmiennych konstelacji satelitów. Tak jak w przypadku badań stacjonarnych, tak i podczas badań dynamicznych wyniki pomiarów zarejestrowano, w postaci plików tekstowych, w pamięci komputera.

### **Wyniki badania**

Zgromadzone na dysku komputera wyniki przeprowadzonych badań opracowano przy pomocy stworzonego w tym celu programu komputerowego, który odczytuje dane pozycji GPS zapisane w pliku i wydziela potrzebne informacje cyfrowe. Pozycja odbiornika, standardowo podawana przez odbiornik w układzie współrzędnych katowych WGS86 została przeliczona na płaski układ współrzędnych kilometrowych według metody Gaussa Krugera. Wynikające z tej metody zniekształcenie wynosi średnio ok. 70 cm/km, czyli ok. 0,07%. Nie wpływa ono zatem istotnie na oszacowanie błędu pomiaru pozycji, gdyż ten obliczany jest jako różnica współrzędnych blisko siebie leżących pozycji, co przy odległości 10 m daje błąd bezwzględny na poziomie 7 mm. Należy dodać, że wartość ta dotyczy najbardziej oddalonych punktów od południka centralnego danego rzutu.

Podczas analizy wyników badań dokładności stacjonarnej odbiornika GPS, w pierwszej kolejności obliczane są średnie arytmetyczne zmierzonych współrzędnych punktu. Następnie, na dwóch wykresach odpowiadających kierunkom geograficznym północ-

południe oraz wschód-zachód zobrazowano odchylenia kolejnych pomiarów od obliczonej wartości średniej. Na wykresie kołowym są prezentowane obliczone odchylenia wypadkowej, które podzielono na sto klas i przedstawiono na wykresie częstości względnej w postaci tzw. rozkładu empirycznego.

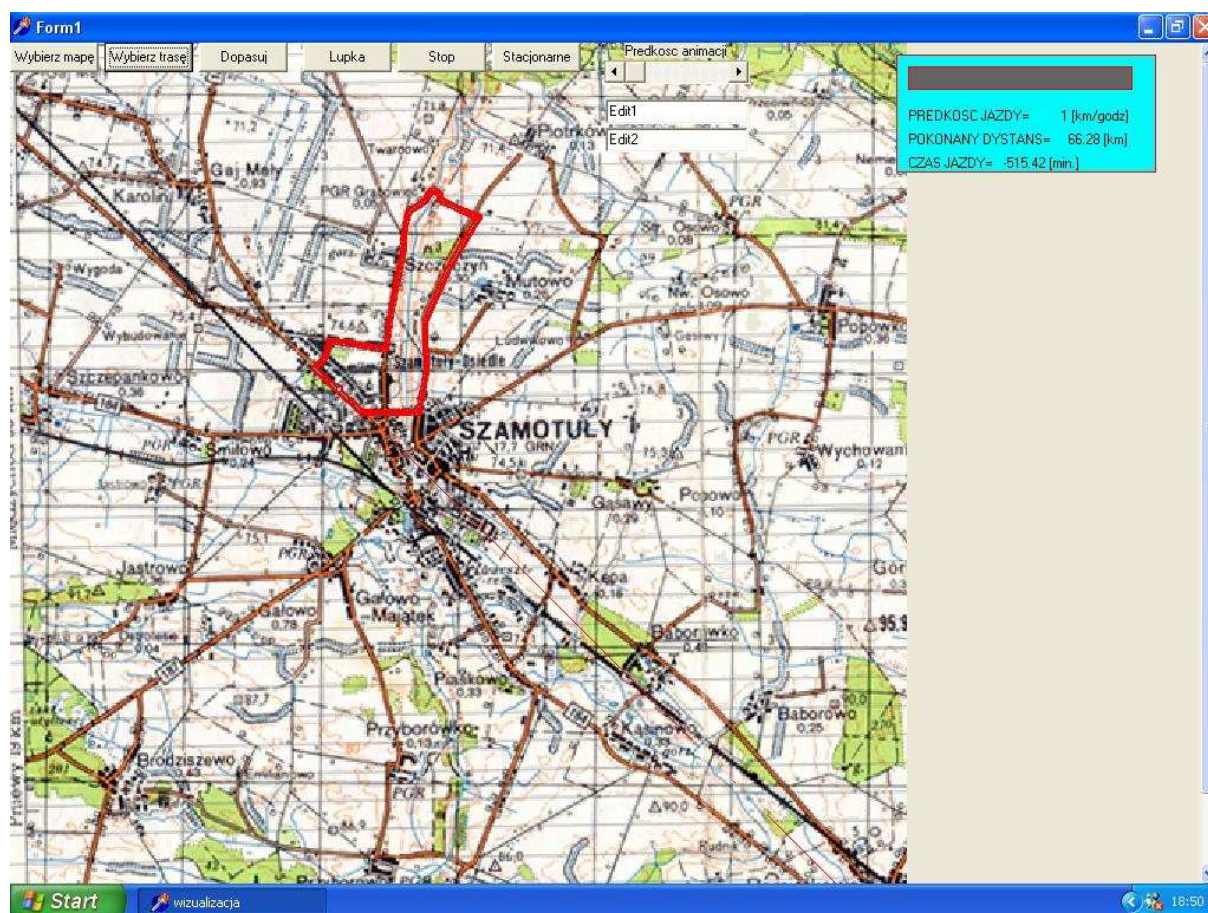
W ramach analizy wyników badań dokładności dynamicznej testowanego odbiornika, zebrane dane wygenerowano w postaci graficznej na tle podkładu, stanowiącego siatkę współrzędnych geograficznych. Każdą zawartą w pliku parę współrzędnych, odpowiadającą pozycji obiektu w określonej chwili, program przedstawia na ekranie w postaci czerwonego kółka. Cały zaś ciąg następujących po sobie pozycji ruchomego pojazdu, program połączył czerwoną linią, tworząc tym samym przybliżoną trajektorię ruchu obiektu. W celu uzyskania bardziej precyzyjnych danych o różnicach we wskazywanej przez odbiornik pozycji podczas wszystkich dziesięciu przejazdów, pliki zawierające dane z pomiarów przetransportowano do środowiska AutoCAD. Przy wykorzystaniu precyzyjnych narzędzi tego programu, możliwe było liczbowe określenie rozrzutu uzyskanych przez odbiornik GPS wyników.

Na rys. 3 i 4 przedstawiono wyniki pomiarów stacjonarnych, przeprowadzonych na dachu budynku oraz pokazano wyniki drugiej próby, podczas której odbiornik GPS znajdował się w miejscu częściowo zadrzewionym, w sąsiedztwie murowanego budynku.

Analiza przedstawionych wykresów wykazuje, że w warunkach dobrej widzialności sfery niebieskiej (na dachu budynku), uzyskane wyniki są obarczone błędem zawierającym się w przedziale 0-3,5 m. Średni błąd określonej przez odbiornik pozycji, który potraktowano jako wynik przeprowadzanej próby, wahał się w granicach 1-2m. W sytuacji, gdy odbiornik znajdował się w miejscu o ograniczonym bezpośrednim dostępie do sygnałów emitowanych przez satelity, rozrzut w wyznaczonej pozycji waha się w przedziale od zera do ok. 8-9m. Da się jednak zauważyć, że otrzymany tu średni błąd pomiaru pozycji osiąga znacznie większą wartość niż w przypadku poprzedniej próby, wykonywanej na dachu. W obu przeprowadzonych eksperymentach można zauważyć, że uzyskany rozrzut wyznaczonej pozycji jest obciążony większym błędem w kierunku wschodnio-zachodnimi niż w kierunku północno-południowym.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań dynamicznych odbiornika GPS uzyskano następujące wyniki:

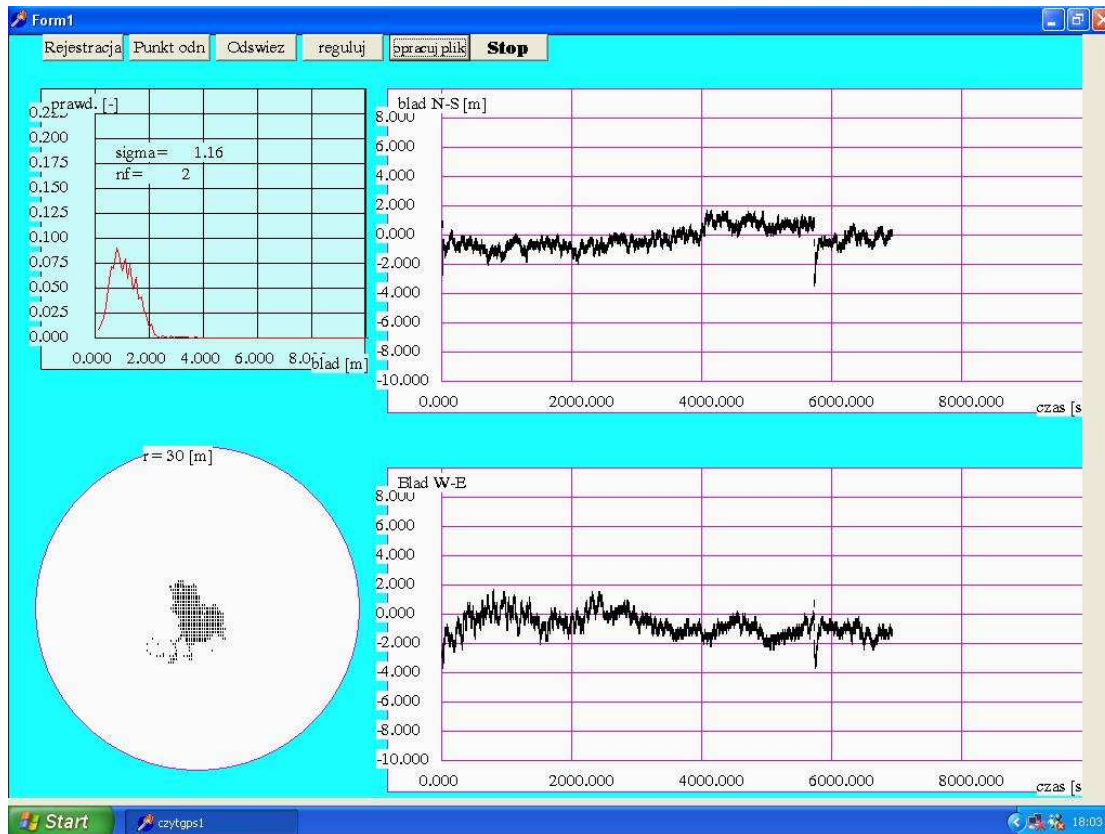
średni błąd pomiaru pozycji uzyskany na całej trasie	ok. 3.8 m
minimalny błąd pomiaru pozycji uzyskany na całej trasie	ok. 1,2 – 1,9 m
maksymalny błąd pomiaru pozycji uzyskany na całej trasie	ok. 8,4 – 10,9m



Rys .2. Trasa pokonana przez pojazd podczas próby dokładności dynamicznej (wskazania pozycji odbiornika oznaczono czerwoną linią)

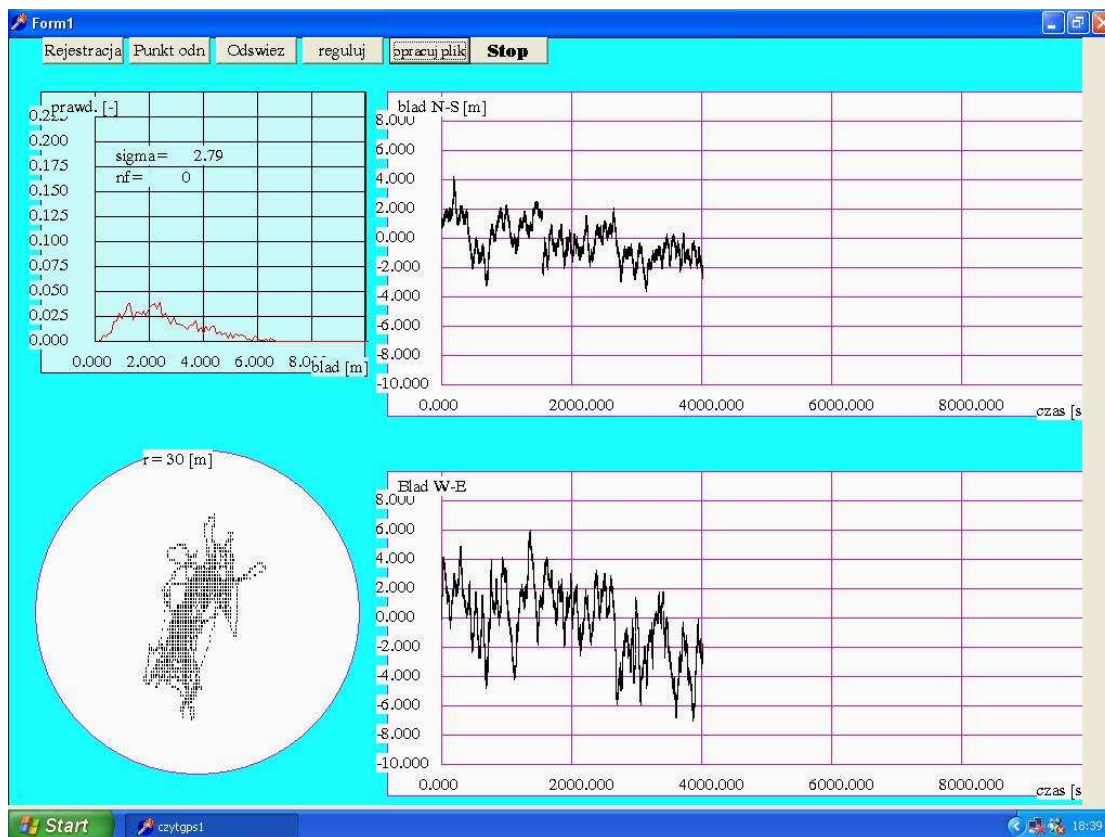
Fig. 2. Map of the test path applied in the dynamic tests





Rys. 3. Wyniki dokładności pomiarów stacjonarnych pozycji odbiornika Garmin 16-HVS przeprowadzonych na dachu budynku mieszkalnego

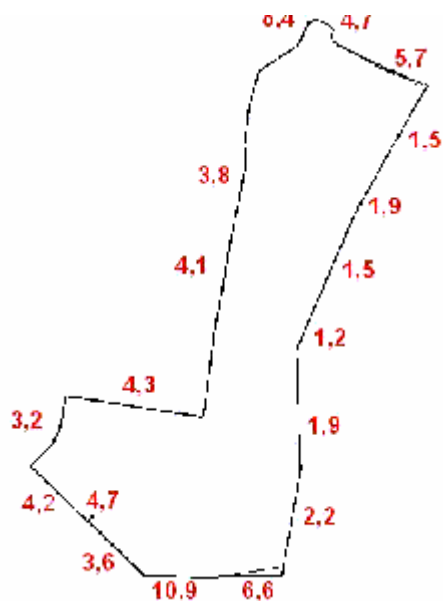
Fig. 3. Results of stationary tests with the unconstrained horizon visibility on the roof of the house



Rys.4. Wyniki dokładności pomiarów stacjonarnych pozycji odbiornika Garmin 16-HVS przeprowadzonych w miejscu o ograniczonej widoczności sfery niebieskiej

Fig. 4. Results of stationary tests with the constrained horizon visibility

Na rys. 5 przedstawiono otrzymany rozrzut wyznaczonej przez odbiornik Garmin 16-HVS pozycji w wybranych charakterystycznych punktach trasy przebytej przez pojazd w ramach prowadzonego testu.



Rys. 5. Rozkład błędów pomiaru pozycji na długości trasy próbnej

Fig. 5. Positioning error distribution along the test path

Najmniejszy rozrzut wyznaczonej pozycji (1,2m) będący miarą błędu pomiaru zauważono na odcinku drogi publicznej, umiejscowionej pomiędzy polami uprawnymi, gdzie w najbliższym jej sąsiedztwie nie było żadnych drzew. W tej sytuacji odbiornik GPS miał pełną widoczność sfery niebieskiej co umożliwiło mu na odbieranie sygnału nawigacyjnego ze średnio 10-11 satelitów, czego wynikiem było osiągnięcie stosunkowo wysokiej dokładności wskazań. Natomiast maksymalny błąd, z jakim odbiornik wyznaczył pozycję (10,9m), zanotowano w średnio zabudowanym obszarze miejskim, podczas kilkudziesięciosekundowego postoju pojazdu na skrzyżowaniu (sygnalizacja świetlna). Ten przymusowy postój samochodu miał miejsce w bliskim sąsiedztwie murowanego budynku o wysokości około dziesięciu metrów oraz znajdujących się nieopodal drzew, co mogło być głównym powodem uzyskania tak dużego rozrzutu wyników na skutek zjawiska wielotorowości emitowanych przez satelity sygnałów. Największy rozrzut pozycji w trakcie ruchu (8,4m) odbiornik uzyskał w średnio zabudowanym i zadrzewionym terenie wiejskim, w którym widoczność sfery niebieskiej również była częściowo ograniczona drzewami oraz budynkami mieszkalnymi. Na najgęściej zadrzewionym fragmencie drogi oszacowano stosunkowo niewielki błąd pozycji o wartości około 4,7-5,7m. Należy zaznaczyć, iż w zasadzie na całej trasie odbiornik odbierał sygnały od dużej ilości satelitów (6-11 satelitów), co pozwoliło mu na ciągłe wyznaczanie pozycji. Kilkrotnie jednak miała miejsce sytuacja, w której

odbiornik zgubił sygnał na kilka sekund oraz uzyskiwał pomiar znacznie odbiegający od pozostałych.

## Podsumowanie i wnioski

Zaprezentowane badania wykazały dość znaczną rozbieżność w dokładności, z jaką będący obiektem badania odbiornik wyznacza położenie geograficzne. Zarówno testy stacjonarne, jak również próby przeprowadzone w ruchu, wykazują rozrzut otrzymanych wyników sięgający od kilku do nawet kilkunastu metrów. Uzyskane wyniki próby stacjonarnej, przeprowadzonej na dachu budynku, potwierdzają deklarowaną przez producentów dokładność odbiornika Garmin 16-HVS. Dodatkowo, wszystkie przeprowadzone próby potwierdziły duży wpływ zjawiska wielotorowości sygnału GPS na dokładność pomiarów odbiornika. Potwierdzają tę wadę zarówno testy stacjonarne (znaczna różnica w wynikach pierwszej i drugiej próby) oraz przeprowadzone w ruchu (różnica w dokładności pozycji w zależności od otoczenia trasy). Można też stwierdzić, że omawiane zjawisko wielotorowości znacznie bardziej zmniejsza dokładność wskazywanej przez odbiornik pozycji w sąsiedztwie murowanych budynków, niż miejsc nawet silnie zadrzewionych.

Taką dokładność pozycjonowania można by co najwyżej wykorzystać do ogólnej nawigacji maszyn w obrębie dużych powierzchniowo gospodarstw rolnych. Precyzja testowanego odbiornika jest też wystarczająca, by wykorzystać go przy sporządzaniu map plonów oraz map zasobności gleby w składniki mineralne na danym obszarze. Odbiornik tej klasy nie zapewnia jednak dokładnego prowadzenia maszyn rolniczych wzdłuż wyznaczonych tras podczas wykonywania takich zabiegów jak opryskiwanie czy nawożenie.

Z przedstawionych badań wynika również, że kontrola maszyn, przy pomocy testowanego odbiornika na obszarach o znacznie ograniczonej widoczności sfery niebieskiej jest praktycznie niemożliwa. Z tego względu oraz z powodu zaobserwowanych chwilowych zaników sygnału nawigacyjnego, należałoby układowo rozszerzyć o inne, dodatkowe źródło pomiarów, które byłoby alternatywnym rozwiązaniem w sytuacji zawodności odbiornika GPS.

## Literatura

- [1] Persson K., Skovsgaard H.: Use of guidance systems in precision agriculture.
- [2] Fekete A., Foldesi I., Kovacs L.: Feasibility of GPS – based vehicle navigation.
- [3] Stuevel J.M., Schoen H.G., Lehmann B.: Examining the EGNOS – reference signal under field conditions for track navigation.
- [4] Weltzien C., Noack P., Persson K.: GPS receiver accuracy test – dynamic and static for best comparison of results.
- [5] Narkiewicz J.: GPS Globalny System Pozycyjny. WKŁ, Warszawa 2003.