

Monika Mika

**WYKORZYSTANIE RĘCZNYCH ODBIORNIKÓW GPS
W SYSTEMIE JEDNOLITEJ PŁATNOŚCI OBSZAROWEJ
DLA WYZNACZENIA PÓL POWIERZCHNI DZIAŁEK**

***APPLICATION OF GPS HANDHELD RECEIVERS
IN A UNIFORM AREA PAYMENT SYSTEM
FOR DETERMINATION PARCEL AREAS***

Streszczenie

Publikacja składa się z kilku części. W pierwszej z nich przedstawiono aspekt techniczno- prawny pomiaru powierzchni działki w Systemie Jednolitej Płatności Obszarowej (SJPO). Wymieniono w niej sposoby pomiaru pola powierzchni oraz obwodu działki, wykonywane w celu kontroli zgodności deklaracji rolnika ze stanem faktycznym. Następnie porównano odbiorniki ręczne GPS Garmin według kryteriów przydatności w pracach SJPO. Najważniejsze z nich to: funkcja pomiaru pola powierzchni, zapis śladu składający się z dziesięciu tysięcy punktów oraz korekcja WASS/EGNOS. Na końcu dokonano analizy statystycznej 240 powierzchni działki pomierzonych odbiornikiem GPSmap76. Przeprowadzone badania potwierdziły tezę: zwiększenie liczby pomiarów wpływa na poprawę dokładności wyznaczenia powierzchni działki.

Słowa Kluczowe: pomiary GPS, wyznaczenie powierzchni działek, błędy pomiarowe, System Jednolitej Płatności Obszarowej, GPSmap 76

Summary

The paper consists of several parts. In the first part the technical and legal aspects of the measurement plot in the Single Area Payment Scheme (SJPO) were described. Measurement methods of areas were specified which are used in order to control compliance declaration of the farmer with the facts. Then compared the Garmin GPS receivers manually according to the criteria of suitability in the work SJPO. The most important of them is: function measurement of area, trace con-

sisting of ten thousand points and correction WASS/EGNOS. The analysis of statistical plot measured 240 GPSmap76 receiver was a part of summary and conclusion. Carried out measurements confirmed a thesis: an increase in the number of measurements improves the accuracy of parcel areas.

Key words: GPS measurements, parcel area determination, measurement errors, the Uniform Area Payment System, GPSMAP 76

WSTĘP

Celem niniejszej publikacji jest porównanie parametrów i funkcji technicznych oraz weryfikacja przydatności zestawów nawigacyjnych firmy Garmin, w pracach terenowych przy inwentaryzacji użytków rolnych dla potrzeb Systemu Jednolitej Płatności Obszarowej (SJPO).

Referat składa się z kilku części. W pierwszej z nich autorka przedstawia teoretyczne podstawy pomiaru działki, oparte na aktualnych przepisach prawnych i technicznych, obowiązujących w pracach SJPO. Opisano w niej również wymogi techniczne odbiornika nawigacyjnego oraz przeprowadzono porównanie dostępnych na rynku odbiorników GARMIN.

Jako kryteria porównawcze wybrano najważniejsze z cech, które powinien posiadać odbiornik nawigacyjny, wykorzystywany do pomiarów powierzchni. Następnie opisano procedurę oraz wyniki pomiaru testowego powierzchni działki przy użyciu 6 odbiorników GPSmap76. Otrzymane wartości poddano prostym obliczeniom statystycznym, które miały wykazać rzeczywistą dokładność pomiaru działki odbiornikami nawigacyjnymi.

ZASADY POMIARU DZIAŁKI W TERENIE

Do weryfikacji pola powierzchni oraz obwodu użytku rolnego metodą inspekcji terenowej w celu kontroli deklaracji rolnika można było wykonać [Mika, 2007]:

- pomiar techniką GPS – polegał on na uzyskaniu granic pomierzonych obiektów w postaci wektorowej oraz raportów z odbiorników GPS,
- pomiar z wykorzystaniem tachimetru elektronicznego – otrzymywano granice pomierzonych obiektów w wersji wektorowej,
- pomiar z wykorzystaniem taśmy mierniczej – stosowano go wyłącznie na działkach o regularnych kształtach do 0,5 ha powierzchni
- pomiar techniką kombinowaną – z wykorzystaniem taśmy mierniczej i odbiornika GPS, zalecany do działek o kształcie wydłużonym. Dłuższe boki mierzono odbiornikiem GPS a krótsze (do 50m) taśmą mierniczą.

W niniejszej publikacji poddano analizie porównawczej ręczne odbiorniki firmy Garmin, które często [Czempas 2010] wykorzystywano do pomiarów pól powierzchni oraz obwodów użytków rolnych.

WYMAGANIA TECHNICZNE ODBIORNIKA NAWIGACYJNEGO

Odbiornik przyjęty do pomiaru powierzchni powinien posiadać certyfikację określającą jego przydatność przeprowadzoną na podstawie dyrektywy KE 927/2007. Minimalne parametry techniczne odbiorników nawigacyjnych wykorzystywanych w Inwentaryzacji Terenowej to [Plewako 2007]:

- funkcja pomiaru pola na podstawie śladu obwiedzenia,
- zapis śladu składającego się z 10000 punktów, gdyż im gęściej ślad pokryty jest zapisanymi punktami tym dokładniejszy jest pomiar,
- 12 kanałowy moduł GPS,
- możliwość pobrania informacji o korekcy wyznaczania pozycji z dokładnością większą niż 5 metrów, czyli tzw. korekcy EGNOS,
- zapis wyników pomiaru.
- możliwość zarejestrowania i obliczenia w terenie pola i obwodu mierzonego użytku.

Dodatkowe funkcje i cechy przydatne w odbiornikach GPS używanych w Inspekcji Terenowej to [Czempas 2010]:

- możliwość eksportu zarejestrowanych surowych danych do formatu RINEX,
- małe zużycie energii elektrycznej w wyniku czego uzyskujemy długi czas pracy na jednym komplecie baterii. Gdy nie mamy dostępu do zasilania zewnętrznego (problem ten występuje często podczas inspekcji działek o dużych obszarach) bateria odbiornika nie może zawieść,
- podtrzymanie pamięci w momencie gdy następuje całkowite rozładowanie baterii, pozwala to na zachowanie w skrajnych przypadkach wykonanej już pracy,
- możliwość podłączenia anteny zewnętrznej – związane to jest z zwiększeniem dokładności pomiaru ze względu na zwiększoną ilość satelitów obserwowaną i rejestrowaną w momencie użycia takiej anteny. Antenę taką można zamontować na wysięgniku dzięki czemu nie zasłaniamy satelitów własnym ciałem, a także możemy wykonywać pomiar wśród wysokich upraw takich jak np. kukurydza która często osiąga ponad 2 metry wysokości,
- możliwość podłączenia do komputera co przyspiesza import i eksport danych do odbiornika,
- informacja dźwiękowa o utracie sygnału z satelitów lub spadku dokładności w trakcie pomiaru,
- zapis danych na karcie pamięci.

PORÓWNANIE WYBRANYCH MODELI ODBIORNIKÓW GARMIN

Obecnie na rynku popularnych jest 12 typów odbiorników ręcznych Garmin, będących kontynuacją trzech generacji sprzętu tego producenta: GPSmap, eTrex i Oregon. Są to proste w obsłudze, niewielkie przyrządy, które z łatwością można wykorzystać do pomiarów powierzchni. Nie zmienia to jednak faktu, że podstawowym przeznaczeniem tego rodzaju sprzętu jest nawigacja. Tak więc omawiany sprzęt pomimo wielu zwolenników zastosowania go w geodezji, posiada także wady o których będzie mowa w dalszej części publikacji.

Do porównania odbiorników ręcznych Garmin wybrano najważniejsze cechy sprzętu, wynikające z cytowanej wcześniej dyrektywy dopuszczającej ten sprzęt do pomiarów w SJPO. Są nimi: klasa odbiornika, czas pracy, liczba punktów i tras użytkownika możliwych do zapisania w odbiorniku, połączenie z WASS i EGNOS, rodzaj transmisji danych, występowanie funkcji szybkiego pomiaru powierzchni oraz parametry techniczne wyświetlacza. Wyniki porównania przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.

Z przedstawionych cech funkcjonalnych i technicznych poszczególnych typów odbiorników ręcznych Garmin wynika duża przydatność tego rodzaju sprzętu przy pomiarach powierzchni w tworzeniu systemu JPO. Tylko dwa modele (z opisanych powyżej) nie posiadają funkcji pomiaru powierzchni: GPS72 oraz eTrexH.

Każdy kolejny model odbiornika cechuje większa dokładność pomiaru oraz doskonalsza forma transmisji danych. Są jednak przeszkody, które nie pozwolą stosować tego sprzętu w każdych warunkach terenowych, a najważniejsze z nich to bariery wynikające z sąsiedztwa wysokich budowli, skupisk drzew czy też niedalekiej odległości od linii wysokiego i średniego napięcia elektrycznego.

Tabela 1. Porównanie cech odbiorników z serii eTrex Garmin
Table 1. Comparison of Garmin eTrex series receivers features

Typ odbiornika		H	Legend	VentureHC	SummitHC	LegendHCx	VistaHCx
Cechy odbiornika							
Klasa odbiornika		MWS	12 kanałowy	MWS	MWS	MWS	MWS
Czas pracy na bateriach		17 h	18 h	14 h	14 h	25 h	25 h
Liczba punktów	Użytkownika	500	1000	500	500	1000	1000
	Tracklogu	10000	10000	10000	10000	10000 /karta TF	10000 /kartaTF
	Tras/pkt. trasy	20/50	20/125	50	50	50/automat	50/automat
WASS/EGNOS		TAK					
Antena		WBUDOWANA					
Łącze z PC		RS 232	RS 232	USB	USB	USB	USB
Pamięć wewn.		-	8MB	24MB	24MB	karta TF do 2GB	karta TF do 2GB
Pomiar powierzchni		BRAK					
Wyświetlacz		Czarno-biały (4 odcienie szarości)			Kolorowy (256 kolorów)		

Tabela 2. Porównanie cech odbiorników z serii GPS60 Garmin
Table 2. Comparison of Garmin GPS60 series receivers features

Typ odbiornika		GPS60	GPSmap60	GPSmap60Cx	GPSmap60CSx
Cechy odbiornika					
Klasa odbiornika		12 kanałowy	12 kanałowy	SIRstarIII	SIRstarIII
Czas pracy na bateriach		28 h	28 h	18h	18 h
Liczba punktów	Użytkownika	500	500	1000	1000
	Tracklogu	10000	10000	10000/ TF	10000 /TF
	Tras/pkt. trasy	50/250	50/250	50/250	50/250
WASS/EGNOS		TAK			
Antena		WBUDOWANA			
Łącze z PC		RS 232, USB			
Pamięć		1MB	24MB	Karta TF 128MB -512MB	Karta TF 128MB -2 GB
Pomiar powierzchni		TAK			
Wyświetlacz		Czarno-biały (4 odcienie szarości)		Kolorowy (256 kolorów)	

Tabela 3. Porównanie cech odbiorników z serii GPS, GPSmap oraz Colorado Garmin
Table 3. Comparison of characteristics on GPS receivers, GPSmap and Garmin Colorado series

Typ odbiornika		GPS 72	GPSmap76	GPSmap76Cx	GPSmap76CSx	Colorado 3000
Cechy odbiornika						
Klasa odbiornika		12 kanałowy	12 kanałowy	SIRstarIII	SIRstarIII	MWS
Czas pracy na bateriach		16 h	16 h	18 h	18 h	15 h
Liczba punktów	Użytkownika	500	1000	1000	1000	1000
	Track-logu	2048	10000	10000/ TF		
	Tras/pkt. trasy	50/50	50/125	50/250	50/250	50
WASS/EGNOS		TAK				
Antena		Wbudowana	WBUDOWANA/gniazdo anteny zewnętrznej			
Współpraca z PC		RS 232	RS 232	RS 232, USB	RS 232, USB	USB
Pamięć wbudowana		1MB	8MB	Karta TF 128MB do 2GB		Karta SD do 2GB
Pomiar powierzchni		BRAK	TAK			
Wyświetlacz		Czarno-biały (4 odcienie szarości)		Kolorowy (256 kolorów)		

Następnym krokiem weryfikacji przydatności przedstawionych modeli GPS będzie analiza porównawcza powierzchni mierzonych wybranymi odbiornikami GARMIN oraz analiza dokładności tych pomiarów.

POMIAR POWIERZCHNI ODBIORNIKIEM GARMIN GPSMAP 76

Jako przedmiot pomiaru wybrano działkę rolną na terenie Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, która wielokrotnie stanowi obiekt badań powierzchni, wykorzystywany przez autorkę publikacji w pracy dydaktycznej.

Częstkowe wyniki tych prac z lat 2008/2009 były już wykorzystywane w pracach innych autorów [Kwinta, Szeptalin 2010] i wykazały duży wpływ czynników osobowych na błąd pomiaru działki. W celu weryfikacji tych danych autorka publikacji zastosowała metodę, która miała maksymalnie ograniczyć wpływ indywidualnej interpretacji przebiegu granicy działki i podwyższyć dokładność pomiaru powierzchni działki. Ponadto zamierzeniem autorki było sprawdzenie słuszności tezy mówiącej, że zwiększenie liczby pomiarów wpływa na zwiększenie dokładności wyznaczania powierzchni działki.

Granicę przedmiotowej działki zaznaczono przy użyciu sznurka rozpiętego na rozstawionych (w punktach załamania granic) tyczkach. Studenci otrzymali polecenie jednakowego sposobu trzymania odbiornika oraz poruszania się dokładnie po zaznaczonym sznurkiem obwodzie. Działka, stanowiąca obiekt pomiaru otoczona jest drogą szutrową i dokładny przebieg granicy jest utrudniony.

Elementem wpływającym dodatkowo na polepszenie dokładności pomiaru działki było zastosowanie anten podłączonych do GPSmap76, które trzymano przypięte na magnesach do metalowych bolców, przykręconych na górze tyczki geodezyjnej.

Zastosowano odbiorniki Garmin GPSmap76, które według kryteriów opisanych w punkcie 3 spełniają wszystkie wymogi wykorzystania w SJPO. Odbiorniki te ponumerowano od 1 do 6, a następnie wykonano po 4 serie pomiarów po 10 śladów każdym z nich.

Wyniki niniejszych prac opracowano w arkuszu kalkulacyjnym według wzoru, przedstawionego w Tabeli 4. Uzyskano w ten sposób wyniki cząstkowe dla 240 zarejestrowanych śladów przedmiotowej działki. Następnie wyniki te zestawiono według wzoru w tabeli 5.

Tabela 4. Przykład danych pomiarowych dla I serii pomiarów odbiornikiem GPSmap76 o nr5**Table 4.** Example measurement data for GPSmap76 no. 5, for I series of measurements

Lp.	Nr odbiornika	Nazwa pliku	Ilość punktów	Odchylenie ilości punktów od średniej	Odległość [m]	Odchylenie odległości od średniej	Powierzchnia [ha]	Odchylenie powierzchni od średniej
1	5	10-lis-1001	11	-0,2	217,11	3,11	0,298020	-0,000549
2		10-lis-1002	10	-1,2	213,90	-0,10	0,290582	-0,007987
3		10-lis-1003	15	3,8	217,77	3,77	0,309668	0,011099
4		10-lis-1004	12	0,8	213,18	-0,82	0,278798	-0,019771
5		10-lis-1005	10	-1,2	218,04	4,04	0,300216	0,001647
6		10-lis-1006	11	-0,2	200,00	-14,00	0,292345	-0,006224
7		10-lis-1007	18	6,8	230,00	16,00	0,309919	0,011350
8		10-lis-1008	8	-3,2	210,00	-4,00	0,293443	-0,005126
9		10-lis-1009	8	-3,2	220,00	6,00	0,295091	-0,003478
10		10-lis-1010	9	-2,2	200,00	-14,00	0,317607	0,019038
Średnia:			11,2		214,00		0,298569	

W tabeli 5 przedstawiono zbiorcze zestawienie wyników pomiarów powierzchni z uśrednienia 10 śladów pomiarowych dla kolejnych odbiorników. Każdym odbiornikiem pomierzono czterokrotnie niniejszą działkę, rejestrując po 10 śladów przy każdym pomiarze i zgrywając wyniki każdorazowo do komputera.

Tabela 5. Zestawienie średnich powierzchni dla danego odbiornika w 4 seriach**Table 5** The average areas of the receiver in the 4 series

Pomiar	GPS1		GPS2		GPS3		GPS4		GPS5		GPS6	
	n	P[ha]	N	P[ha]	N	P[ha]	N	P[ha]	n	P[ha]	n	P[ha]
1	14,1	0,3352174	11,2	0,301644	12,5	0,312481	12,6	0,306111	11,2	0,298569	10,9	0,296153
2	14,1	0,3352174	12,1	0,291027	12,5	0,28019	12,5	0,301644	11,8	0,285919	12,1	0,291027
3	12,1	0,304152	12,1	0,291027	12,3	0,323007	12,3	0,315007	11,9	0,303786	12,0	0,30401
4	11,7	0,287530	11,5	0,288555	11,1	0,299945	9,6	0,286432	12,5	0,291576	12,4	0,296591

Na podstawie próby 240 pomiarów powierzchni przeprowadzono obliczenia statystyczne i uzyskano następujące wartości:

Wartość średnia powierzchni z pomiarów poszczególnymi odbiornikami

GPS1: 0,3155293 ha

GPS2: 0,293063 ha

GPS3: 0,303906 ha

GPS4: 0,302298 ha

GPS5: 0,294962 ha

GPS6: 0,296591 ha

Wartość średnia wszystkich powierzchni: 0,301117ha

Wartości minimalne powierzchni z pomiarów poszczególnymi odbiornikami:

GPS1: 0,287530 ha

GPS2: 0,288555 ha

GPS3: 0,28019 ha

GPS4: 0,286432 ha

GPS5: 0,285919 ha

GPS6: 0,285919 ha

Wartość minimalna wszystkich powierzchni: 0,28019ha

Wartości maksymalne powierzchni z pomiarów poszczególnymi odbiornikami:

GPS1: 0,3352174 ha

GPS2: 0,301644 ha

GPS3: 0,323007 ha

GPS4: 0,315007 ha

GPS5: 0,303786 ha

GPS6: 0,30401 ha

Wartość maksymalna wszystkich powierzchni: 0,335217ha

Błąd średni pomiaru powierzchni dla poszczególnych odbiorników [m²]:

GPS1: 121,5 m²

GPS2: 109,9 m²

GPS3: 72,1 m²

GPS4: 93,7 m²

GPS5: 113,0 m²

GPS6: 167,7 m²

Błąd średni powierzchni liczony ze wzoru {1} dla wszystkich 240 pomiarów powierzchni działki wynosi 111,3m².

$$m_p = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1} m_p} \quad (1)$$

W następnej kolejności obliczono błąd średni wyznaczenia powierzchni z wszystkich 240 pomiarów działki, po uwzględnieniu dokładności odbiornika.

Zastosowano wzór {2} [Kwinta 2010]:

$$m_p = 2m_{pkt} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \sqrt{\mathbf{P} \frac{\pi}{n}} \quad (2)$$

Gdzie:

P – średnia wartość powierzchni

n – mediana ilości punktów pomiarowych

m_{pkt} – średni błąd pomiaru odbiornika w danych warunkach: 1,2m.

Liczony według wzoru {2} średni błąd pomiaru powierzchni działki wynosi

$m_p = 61,42147 \text{ m}^2$, co stanowi 2,05% średniej powierzchni działki.

WNIOSKI

Badania wykazały, że wykorzystanie odbiornika GPSmap76 pozwala na łatwy i szybki pomiar powierzchni działki. Problematiczna staje się jednak sama wielkość powierzchni mierzonej działki. Przeprowadzone liczne testy i badania urządzeń GPS [Chodor] dowiodły, że błąd pomiaru działki o wielkości 2 ha wahał się w granicach 2%. Przy powierzchniach około 1 ha błąd zawierał się w granicach 2-3%. Podczas pomiaru większych pól (ponad 10 ha) błąd pomiaru był poniżej 1%. Wynika z tego, że im większa powierzchnia mierzonej działki tym błąd pomiaru odbiornikiem GPS staje się mniejszy. Działka stanowiąca przedmiot badań posiada powierzchnię około 0,3 ha.

Przeprowadzone badania potwierdziły tezę, że zwiększenie liczby pomiarów śladów wpływa na dokładność wyznaczenia powierzchni działki. Przy próbie 240 pomiarów dla działki o powierzchni 30 arów uzyskano błąd średni na poziomie 2% powierzchni średniej, którego poziom wykazano wcześniej dla działek o powierzchni ok. 2ha [Chodor].

W doświadczeniu wyznaczono optymalne warunki pomiaru, a uczestniczący w nim studenci byli dokładnie poinstruowani, jak powinni się zachować w czasie pomiaru. W każdym odbiorniku włączono opcję wykorzystania sygnału WASS/EGNOS, zgodnie z wymogami konfiguracji odbiornika pod pomiar powierzchni. Badania przeprowadzono w dogodnych warunkach pogodowych, pozbawionych dużego zachmurzenia i opadów atmosferycznych, które (jak powszechnie wiadomo) tłumią sygnały satelitów. W trakcie podjętych badań użyto anteny zewnętrznej, która miała zwiększyć czułość odbiorników. W czasie pomiaru antenę odbiornika przemieszczano dokładnie nad granicą mierzonego pola.

Pomimo zachowania wszelkich, jak się wydaje, środków sprzyjających pozyskaniu jak najlepszej dokładności pomiaru – wyniki badań wykazały znaczne różnice pomiaru powierzchni tym samym egzemplarzem odbiornika jak również pomiędzy poszczególnymi egzemplarzami oznaczonymi numerami 1-6.

Z przeprowadzonych badań wynika fakt, że odbiorniki GPSmap 76 są sprzętem nawigacyjnym, a pomiary powierzchni małych działek lepiej wykonywać przy użyciu innych metod, wymienionych w punkcie 2. Świadczą o tym (przedstawione w tabeli 5) znaczne różnice w pozyskiwanych wielkościach powierzchni tej samej działki.

BIBLIOGRAFIA

- Czempas T. *Inwentaryzacja użytków rolnych metodą GPS*, Praca inżynierska, UR Kraków 2010.
- Kwinta A, Szeptalin A. *Wykorzystanie ręcznych odbiorników GNSS do pomiaru powierzchni działek rolnych*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr6/2010, PAN Kraków.
- Mika M. *Geodezyjne, prawne i organizacyjne aspekty Jednolitego Systemu Płatności Obszarowej w Polsce*, Geomatics and Environmental Engineering Vol.1, No.2, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo – Dydaktyczne, Kraków 2007.
- Plewako M., Dąbrowski K. *Zastosowanie odbiorników GPS z korekcją różnicową EGNOS do pomiaru pól powierzchni działek rolnych*; Kraków 2007.
- Szymański L. *Instrukcja realizacji kontroli w zakresie kwalifikowalności powierzchni, wersja 1.3 z dnia 10.06.2009 r.*, Warszawa 2009.
- <http://www.wir.org.pl/siewca/gps.htm> Włodzimierz Chodor
- www.garmin.com.pl

Dr inż. Monika Mika
Katedra Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 253a, 30-198 Kraków
e-mail: mika.monika@interia.pl
telefon: +4812 6624518

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Ryszard Hycner*