

DOKŁADNOŚĆ OBLICZANIA POŁA POWIERZCHNI ZE WSPÓLRZĘDNYCH PŁASKICH PROSTOKĄTNYCH

Adam Duskocz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Współczesne mapy wielkoskalowe opracowywane są w systemach informacyjnych, jednakże cyfrowa forma opracowania bynajmniej nie zmienia oczekiwań zdefiniowanych niegdyś w przypadku mapy analogowej. W realizacji procesu obsługi inwestycji typowymi informacjami pozyskiwanymi z map wielkoskalowych są odległości i pola powierzchni.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę dokładności obliczenia pola powierzchni wieloboków ze współrzędnych (X, Y) wierzchołków z uwzględnieniem błędów średnich (m_x, m_y) ich wyznaczenia. W wyniku analiz wykazano także wpływ średniego błędu położenia punktów granicznych na dokładność analitycznego wyznaczenia pola powierzchni działki ewidencyjnej. Ponadto, podano nową formułę na dopuszczalną różnicę dwukrotnego analitycznego wyznaczenia pola powierzchni.

Słowa kluczowe: obiekty katastralne, dokładność obliczania pola powierzchni

WSTĘP

Mapy wielkoskalowe zapewniają możliwość obliczania pola powierzchni, co obok wyznaczania długości elementów liniowych stanowi podstawę realizacji typowych zadań gospodarczych. Współcześnie, przy opracowywaniu map w postaci cyfrowej, pola powierzchni obliczane są z zastosowaniem metod analityczno-numerycznych [Kadaj 2001] lub są pozyskiwane bezpośrednio z baz danych. Pole powierzchni jest kluczowym atrybutem obiektów zawartych w ewidencji gruntów i budynków, a ponadto często jest niezbędną informacją do prawidłowej realizacji opracowań planistycznych i obsługi inwestycji.

Praca powstała w ramach badań zleconych przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w Warszawie (KN-2501-04-05), ich rezultaty były prezentowane m.in. na III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adres do korespondencji – Corresponding author: Adam Duskocz, Katedra Geodezji Szczegółowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Heweliusza 12, 10-724 Olsztyn, e-mail: adam.duskocz@uwm.edu.pl

Wielkości dotychczas stosowanych w kraju dopuszczalnych odchyłek dwukrotnego obliczenia pola powierzchni wyznacza się ze wzorów, które generalnie uwzględniają tylko wpływ wielkości obliczanego pola powierzchni, a niekiedy dodatkowo współczynnik wydłużenia analizowanej figury geometrycznej. Natomiast wiadomym jest, że dokładność analitycznego obliczenia pola powierzchni dowolnej figury geometrycznej, obok rozmiaru figury i jej kształtu, zależna jest również od błędów wyznaczenia położenia jej punktów wierzchołkowych [Masłow 1955, Pluciński 1966, Wilkowski 1987, Sikorski i Wasilewski 1991, Latoś 2000, Wrona 2001, Bogaert i in. 2005, Daskocz 2005].

Analizując dokładność obliczenia pola powierzchni ze współrzędnych, należy mieć na uwadze współczesne metody ich wyznaczania oraz ich dokładność [Dąbrowski i Daskocz 2005]. Ze względu na wagę zagadnienia obliczania pola powierzchni i jego dokładności niezwykle istotną kwestią jest efektywność ekonomiczna stosowanych – do wyznaczenia położenia (współrzędnych) – technologii pomiarowych [Schnurr 2004]. Duże znaczenie w tym zakresie ma również szybkość pozyskania współrzędnych wyznaczanych punktów [Abdel-Maguid i in. 2005]. W świetle aspektów szybkości i efektywności ekonomicznej pozyskiwania danych terenowych do obliczania pól powierzchni szczególnie atrakcyjne jest zastosowanie wyznaczania pozycji w systemach GNSS (ang. *Global Navigation Satellite Systems*). Już w pierwszych latach cywilnych zastosowań pomiarowych systemu satelitarne GPS (ang. *Global Positioning System*) zwrócono uwagę na zalety wyznaczania pól powierzchni na podstawie pomiarów GPS. Przykładowo, wykorzystywano pomiary GPS do nadzoru i zarządzania uprawami rolniczymi [Kryński i Oefverberg 1994]. Duże nadzieje z satelitarnym wyznaczaniem pozycji wiązano także w aspekcie szerszych zastosowań gospodarczych, w katastrze nieruchomości i w systemie informacji o terenie [Oszczałak 1990, Barnes i Eckl 1996, Wyczałek i Wyczałek 1998].

Istotnych wniosków w zakresie dokładności obliczania pola powierzchni z wyników pomiarów GPS dostarczyła praca [Bogaert i in. 2005], w której wyznaczano pola uprawne o typowych rozmiarach dla obszaru Unii Europejskiej. W przypadku działek rolnych o powierzchni od 0,5 ha do 5 ha stwierdzono błąd obliczenia rzędu od 1 do 5%. Ponadto, stwierdzono zależność dokładności obliczenia powierzchni od prędkości (częstotliwości) gromadzenia danych terenowych w trybie RTK GPS (wyznaczania współrzędnych punktów na obrysie mierzonego obiektu). Ustalono, że przy pomiarach działek o powierzchni do 4 ha optymalną jest prędkość przesyłanego sygnału odbiornika rzędu 0,5–2 m/s (1,8–7,2 km/h) [Bogaert i in. 2005]. Jak wiadomo, zwiększanie liczby punktów wyznaczanych na obrysie mierzonego obiektu powoduje wzrost dokładności wyznaczenia jego pola powierzchni [Daskocz 2006ab, Hejmanowska i Woźniak 2009].

W kontekście potrzeb nowoczesnego prowadzenia katastru i zadań pokrewnych (np. w Systemie Identyfikacji Działek Rolnych, ang. *Land Parcel Identification System*, LPIS [Ciećko i Oszczałak 2006, Zimnoch 2005, Deska 2006]), obok pomiarów bezpośrednich wykonanych tachimetrem elektronicznym [Daskocz 2008] lub techniką RTK GPS [Baryła i in. 2006], wykorzystywane są także technologie fotogrametrii cyfrowej i tele-detekcji [Hejmanowska 2006]. Ponadto, obecnie coraz częściej współczesne technologie pomiarowe uzupełniają się i są wykorzystywane łącznie [Onkalo 2006], a w specjalistycznych systemach informacyjnych wspomagają je również aplikacje GIS-owe [Relin i in. 2003].

Współczesne techniki pomiarów terenowych pozwalają na wyznaczanie szczegółów sytuacyjnych z wysoką dokładnością. Należy jednak pamiętać, iż w przypadku oceny

dokładności wyrażanej miarą błędu bezwzględnego, z uwzględnieniem błędności punktów osnowy [Kadaż 2003], kluczowe znaczenie może mieć dokładność położenia punktów osnowy geodezyjnej i poprawność relacji długości boków nawiązania do odległości do mierzonych obiektów [Dąbrowski i Doskocz 2000]. Ocena dokładności analitycznego obliczenia pola powierzchni na podstawie błędu bezwzględnego powinna zatem uwzględniać dokładność osnowy geodezyjnej, podobnie jak w przypadku oceny kartometryczności mapy katastralnej [Sikorski i Wasilewski 1991, Latoś i Maślanka 1998]. Natomiast rozpatrywanie dokładności względnej, liczonej w stosunku do punktów osnowy geodezyjnej, jest jednoznaczne z przyjęciem założenia o bezbłędności punktów osnowy. W ramach pomiarów terenowych może to oznaczać pomiar wykonywany w układzie lokalnym instrumentu lub pomiary dwukrotne z wykorzystaniem identycznych punktów osnowy.

W niniejszej pracy odniesiono się do względnej dokładności (przy założeniu bezbłędności punktów osnowy) obliczenia pola powierzchni figury geometrycznej na podstawie średnich błędów współrzędnych płaskich (X, Y) jej wierzchołków. W pracy przedstawiono również sposób wyznaczenia wielkości dopuszczalnych odchyłek dwukrotnego obliczenia pola powierzchni, obiektów katastralnych i innych, ze współrzędnych punktów załamania ich granic wyznaczonych na podstawie wyników dwóch jednakowo dokładnych pomiarów.

OCENA DOKŁADNOŚCI ANALITYCZNEGO OBLICZENIA POLA POWIERZCHNI

Znany jest ścisły wzór na błąd pola figury o n bokach w zależności od błędów współrzędnych jej wierzchołków [Masłow 1955, Pluciński 1966]:

$$m_{pow} = \pm \sqrt{1/4 \cdot \sum_{i=1}^n m_i^2 \cdot (2 \cdot m_{i+1}^2 + d_i^2)} \quad (1)$$

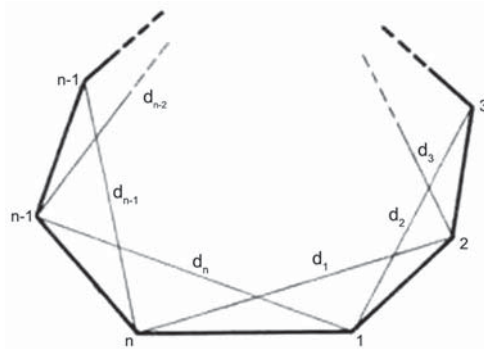
gdzie m_i jest błędem wyznaczenia współrzędnych i -tego wierzchołka, a d_i są przekątnymi wieloboku łączącymi wierzchołki o numerach $i-1$ oraz $i+1$ ($i=1, 2, \dots, n$) – przy czym wierzchołki o numerach $0, n+1$ oznaczają odpowiednio wierzchołki o numerach $n, 1$ (rys. 1).

Powyżej zapisany w formule (1) ścisły wzór po uwzględnieniu, że $2 \cdot m_{i+1}^2 \ll d_i^2$ – i przy założeniu równej dokładności wyznaczenia współrzędnych (X, Y) punktów wierzchołkowych obiektu (tzn. $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$) oraz przy zaniedbaniu wpływu błędności punktów osnowy i przyjęciu braku korelacji pomiędzy współrzędnymi tego samego punktu – można zapisać w uproszczonej postaci (2) podanej w pracy [Masłow 1955, s. 115]:

$$m_{pow} = m_p \cdot \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (2)$$

gdzie m_p jest błędem położenia punktu wierzchołkowego ($m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{2 \cdot m^2}$,

a w związku z tym $m = m_p / \sqrt{2}$). W równaniu (2) założono jednakową dokładność położenia (m_p) wszystkich punktów wierzchołkowych.



Rys. 1. Rozmieszczenie przekątnych naprzeciw kolejnych wierzchołków wieloboku [Pluciński 1966, s. 18]

Fig. 1. Location of diagonals opposite to successive vertices of the polygon

Zależność (2) zapewnia praktycznie wystarczającą dokładność wyznaczenia błędu analitycznego obliczenia pola powierzchni [Pluciński 1966, s. 24]. Przy założeniu, że figura, której pole powierzchni obliczamy, jest prostokątem o długości a i szerokości b (uwzględniając, że współczynnik wydłużenia $k = a/b$ i pole powierzchni $P = a \cdot b$, wówczas $a^2 = P \cdot k$ i $b^2 = P/k$), można ją zapisać w postaci także znanej z literatury przedmiotu [Trautsohl 1985, s. 226]:

$$m_{Pow} = m_P \cdot \sqrt{P} \cdot \sqrt{(1+k^2)/2 \cdot k} \quad (2a)$$

W przypadku obiektów powierzchniowych o kształcie zbliżonym do prostokąta obliczenie współczynnika wydłużenia (k) nie nastęrcza trudności, albowiem określa go stosunek średniej długości do średniej szerokości. Natomiast w przypadku obiektu o nieregularnym kształcie – dla ustalenia współczynnika jego wydłużenia niezbędna jest znajomość długości obwodu (O) wieloboku i jego szerokości (s) pomierzonej w najszerszym miejscu. Wówczas wielkość współczynnika wydłużenia można obliczyć z następującej zależności $k = (\frac{O}{2} - s) / s$ [Duskocz 2006b].

WARUNKI ANALITYCZNEGO WYZNACZANIA POLA POWIERZCHNI Z DOKŁADNOŚCIĄ 1 M²

Błąd średni analitycznego wyznaczenia pola powierzchni działki ewidencyjnej jest funkcją jej wielkości i kształtu, zależy on także wprost proporcjonalnie od dokładności wyznaczenia położenia punktów granicznych [Duskocz 2005]. W związku z tym, po przekształceniu formuły (2a), oszacowano błąd położenia punktu granicznego, który nie powinien być przekroczony, aby pole działki mogło być obliczone z błędem nie większym niż 1 m² (tab. 1).

Podobną analizę, przy innej tolerancji dopuszczalnego błędu wyznaczenia pola powierzchni, wykonano w pracy [Wilkowski 1987, s. 15]. Mianowicie, wyznaczono tam dokładność położenia punktów określających granicę drzewostanu, w systemach pomiarowych inwentaryzacji lasu, przy założonej wielkości względnego błędu pola powierzchni $m_P / P = 1.4\%$ i przyjętych wielkościach obszaru drzewostanu oraz jego kształtu.

Tabela 1. Dopuszczalny błąd położenia punktu granicznego (m_p) przy założeniu błędu obliczenia pola $m_{pow}=1 m^2$ Table 1. Permissible error m_p of position of a border point with the assumption of the area determination error $m_{pow}=1 m^2$

P [ha]	Błąd położenia punktu granicznego [m] Position error of the border point										
	Współczynnik wydłużenia figury geometrycznej (k) Elongation coefficient of a geometric figure										
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	7	10	15	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0,005	-----	-----	-----	-----	-----	0,0970	0,0877	0,0748	0,0629	0,0515	
0,01	0,1000	0,0961	0,0895	0,0831	0,0775	0,0686	0,0620	0,0529	0,0445	0,0364	
0,05	0,0447	0,0430	0,0400	0,0371	0,0346	0,0307	0,0277	0,0237	0,0199	0,0163	
0,1	0,0316	0,0304	0,0283	0,0263	0,0245	0,0217	0,0196	0,0167	0,0141	0,0115	
0,5	0,0141	0,0136	0,0126	0,0117	0,0110	0,0097	0,0088	0,0075	0,0063	0,0052	
1	0,0100	0,0096	0,0089	0,0083	0,0077	0,0069	0,0062	0,0053	0,0044	0,0036	
3	0,0058	0,0055	0,0052	0,0048	0,0045	0,0040	0,0036	0,0031	0,0026	0,0021	
7	0,0038	0,0036	0,0034	0,0031	0,0029	0,0026	0,0023	0,0020	0,0017	0,0014	
10	0,0032	0,0030	0,0028	0,0026	0,0024	0,0022	0,0020	0,0017	0,0014	0,0012	

Wielkości liczbowe zestawione w tabeli 1 wskazują jednoznacznie, że aby uzyskać dokładność $1 m^2$ wyznaczenia powierzchni działek ewidencyjnych (przy wydłużeniu $k > 3$) o polu równym $50 m^2$ i polach większych, dokładność wyznaczenia położenia punktów granicznych musi przewyższać obecnie wymaganą minimalną dokładność $m_p = 0,10 m$. W przypadku działek o powierzchni $0,5 ha$ położenie punktów granicznych powinno być wyznaczone z dokładnością rzędu $0,01 m$, a dla działek większych – teoretycznie z jeszcze wyższą dokładnością. Jednakże w warunkach rzeczywistych pomiarów terenowych jest to absurdalnym postulatem. W związku z tym, należałoby rozważyć możliwość wpisania w obowiązujących standardach technicznych wymogu zwiększenia dokładności wyznaczania położenia punktów granicznych.

Jest to także zgodne ze znanymi opiniami środowiska naukowego, w których podnosi się potrzebę zaostrzenia wymogów dokładnościowych w zakresie poziomych osnow geodezyjnych i szczegółowych pomiarów sytuacyjnych. Mianowicie postuluje się, aby punkty osnowy nie były wyznaczone z błędami położenia większymi od $0,05 m$, a położenie szczegółów sytuacyjnych I grupy powinno być wyznaczone z dokładnością nie mniejszą niż $0,03 m$ względem osnowy [Latoś 2000]. Również tendencje takich zmian widoczne są w innych krajach. Na przykład w USA Państwowe Towarzystwo Geodetów Uprawnionych w przyjętym w 2005 roku dokumencie określającym wytyczne pomiarów wyznaczających prawa własności nieruchomości postuluje, aby dokładność pomiarów sytuacyjnych była nie gorsza niż $0,07$ stopy ($0,020 m$) + $50 ppm$ [ALTA 2005].

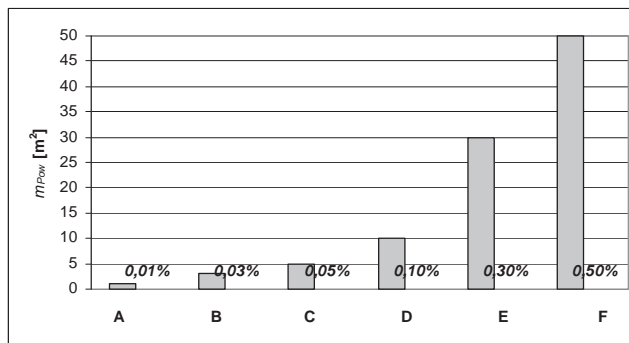
ANALIZA DOKŁADNOŚCI OBLICZANIA POLA POWIERZCHNI ZE WSPÓLRZĘDNYCH

Szczegółową analizę dokładności obliczania pola powierzchni ze współrzędnych przedstawiono w pracy [Dorskocz 2005]. W badaniach zastosowano formułę (2a), uwzględniając średnie błędy współrzędnych wyrażonych łącznie poprzez błąd położenia

punktu o wielkościach charakteryzujących dokładność współczesnych pomiarów terenowych, satelitarnych i fotogrametrycznych lub spełniających wymogi przepisów z zakresu ewidencji gruntów i budynków. Fragment uzyskanych wyników przedstawiono na rysunku 2, przyjmując następujące oznaczenia:

- A – $m_p = 0,01$ m , maksymalna dokładność terenowej identyfikacji punktów załamania granic działek ewidencyjnych oraz konturu budynków.
- B – $m_p = 0,03$ m , dokładność wyznaczenia położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy techniką satelitarną RTK GPS [Beluch i Krzyżek 2005].
- C – $m_p = 0,05$ m , przeciętna dokładność wyznaczenia położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy za pomocą pomiarów bezpośrednich tachimetrem elektronicznym [Dąbrowski i in. 1998].
- D – $m_p = 0,10$ m , minimalna dokładność wyznaczenia położenia punktów granicznych i punktów załamania konturu budynków określona w Instrukcji technicznej G-5 [Instrukcja 2003].
- E – $m_p = 0,30$ m , minimalna dokładność wyznaczenia położenia szczegółów II grupy dokładnościowej (np. punktów załamania kanałów, rowów i innych budowli ziemnych) określona w Instrukcji G-5 [Instrukcja 2003].
- F – $m_p = 0,50$ m , minimalna dokładność wyznaczenia położenia szczegółów III grupy dokładnościowej (np. punktów załamania użytków gruntowych i klas gleboznawczych) określona w Instrukcji G-5 [Instrukcja 2003].

W analizie rozpatrywano figurę w kształcie prostokąta o powierzchni 1 ha i współczynnika wydłużenia $k = 1$ (optymalnym ze względu na dokładność obliczenia pola), ponadto założono jednakową dokładność wyznaczenia położenia jej punktów wierzchołkowych.



Rys. 2. Wpływ m_p na dokładność analitycznego wyznaczenia pola kwadratu o powierzchni 1 ha
 Fig. 2. The effect of the m_p value on the accuracy of analytical determination of the area of a square of 1 ha

Z powyższego rysunku 2 wynika, że obliczając pole powierzchni kwadratowej działki o wielkości 1 ha – na podstawie współrzędnych punktów granicznych, których położenie wyznaczono z dokładnością równą 0,10 m – popęlnia się błąd obliczenia pola powierzchni wynoszący 10 m².

Poniżej w tabeli 2 przedstawiono ocenę dokładności analitycznego obliczenia pola powierzchni figury geometrycznej (w kształcie prostokątnym). Zestawiono wielkości błędu obliczenia pola prostokąta ze współrzędnych punktów wierzchołkowych, których położenie wyznaczono z obowiązującą w Polsce dokładnością pomiarów katastralnych ($m_p = 0,10 \text{ m}$, względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej). Uwzględniono figury o powierzchni od 0,01 ha do 5000 ha charakteryzujące się współczynnikiem k od 1 do 15.

Tabela 2. Dokładność analitycznego obliczenia pola powierzchni (P) ze współrzędnych punktów wierzchołkowych, których położenie wyznaczono z dokładnością $m_p = 0,10 \text{ m}$

Table 2. Accuracy of analytical determination of area P basing on coordinates of vertices, which position has been determined with the accuracy $m_p = 0,10 \text{ m}$

P [ha]	Błąd analitycznego obliczenia pola powierzchni wyznaczony ze wzoru (2a) [m ²] Error of analytical determination of area using the formula (2a)									
	Współczynnik wydłużenia figury geometrycznej (k) Elongation coefficient k of a geometric figure									
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	7	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,01	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,2	2,7
0,1	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,6	5,1	6,0	7,1	8,7
0,5	7,1	7,4	7,9	8,5	9,1	10,3	11,4	13,4	15,9	19,4
1	10,0	10,4	11,2	12,0	12,9	14,6	16,1	18,9	22,5	27,4
3	17,3	18,0	19,4	20,9	22,4	25,2	27,9	32,7	38,9	47,5
7	26,5	27,5	29,6	31,9	34,2	38,6	42,7	50,0	59,5	72,6
10	31,6	32,9	35,4	38,1	40,8	46,1	51,0	59,8	71,1	86,8
20	44,7	46,5	50,0	53,9	57,7	65,2	72,1	84,5	100,5	122,7
50	70,7	73,6	79,1	85,1	91,3	103,1	114,0	133,6	158,9	194,1
100	100,0	104,1	111,8	120,4	129,1	145,8	161,2	189,0	224,7	274,5
1000	316,2	329,1	353,6	380,8	408,2	461,0	509,9	597,6	710,6	867,9
5000	707,1	736,0	790,6	851,5	912,9	1030,8	1140,2	1336,3	1589,0	1940,8

Wielkości błędu analitycznego obliczenia pola powierzchni wskazują, iż dla działki o polu równym 1 ha dokładność wyznaczenia jej powierzchni (na podstawie współrzędnych punktów granicznych, których położenie wyznaczono z dokładnością równą 0,10 m) w zależności od jej wydłużenia waha się od 10 m² do rzędu 30 m² (dla rozważanych wartości współczynnika k). Rezultat ten wydaje się być mało satysfakcjonujący, a zważywszy na treść § 62 obowiązującego rozporządzenia w sprawie ewidencji gruntów i budynków [Rozporządzenie 2001] – w którym czytamy: „Pole powierzchni działki ewidencyjnej oblicza się na podstawie współrzędnych, (...) i określa się w hektarach z dokładnością zapisu do 0,0001.” – jest także niepokojący.

Wykazane zależności powinny skutkować przyjęciem odpowiednich kryteriów w zakresie precyzji zapisu (obliczania) pól powierzchni. Podobnie jak ma to miejsce np. w warunkach kanadyjskich [ESS 2008]. Mianowicie w Dodatku E3 do "General Instructions for Surveys of Canada Lands" Earth Sciences Sector of Natural Resources Canada przedstawiono następujące wytyczne w zakresie precyzji zapisu powierzchni działek (tab. 3).

Tabela 3. Precyzja zapisu pola powierzchni działek w Kanadzie [ESS 2008]

Table 3. Precision of notation of parcel areas in Canada

Pole powierzchni działki (P) Area P of the parcel	Precyzja zapisu Quote to
$P \leq 0,1$ ha	1 m ²
$0,1$ ha $< P \leq 1$ ha	10 m ²
1 ha $< P \leq 10$ ha	100 m ²
10 ha $< P \leq 100$ ha	1000 m ²
$P > 100$ ha	10000 m ²

Jak wiadomo, precyzja zapisu pola powierzchni jest istotna, gdyż na przykład przy ustalaniu wartości nieruchomości gruntowych ich powierzchnia jest kluczowym atrybutem, a cena transakcyjna jest wprost proporcjonalna do areалу. Dlatego też w szeroko pojętym interesie społecznym istotnym jest dostarczanie informacji o polu powierzchni nieruchomości z najwyższą realną dokładnością. Zważywszy jednak na podstawy prawne i standardy techniczne obowiązujące w zakresie danych katastralnych w Polsce, rozwiązanie kanadyjskie dotyczące precyzji zapisu pól powierzchni nie może być bezpośrednio zastosowane. Albowiem powierzchnia działek ewidencyjnych jest bilansowana do powierzchni obrębów, które z kolei wyznaczają powierzchnię jednostek ewidencyjnych, a te muszą być zbilansowane do powierzchni całego kraju.

DOPUSZCZALNE RÓŻNICE DWUKROTNEGO OBLICZENIA POLA POWIERZCHNI

Wielkości dotychczas stosowanych w Polsce dopuszczalnych odchyłek dwukrotnego wyznaczenia pola powierzchni obliczane są ze wzorów, które generalnie są tylko funkcją wielkości obliczanego pola powierzchni lub dodatkowo uwzględniają także współczynnik wydłużenia figury.

Zgodnie z wymogami Instrukcji technicznej G-5 maksymalna różnica analitycznie obliczonego pola powierzchni działki ewidencyjnej (stwierdzona w procesie modernizacji ewidencji gruntów) nie powinna przekroczyć wartości obliczonej według poniższego wzoru:

$$dP_{max} = 0,001 \cdot P + 0,2 \cdot \sqrt{P} \quad (3)$$

W Wytycznych technicznych G-5.4 podano następujący wzór na dopuszczalną różnicę przy porównaniu powierzchni działek objętych pomiarem kontrolnym [Wytyczne 1992]:

$$dP = 0,4 \cdot \sqrt{2 \cdot P} \cdot \sqrt{\frac{1+k^2}{2 \cdot k}} \quad (4)$$

W wytycznych G-5.4 zamieszczono również wzór:

$$dP = 2 \cdot (0,002 \cdot P + 0,2 \cdot \sqrt{P}) \quad (5)$$

który wyznacza dopuszczalne różnice przy porównywaniu pól powierzchni, w przypadku odnawiania i modernizacji ewidencji gruntów w technologii określonej przez Wytyczne techniczne GUGiK z 1 marca 1979 r. (AG-3-580/1/79).

Z kolei, w Instrukcji katastralnej II [Instrukcja 1946] podano następującą formułę na wyznaczenie dopuszczalnej różnicy dla dwóch obliczeń pola powierzchni obiektów, o areale do 15 ha (P w m^2), na podstawie pomiarów jednakowo dokładnych:

$$dP = 0,01 \cdot \sqrt{0,6 \cdot P - 0,000002 \cdot P^2} \quad (6)$$

Instrukcja katastralna II (wprowadzona do stosowania na terenie Polski w roku 1946) może być nadal stosowana w sytuacjach nie uregulowanych skutecznie nowymi przepisami [Mecha 2001].

W procesie tworzenia oraz aktualizacji i modernizacji baz danych ewidencji gruntów i budynków potrzebna jest znajomość dokładności obliczenia pola powierzchni. W przypadku obliczania pól powierzchni obiektów katastralnych z wyników dwóch jednakowo dokładnych pomiarów wielkościom stwierdzonych różnic należy się przyrzeć pod kątem ich dopuszczalności.

W pracy [Doskocz 2006a] podano formułę na obliczenie wielkości dopuszczalnych różnic dwukrotnego wyznaczenia pola powierzchni obiektów katastralnych ze współrzędnych punktów załamania ich granic (przy założeniu niezależnego, dwukrotnego wyznaczenia współrzędnych z równą dokładnością). W wyprowadzeniu założono, że różnica pola powierzchni (dP) pomiędzy pierwszym (P_{Pow-I}) i drugim (P_{Pow-II}) wyznaczeniem pola powierzchni jest dopuszczalna, gdy obydwa obliczenia wykonano z dokładnością określoną wzorem (2), $dP = P_{Pow-I} - P_{Pow-II}$. Wówczas kwadrat błędu średniego różnicy dwukrotnego obliczenia pola powierzchni wynosi $m_{dP}^2 = m_{Pow-I}^2 + m_{Pow-II}^2$, a przy założeniu równej dokładności wyznaczenia współrzędnych punktów wierzchołkowych (tym samym równej dokładności analitycznego wyznaczenia pola powierzchni $m_{Pow-I}^2 = m_{Pow-II}^2 = m_{Pow}^2$) błąd średni różnicy wyznaczenia pola powierzchni na podstawie wyników dwóch jednakowo dokładnych pomiarów wyraża równanie

$$m_{dP} = \sqrt{2} \cdot m_{Pow} = \sqrt{2} \cdot m_P \cdot \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n d_i^2}.$$

Następnie – uznając, że pole powierzchni jest poprawnie wyznaczone, gdy różnica pomiędzy obydwoimi obliczeniami nie przekracza dwukrotnej wielkości błędu średniego pojedynczego wyznaczenia pola powierzchni (wyrażonego wzorem (2)) – ostatecznie uzyskano wzór (7) na wyznaczenie maksymalnej dopuszczalnej odchyłki dwukrotnego wyznaczenia pola powierzchni figury geometrycznej ze współrzędnych punktów załamania jej granic:

$$dP_{max} = 2 \cdot m_{dP} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot m_P \cdot \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n d_i^2} = \sqrt{8} \cdot m_P \cdot \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (7)$$

$$dP_{max} = m_P \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (7a)$$

Wzór (7a) przy założeniu, że figura, której pole powierzchni obliczamy, jest czworobokiem, można zapisać w następującej postaci:

$$dP_{max} = 2 \cdot m_P \cdot \sqrt{P} \cdot \sqrt{(1+k^2)/k} \quad (7b)$$

PROPONOWANE WIELKOŚCI DOPUSZCZALNYCH ODCHYLEK DWUKROTNEGO OBLICZENIA POŁA POWIERZCHNI ZE WSPÓLRZĘDNYCH

W pracy [Daskocz 2006a] ustalono maksymalne wielkości dopuszczalnych różnic dwukrotnego wyznaczenia pól powierzchni czworobocznych obiektów katastralnych obliczone z zastosowaniem formuły (7b). Rozpatrywano dokładność dwukrotnego obliczenia pola powierzchni obiektów katastralnych z uwzględnieniem obowiązujących dokładności wyznaczenia położenia punktów załamania ich granic, a mianowicie: jednostek ewidencyjnych, obrębów ewidencyjnych, działek ewidencyjnych i konturu budynków; konturu kanałów, rowów i innych budowli ziemnych; konturu użytków gruntowych i klas gleboznawczych. W tabeli 4 zestawiono wielkości dopuszczalnych różnic. Należy zaznaczyć, że odnoszą się one do przypadków, w których obliczenia wykonano na podstawie współrzędnych punktów sytuacyjnych wyznaczonych z minimalną dokładnością pomiaru szczegółów I grupy dokładnościowej ($m_p = 0,10$ m w stosunku do punktów poziomej osnowy geodezyjnej).

Tabela 4. Maksymalne wielkości dopuszczalnych różnic dwukrotnego wyznaczenia pola powierzchni czworoboków ze współrzędnych punktów wierzchołkowych (przy $m_p = 0,10$ m)

Table 4. Maximum values of permissible differences of double determination of areas of quadrilaterals from coordinates of vertices (for $m_p = 0,10$ m)

P	Dopuszczalna odchyłka dwukrotnego obliczenia pola powierzchni wyznaczona ze wzoru (7b) [m ²]									
	Permissible deviation of double calculation of area, using (7b)									
	Współczynnik wydłużenia obiektu (<i>k</i>) Elongation coefficient <i>k</i> of an object									
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	7	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0001 ha	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0,001 ha	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
0,01 ha	3	3	3	3	4	4	5	5	6	8
0,02 ha	4	4	5	5	5	6	6	8	9	11
0,05 ha	6	7	7	8	8	9	10	12	14	17
0,07 ha	8	8	8	9	10	11	12	14	17	21
0,10 ha	9	9	10	11	12	13	14	17	20	25
0,15 ha	11	11	12	13	14	16	18	21	25	30
0,20 ha	13	13	14	15	16	18	20	24	28	35
0,30 ha	16	16	17	19	20	23	25	29	35	43
0,40 ha	18	19	20	22	23	26	29	34	40	49
0,50 ha	20	21	22	24	26	29	32	38	45	55
0,60 ha	22	23	25	26	28	32	35	41	49	60
0,70 ha	24	25	27	29	31	35	38	45	53	65
0,80 ha	25	26	28	31	33	37	41	48	57	69
0,90 ha	27	28	30	32	35	39	43	51	60	74
1,0 ha	28	29	32	34	37	41	46	54	64	78
1,5 ha	35	36	39	42	45	51	56	66	78	95
2,0 ha	40	42	45	48	52	58	65	76	90	110
3,0 ha	49	51	55	59	63	71	79	93	110	135

Tabela 4 cd.
Table 4 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4,0 ha	57	59	63	68	73	83	91	107	127	155
5,0 ha	63	66	71	76	82	92	102	120	142	174
6,0 ha	69	72	78	83	89	101	112	131	156	190
7,0 ha	75	78	84	90	97	109	121	141	168	205
8,0 ha	80	83	89	96	103	117	129	151	180	220
9,0 ha	85	88	95	102	110	124	137	160	191	233
10 ha	89	93	100	108	116	130	144	169	201	246
15 ha	110	114	123	132	141	160	177	207	246	301
20 ha	127	132	141	152	163	184	204	239	284	347
30 ha	155	161	173	187	200	226	250	293	348	425
40 ha	179	186	200	215	231	261	288	338	402	491
50 ha	200	208	224	241	258	292	323	378	449	549
60 ha	219	228	245	264	283	319	353	414	492	601
70 ha	237	246	265	285	306	345	382	447	532	650
80 ha	253	263	283	305	327	369	408	478	569	694
90 ha	268	279	300	323	346	391	433	507	603	737
100 ha	283	294	316	341	365	412	456	535	636	776
150 ha	346	361	387	417	447	505	559	655	779	951
200 ha	400	416	447	482	516	583	645	756	899	1098
300 ha	490	510	548	590	633	714	790	926	1101	1345
400 ha	566	589	633	681	730	825	912	1069	1271	1553
500 ha	633	658	707	762	817	922	1020	1195	1421	1736
600 ha	693	721	775	834	894	1010	1117	1309	1557	1902
700 ha	748	779	837	901	966	1091	1207	1414	1682	2054
800 ha	800	833	894	963	1033	1166	1290	1512	1798	2196
900 ha	849	883	949	1022	1095	1237	1368	1604	1907	2329
1000 ha	894	931	1000	1077	1155	1304	1442	1690	2010	2455
2000 ha	1265	1317	1414	1523	1633	1844	2040	2391	2843	3472
5000 ha	2000	2082	2236	2408	2582	2916	3225	3780	4494	5489
10000 ha	2828	2944	3162	3406	3652	4123	4561	5345	6356	7763

PODSUMOWANIE

Możliwość analitycznego wyznaczenia pola powierzchni obiektów katastralnych (i innych obiektów powierzchniowych) na podstawie współrzędnych płaskich ich wierzchołków, pozyskanych z bazy danych mapy cyfrowej lub za pomocą współczesnych technologii pomiarowych, jest spełnieniem jednej z podstawowych funkcji mapy wielkoskalowej.

Dokładność analitycznego obliczenia pola powierzchni figury geometrycznej zależy od jej wielkości i kształtu oraz od dokładności wyznaczenia położenia jej punktów wierzchołkowych (zależność (2a)). Wzrost wydłużenia obiektu powierzchniowego powoduje obniżenie dokładności obliczenia pola powierzchni (tab. 2).

W przypadku zwiększania liczby punktów wierzchołkowych, zlokalizowanych na konturze obiektu powierzchniowego (przy niezmiennych pozostałych atrybutach

objektu, tj. polu powierzchni, wydłużeniu i dokładności wyznaczenia położenia jego wierzchołków), błąd średni analitycznego obliczenia pola powierzchni maleje [Dorskocz 2006b, rys. 4], [Hejmanowska i Woźniak 2009, rys. 5–7].

Obecnie stosowane w kraju wzory na wyznaczenie dopuszczalnej odchyłki dwukrotnego obliczenia pola powierzchni nie odzwierciedlają występujących w zagadnieniu zależności. Mianowicie, nie uwzględniają wszystkich czynników stanowiących o dokładności obliczenia pola powierzchni – tj. wielkości pola figury i jej kształtu oraz błędów położenia jej punktów wierzchołkowych. Natomiast zaproponowana formuła (7b) w pełni odzwierciedla zależności występujące w omawianym zagadnieniu. Ustalono ją dla czworokątnych obiektów powierzchniowych, w odniesieniu do których należy spodziewać się największych błędów analitycznego obliczenia pola powierzchni [Dorskocz 2006b, rys. 3].

Autor niniejszej pracy proponuje zastosowanie wzoru (7b) dla obliczania dopuszczalnych różnic dwukrotnego analitycznego wyznaczenia pola powierzchni. Przy czym, położenie punktów granicznych (wierzchołkowych) winno być wyznaczane z dokładnością rzędu 0,01–0,03 m (tab. 1). Obecnie szczególnie zalecane jest, w przypadku dostatecznej dostępności sfery niebieskiej, wyznaczanie położenia punktów wierzchołkowych techniką RTK GNSS w systemie ASG-EUPOS.

Zdaniem autora jest pożądanym prowadzenie dalszych badań w celu ustalenia procedur wyznaczenia dopuszczalnych różnic dwukrotnego obliczenia pola powierzchni ze współrzędnych w zakresie obiektów powierzchniowych o dowolnym kształcie. W celu zapewnienia obliczania ich pola powierzchni na odpowiednim poziomie ufności, a z drugiej strony niewszczyniania nieuzasadnionych zmian w rejestrach katastralnych z tytułu rozbieżności zaistniałych w polach powierzchni (w zakresie dozwolonym, na skutek występowania przypadkowych błędów pomiarowych). Innymi słowy, by sprostać warunkom realizacji podstawowej funkcji katastralnej bazy danych, tj. utrzymywania w ciągłej aktualności i wiarygodności zgromadzonych w niej informacji o nieruchomościach [Goraj i in. 1989].

Wykonane badania wykazały, iż w celu zapisywania pól powierzchni obiektów katastralnych zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami, z dokładnością do 1 m² [Rozporządzenie 2001], należy znacznie zwiększyć dokładność wyznaczania położenia punktów granicznych (tab. 1). Pewną sugestią może stanowić rozwiązanie kanadyjskie, w którym precyzję wyrażenia (zapisu) pola powierzchni uzależniono od wielkości obliczonego pola (tab. 3). Na gruncie legislacji krajowej powyższą kwestię mogłoby uregulować wprowadzenie atrybutu informującego o dokładności wyznaczenia pola powierzchni działek ewidencyjnych i innych obiektów katastralnej bazy danych.

PIŚMIENNICTWO

Abdel-Maguid R.H., El-Manadily Y.S., El-Shazly A.H., 2005. A Rapid and Cost-Effective Technique for Planimetric Mapping of Small Villages in Developing Countries. FIG Working Week and GSDI-8, Cairo, Egypt April 16–21, http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts_22/ts22_02_abdelmaguid_etal.pdf (odczytano: 2006-03-24).

ALTA, 2005. Minimum standard detail requirements for ALTA/ACSM land title surveys as adopted by American Land Title Association and National Society of Professional Surveyors,

- Washington, USA, http://www.accesskansas.org/ksbtp/2005_ALTA_Standards.pdf (odczytano: 2010-08-24).
- Barnes G., Eckl M., 1996. Pioneering a GPS Methodology for Cadastral Surveying: Experience in Albania and Belize. International Conference on Land Tenure and Administration, Orlando, USA, http://sfrc.ifas.ufl.edu/geomatics/publications/land_conf96/barnes.pdf (odczytano: 2010-08-24).
- Baryła R., Bakuła M., Oszczak S., 2006. Zastosowanie metod pozycjonowania GPS do modernizacji ewidencji gruntów i budynków, [w:] Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Aspekty tworzenia katastru nieruchomości. Wydawnictwo EDUCATERRA Olsztyn, 61–71.
- Beluch J., Krzyżek R., 2005. Pozyskiwanie informacji technologią RTK GPS dla opracowania map numerycznych, [w:] Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna, Rzeszów – Polańczyk, 7–17.
- Bogaert P., Delincé J., Kay S., 2005. Assessing the error of polygonal area measurements: a general formulation with applications to agriculture. *Measurement Science and Technology*, Vol. 16, 1170–1178.
- Ciećko A., Oszczak S., 2006. Metody GPS w pomiarach kontrolnych IACS, [w:] Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Aspekty tworzenia katastru nieruchomości. Wydawnictwo EDUCATERRA Olsztyn, 209–217.
- Dąbrowski W., Dąbrowska D., Lewandowicz E., Wierciński T., 1998. Doświadczalne wyznaczenie dokładności mapy numerycznej z pomiarów bezpośrednich, [w:] Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Systemy Informacji Przestrzennej. Wydawnictwo Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa, Tom I, 99–102.
- Dąbrowski W., Dąbrowska D., 2000. Osnowy za mało dokładne – Ocena wpływu błędów średnich punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego, *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA* nr 7(62), 68–69.
- Dąbrowski W., Dąbrowska D., 2005. Dokładność sytuacyjnych danych numerycznych pozyskanych różnymi metodami, [w:] Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna, Rzeszów – Polańczyk, 29–38.
- Deska K., 2006. Analiza dokładności określenia powierzchni działek rolnych na potrzeby systemu IACS. *Prz. Geod.* 1, 3–9.
- Dąbrowski W., 2005. Analiza dokładności obliczenia pola powierzchni ze współrzędnych, *Prz. Geod.* nr 4, 3–6.
- Dąbrowski W., 2006a. Ekspertyza w sprawie dokładności obliczania pola powierzchni ze współrzędnych. *Biuletyn Informacyjny Głównego Geodety Kraju* 2, 10–26.
- Dąbrowski W., 2006b. Estimation of permissible differences of double determination of areas from coordinates. *Geodezja i Kartografia*, Vol. 55, No 4, 209–230.
- Dąbrowski W., 2008. Analiza dokładności pomiarów sytuacyjnych wykonywanych metodą biegunową oraz domiarów prostokątnych. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.* 7(3), 47–70.
- ESS, 2008. General Instructions for Surveys of Canada Lands, Earth Sciences Sector of Natural Resources Canada, Ottawa, <http://class.nrcan.gc.ca/standards-normes/e3-v2-eng.asp> (odczytano: 2008-05-24).
- Goraj S., Przybyłowski K., Graliński M., 1989. Problemy odnowienia w katastrze gruntowym w fotogrametrycznych procesach technologicznych opracowania mapy zasadniczej. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Geodezja i Urządzenia Rolne*, VI, 187, 71–77.
- Hejmanowska B., 2006. Metodyka kalibracji pomiaru powierzchni działki rolnej na ortofotomapie. *Półrocznik Geodezja*, Tom 12, Zeszyt 2, 167–174.
- Hejmanowska B., Woźniak W., 2009. Influence of the number of measured parcel boundary points on the accuracy of land parcel area calculation. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 123–133.

- Instrukcja, 2003. Instrukcja Techniczna G-5: Ewidencja gruntów i budynków. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Instrukcja, 1946. Instrukcja Katastralna II: Dla pomiarów uzupełniających obowiązująca na obszarze Województw Zachodnich i na Ziemiach Odzyskanych. Główny Urząd Pomiarów Kraju, Warszawa.
- Kadaj R., 2001. Przekształcenia odwzorowawcze map, czyli w warsztatach kartografii numerycznej, [w:] Materiały XI Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Systemy Informacji Przestrzennej, Wydawnictwo „Wieża Jutra” Warszawa, 377–378.
- Kadaj R., 2003. Wytyczne do przeliczeń osnów poziomych i granic administracyjnych oraz przekształceń map katastralnych do układu „2000”. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Kryński J., Oefverberg T., 1994. Monitoring sugar cane fields with hand-held GPS receivers. South African Journal of Surveying and Mapping, Vol. 22, Part 6, 393–402.
- Latoś S., 2000. O potrzebie i kierunkach zmian niektórych przepisów w zakresie poziomych osnów geodezyjnych i szczegółowych pomiarów sytuacyjnych. Prz. Geod. 3, 3–8.
- Latoś S., Maślanka J., 1998. Tentative modernization of geometrical basis of ground cadastre. Geodezja i Kartografia, Tom XLVII, Zeszyt 3, 227–236.
- Masłow A.W., 1955. Sposoby i toczność określenia płaszczyzny. Izdatelstwo Geodeziczeskoy Literatury GEODEZIZDAT, Moskwa.
- Mecha E., 2001. Wprowadzenie do publikacji II Pruskiej Instrukcji Katastralnej w języku polskim. Katowice, <http://www.geobid.com.pl/archiwalia/index.html> (odczytano: 2002-02-24).
- Onkalo P., 2006. Cadastral Survey Methodologies and Techniques in Developing Countries; Case Cambodia and Kosovo. XXIII FIG Congress, Munich, Germany, October 8–13, http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts61/ts61_02_onkalo_0318.pdf (odczytano: 2006-03-24).
- Oszczak S., 1990. Possibilities of implementation of GPS technique to land information system and to large cadastral purposes in Poland. Proceedings of the Geodetic Meeting Poland – Italy, Olsztyn, 125–129.
- Pluciński E., 1966. Analiza dokładności wyznaczenia pola powierzchni wieloboku podstawie znajomości współrzędnych jego wierzchołków. Zesz. Nauk. PW Nr 128 Seria: Geodezja nr 18, 17–40.
- Relin A., Krause A., Zeug G., 2003. IACS GIS 2005: demands and solutions. 4th Conference of the EFITA, 5–9 July, Debrecen, Hungary, <http://www.efita.net/apps/accesbase/bindocload.asp?d=5359&t=0&identobj=RLyEv48z&uid=57305290&sid=57&idk=1> (odczytano: 2010-08-24).
- Rozporządzenie, 2001. Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2000 roku w sprawie ewidencji gruntów i budynków, Dz.U. nr 38, poz. 454.
- Schnurr D.J., 2004. A Review of Existing Cost Effective Surveying Technologies for Developing Countries. FIG Working Week, Athens, Greece, May 22–27, http://www.fig.net/pub/athens/papers/ts13/TS13_1_Schnurr.pdf (odczytano: 2005-03-24).
- Sikorski K., Wasilewski A., 1991. Accuracy problems in analytical methods of plots areas determining. Proceedings of the 2nd Dutch-Polish Symposium on Geodesy, Delft, 145–153.
- Trautsołt S., 1985. Geodezyjne urządzenie terenów rolnych, Część I. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Wilkowski W., 1987. Dokładność i metody określania powierzchni w systemach inwentaryzacji lasu. Wydawnictwo PW, Prace Naukowe seria: Geodezja zeszyt 18, Warszawa.
- Wrona T., 2001. Wielkość błędu pól powierzchni jako czynnik limitujący dokładność pomiarów katastralnych. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 11, 37–40.
- Wyczałek I., Wyczałek E., 1998. Pomiary satelitarne dla pozyskiwania danych systemu informacji o terenie, [w:] Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Systemy Informacji Przestrzennej. Wydawnictwo Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa, Tom I, 90–98.

- Wytyczne 1992. Wytyczne Techniczne G-5.4: Opracowanie dokumentacji wyjściowej do odnowienia ewidencji gruntów z zastosowaniem technologii fotogrametrycznych. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Zimnoch W., 2005. O kontroli powierzchni upraw wykazanych we wnioskach rolników o dopłaty. Przegląd Geodezyjny nr 4, 7–11.

ACCURACY OF CALCULATION OF THE AREAS FROM PLANE COORDINATES

Abstract. Nowadays large-scale maps are making in information systems but digital map data are not still free from traditional tasks of analogue map. The typical tasks of large-scale map are distances and areas determining, for example to realize of investment project.

The paper presents analysis of accuracy in calculation of the area of a polygon from coordinates (X, Y) of its vertexes taking their mean errors (m_x, m_y) under consideration. Results of analysis of influence root mean square error of a position of the boundary points on accuracy analytical determination of the area of a parcel are also given in the paper. Besides, admissible divergence in twice determining areas is calculated with the proposed new formula.

Key words: cadastral objects, accuracy of area calculation

Accepted for print – Zaakceptowano do druku: 30.09.2011

For citation – Do cytowania: A. Doskocz, 2011. Dokładność obliczania pola powierzchni ze współrzędnych płaskich prostokątnych. Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr. 10(2), 29–44.