

Beata Hejmanowska

Metodyka kalibracji pomiaru powierzchni działki rolnej na ortofotomapie.

| | |
|---|-----------|
| Beata Hejmanowska | 1 |
| Metodyka kalibracji pomiaru powierzchni działki rolnej na ortofotomapie. | 1 |
| 1. Wstęp | 2 |
| 2. Metodyka | 5 |
| 3. Wyniki | 7 |
| 3.1 Analiza wyników eksperymentów teledetekcyjnych | 7 |
| 3.2 Propozycja metodyki kalibracji pomiarów powierzchni działek rolnych | 11 |
| 4. Bibliografia | 13 |
| Streszczenie. | 15 |
| Validation of measurement of land parcel areas on ortophotomap | 16 |

1. Wstęp

W artykule zaprezentowano wybrane wyniki z projektu UE: "Validation of methods for measurement of land parcel areas" zleconego przez JRC w Isprze we Włoszech, a realizowanego i koordynowanego w AGH w Krakowie w roku 2005 [4], 5)]. W ramach tego projektu przeprowadzono 3 eksperymenty pomiarowe: 2 teledetekcyjne w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH i 1 z wykorzystaniem GPS w Katedrze Geodezji Satelitarnej i Nawigacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Analizę statystyczną przeprowadzono w Instytucie Statystyki i Informatyki w Gembloux (Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux) w Belgii.

Opracowanie metodyki kalibracji pomiaru działek rolnych ma znaczenie dla katastru i systemu dopłat bezpośrednich do rolnictwa IACS. Obowiązujące obecnie przepisy w obu tych dziedzinach są nieadekwatne zarówno do metodyki pomiarowej jak i mierzonego obiektu, jakim jest działka rolna z niesygnalizowanymi granicami.

Zgodnie z polską instrukcją geodezyjną G5 [9] dopuszczalna odchyłka powierzchni działki ewidencyjnej dla pomiaru kontrolnego ΔP jest obliczana z następującego wzoru:

$$(1) \quad \Delta P = 0.001 \cdot P + 0.2 \cdot \sqrt{P}$$

Przykładowo dla działki 0.1 ha dopuszczalna odchyłka wynosi: 7.3 m². Oznacza to, że pomiar należałoby przeprowadzić w taki sposób, żeby błąd położenia punktu wynosił maksymalnie: +/-0.1m [3)]. W przypadku braku graniczników uzyskanie takiej dokładności jest niemożliwe. Wzór (1) poza tym jest empiryczny i nie jest powiązany z techniką pomiaru powierzchni działki ani z kształtem działki.

Z kolei w systemie IACS powszechną metodą określania dokładności pomiaru powierzchni działki jest tzw. metoda buforowa [10)]. Dla każdej mierzonej działki wyznacza się obwód, mnoży się go przez parametr charakteryzujący dokładność pomiaru uzyskując powierzchnię bufora, określającą dopuszczalną tolerancję pomiaru powierzchni. Metoda buforowa uwzględnia kształt działki ale nie jest również powiązana z technologią pomiaru.

W pierwszym przypadku wielkość odchyłki, zgodnie ze wzorem (1) zależy jedynie od powierzchni działki. Nie jest to zatem wartość charakteryzująca pomiar, a wartość progowa dla różnicy pomiędzy powierzchnią ewidencyjną a uzyskaną w wyniku pomiaru kontrolnego. Dla pomiaru geodezyjnego, za pomocą np. total station, działki o sygnalizowanych narożnikach dokładność pomiaru jest wysoka i błąd pomiaru właściwie może być zaniedbywany podczas porównania powierzchni ewidencyjnej i pomierzonej.

W drugim przypadku, w trakcie pomiaru kontrolnego w systemie IACS bierze się pod uwagę dokładność metodyki pomiarowej, przyjmując różne wartości szerokości bufora [7)].

Szerokość bufora dla ciągłego pomiaru ręcznym GPS'em przyjmuje się: 1.25m, a dla pomiaru geodezyjnego (total station): 0.35m, Tab 1, Tab 2. Szerokość bufora nie może przekroczyć wartości: 1.5m .

Inną wielkością charakteryzującą pomiary kontrolne w IACS'ie jest odchyłka względna, czyli maksymalna, dopuszczalna względna różnica powierzchni. Dla pomiaru geodezyjnego wynosi ona: 2%, a dla ortofotopapy o rozdzielczości 1m - 5% (co stanowi jednocześnie maksymalną wartość tej odchyłki), Tab 1, Tab 2.

Tab 1. Tolerancja pomiaru na mapie oraz ortofotomapie

| Skala mapy | Wielkość piksela [m] | Tolerancja [%] | Tolerancja [m] |
|------------|----------------------|----------------|----------------|
| 1: 10 000 | 1 | 5 | 1.5 |
| 1: 5 000 | 0.5 | 2.5 | 0.75 |
| 1: 2 500 | 0.25 | 1.25 | 0.4 |

Tab 2. Tolerancja pomiaru bezpośredniego

| Narzędzie pomiarowe | Tolerancja [%] | Tolerancja [m] |
|---------------------------|---------------------|----------------|
| GPS ręczny, pomiar ciągły | - | 1.25 |
| Pomiar geodezyjny | 2 | 0.35 |
| Pomiar taśmą | 2 (do 50m) lub 5 | 0.4 |

Brak powiązania pomiędzy technologią pomiaru a dopuszczalną odchyłką powierzchni stanowi utrudnienie w prognozowaniu parametru charakteryzującego dokładność tego pomiaru.

W związku z tym podjęto prace nad inną metodyką określania dokładności powierzchni działki rolnej z uwzględnieniem błędów pomiarowych (błąd pomiaru położenia punktu - m_{pkt}) [1), 2), 3), 4), 5), 6)]. Błąd położenia punktu wydają się być najbardziej odpowiedni dla pomiarów z wykorzystaniem ortofotopapy i GPS. Przekształcając wzór Gauss'a na pole powierzchni poligonu można otrzymać następujący wzór na błąd pola m_p [2), 3)]:

$$(2) \quad m_p = m_{pkt} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i-1} - x_{i+1})^2}{8}}$$

gdzie:

x, y – współrzędne narożników poligonu.¹

¹ Niniejszy artykuł powstał w ramach prac statutowych AGH nr: 11.11.150.459

Znając błąd położenia punktu, charakteryzujący daną ortofotomapę lub instrument GPS można dla każdej działki obliczyć błąd powierzchni.

Kalibracja metodyki pomiaru powierzchni polegałaby na wyznaczeniu błędu położenia punktu m_{pkt} dla danej techniki pomiarowej. Jest to możliwe po wykonaniu wielokrotnego pomiaru powierzchni określonego zestawu działek, czyli empirycznym wyznaczeniu m_p , a następnie wyliczeniu ze wzoru (2) błędu położenia punktu m_{pkt} .

W niniejszej publikacji zawarto wyniki z eksperymentów teledetekcyjnych [4), 5)].

2. Metodyka

Eksperyment pomiarowy obejmował zestaw 36 działek różniących się powierzchnią (0.3-4 ha), kształtem (3 stopnie wydłużenia) i charakterem granicy (łatwo i trudno identyfikowalna). Działki zostały zaprojektowane w oparciu o mapę ewidencyjną tak, żeby działka ewidencyjna pokrywała się z działką rolną. Powierzchnia z mapy ewidencyjnej została wykorzystana jako referencyjna w analizach statystycznych. W niektórych przypadkach jako działkę referencyjną przyjmowano więcej niż jedną działkę ewidencyjną (Fig. 1).

Do pomiaru wykorzystano ortofotomapy wykonane ze:

- Zdjęć panchromatycznych 1:13000 (rozmiar piksela 0.2m), OP_0_2
- Zdjęć barwnych 1:26000 (rozmiar piksela 0.75m), OP_0_5
- IKONOS'a (rozmiar piksela 1m), OP_1_0
- EROS'a (rozmiar piksela 2 m)
- SPOT'a (rozmiar piksela 2.5

Pomiar został przeprowadzony w ramach dwóch eksperymentów. Zespół pomiarowy składał się z 12 operatorów w eksperymencie 1 i 6 w eksperymencie 2. Operatorzy wykonywali pomiar każdej działki na każdej z ortofotomap trzykrotnie.

Pomiar został zaplanowany, przeprowadzony i przeanalizowany zgodnie z ISO 5725. Każdy operator wykonywał w ciągu jednego dnia pomiar określonej sekwencji działek (Fig. 1).

W trakcie pomiaru operator dysponował informacją o mierzonej działce, nie miał jednak do dyspozycji mapy ewidencyjnej. Wektoryzacja odbywała się z wykorzystaniem programu Geomedia Professional.

Etap pierwszy opracowania eksperymentu pomiarowego polegał na obliczeniu pola powierzchni wszystkich zwektoryzowanych działek rolnych, pola powierzchni i obwodu działek referencyjnych (ewidencyjnych) oraz dla każdej działki wyrazu pod pierwiastkiem we wzorze (2),

Wyniki pomiarów (pola powierzchni działek) zostały w drugim etapie poddane analizie w celu usunięcia pomiarów odstających, zgodnie z normą ISO 5725 (statystyki h i k, test Cochran'a i Grubbs'a).

Trzeci etap polegał na obliczeniu parametrów statystycznych zgodnie z normą ISO 5725, między innymi: dokładność, precyzja, błąd systematyczny, powtarzalność, odtwarzalność, odchylenie standardowe powtarzalności, odtwarzalności itd..

Ostatecznie, dla dalszych analiz przyjmowano obliczony w oparciu o wariancję odtwarzalności, błąd powierzchni m_p dla każdej działki, dla każdej ortofotomapy.

W oparciu o uzyskaną eksperymentalnie wartość m_p oraz obliczony w etapie pierwszym wyraz pod pierwiastkiem we wzorze (2) obliczano z tego wzoru błąd położenia punktu m_{pkt} . Błąd położenia punktu stanowi parametr charakteryzujący technikę pomiarową, w tym przypadku ortofotmapę.

W związku z tym, że każdorazowo nie jest możliwe wykonywanie eksperymentów pomiarowych na taką skalę przeprowadzono symulacje statystycznie w celu określenia minimalnego zestawu działek, operatorów i ilości powtórzeń w dla uzyskania dokładności określenia powierzchni przy przyjęciu zadanej precyzji (np. 10% lub 20%).

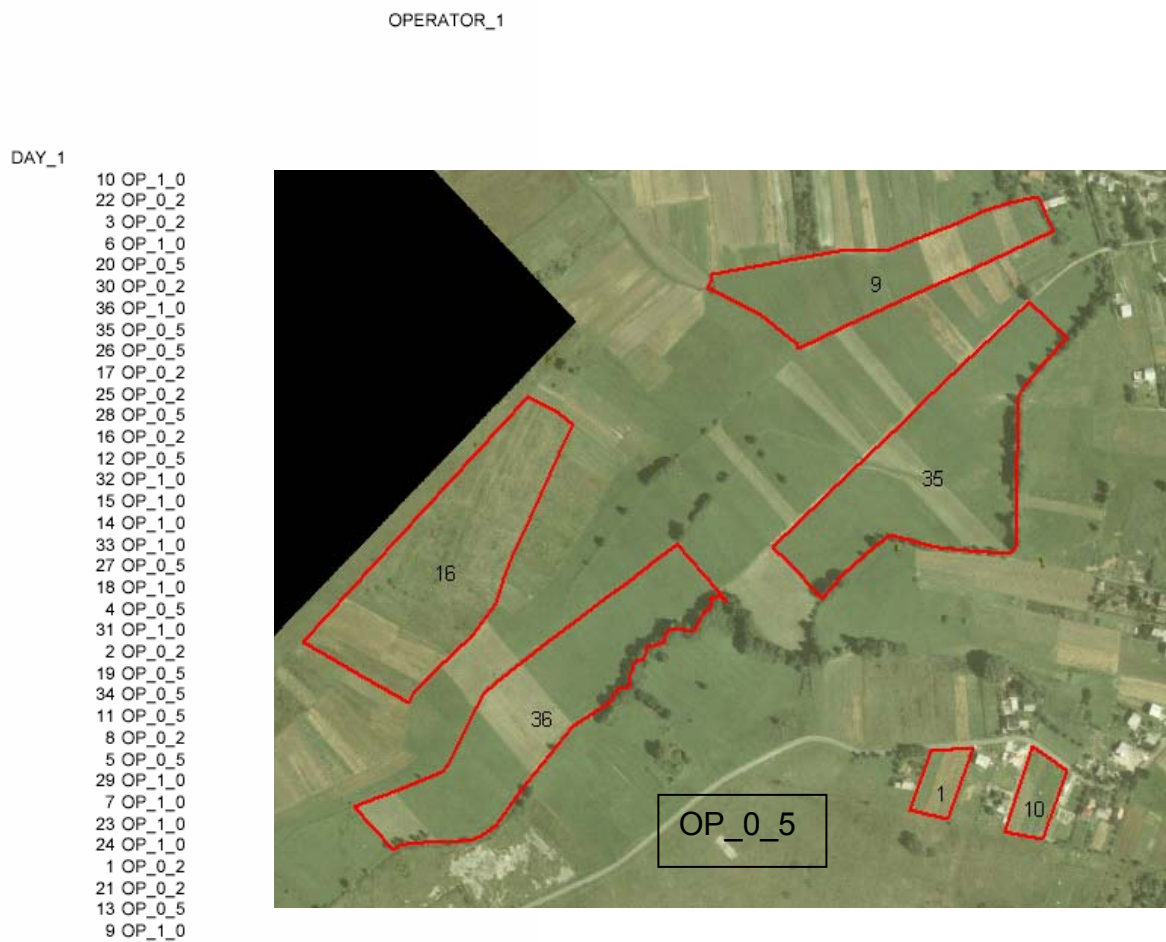


Fig. 1. Przykładowa lista działek i ortofotomap, na których mają być one mierzone dla operatora 1, dzień 1

3. Wyniki

3.1 Analiza wyników eksperymentów teledetekcyjnych

W ramach eksperymentu 1 wykonano 3888 pomiarów, a w trakcie eksperymentu 2 - 1296. Wektoryzowane przez operatorów działki zgromadzono w bazie danych GIS (Geomedia). Graficzna prezentacja wyników znajduje się przykładowo na rysunku: (Fig. 2). Na rysunku tym przedstawiono wybraną działkę na ortofotomapie ze zdjęć 1: 26000 (OP_0_5), ze zdjęć 1:13000 (OP_0_2) i z IKONOS'a (OP_1_0) oraz błąd względny powierzchni dla każdej działki obliczony ze wszystkich pomiarów.

Zakładano, że błąd położenia punktu, jako parametr określający dokładność ortofotomapy i jednocześnie wykorzystywany do szacowania dokładności powierzchni powinien być niezależny od pola powierzchni działki. Jednak w wyniku przeprowadzonych pomiarów okazało się, że obliczony błąd położenia punktu nieznacznie rośnie wraz z polem powierzchni działki (por. przykładowe zależności na rysunku (Fig. 3)). Największą korelację uzyskano w przypadku największej rozdzielczości (R^2 dla OP_0_2: 0.84, OP_0_5: 0.01, OP_1_0: 0.09). Mniejszą zależność od pola powierzchni wykazuje bufor, jednak w niniejszej publikacji nie zamieszczono tych wyników ze względu na ograniczenie się do technologii opartej na błędzie położenia punktu.

Ogólnie rzecz biorąc pomiar powierzchni działek rolnych charakteryzuje się dużym rozproszeniem, o czym świadczą wartości błędów średnich i ich odchyłeń standardowych (Tab 3). Średnio, w eksperymencie 1 błąd położenia punktu wynosił: +/-2.04 m, a jego odchylenie standardowe: +/- 1.63 m. Rozkład błędów można scharakteryzować za pomocą histogramu, czyli rozkładu ilości działek w zależności o wartości błędu (Fig. 4, Fig. 5). Ogólnie we wszystkich przypadkach, w eksperymencie 1, błąd położenia punktu najczęściej wynosił od +/-1 do +/-2m, a w eksperymencie 2 od +/-2 do +/- 6m.

W eksperymencie 1 błąd położenia punktu tylko nieznacznie zwiększał się wraz ze wzrostem piksela ortofotomapy i wynosił ok. +/-2m. W związku z tym został przeprowadzony eksperyment 2 z wykorzystaniem ortofotomap o mniejszych rozdzielczościach: 2 m (EROS) i 2.5 m (SPOT). Zgodnie z oczekiwaniami w tym przypadku nastąpiło skokowe zmniejszenie się dokładności położenia punktu (Fig. 6) do ok. +/- 5m. Warto ponadto zwrócić uwagę na tym rysunku na porównanie wartości błędu położenia punktu, prognozowanego na podstawie rozdzielczości ortofotomapy jako: 2 x wielkość piksela z wartościami uzyskanymi eksperymentalnie. Podsumowując, w przypadku wysokich rozdzielczości (np. OP_0_2) nastąpiło niedoszacowanie błędu, a w przypadku niskich rozdzielczości (EROS i SPOT) jego przeszacowanie. W pierwszym przypadku niewątpliwie było to wynikiem nieuwzględnienia

błędu identyfikacji granicy, który powoduje, że błąd położenia punktu jest w rzeczywistości większy niż wynika to z wielkości piksela. W drugim przypadku być może dokładność zobrażeń jest większa niż wynikałoby z wielkości piksela. Najlepszą zgodność pomiędzy wartościami błędów prognozowanymi i otrzymanymi eksperymentalnie uzyskano dla IKONOS'a.

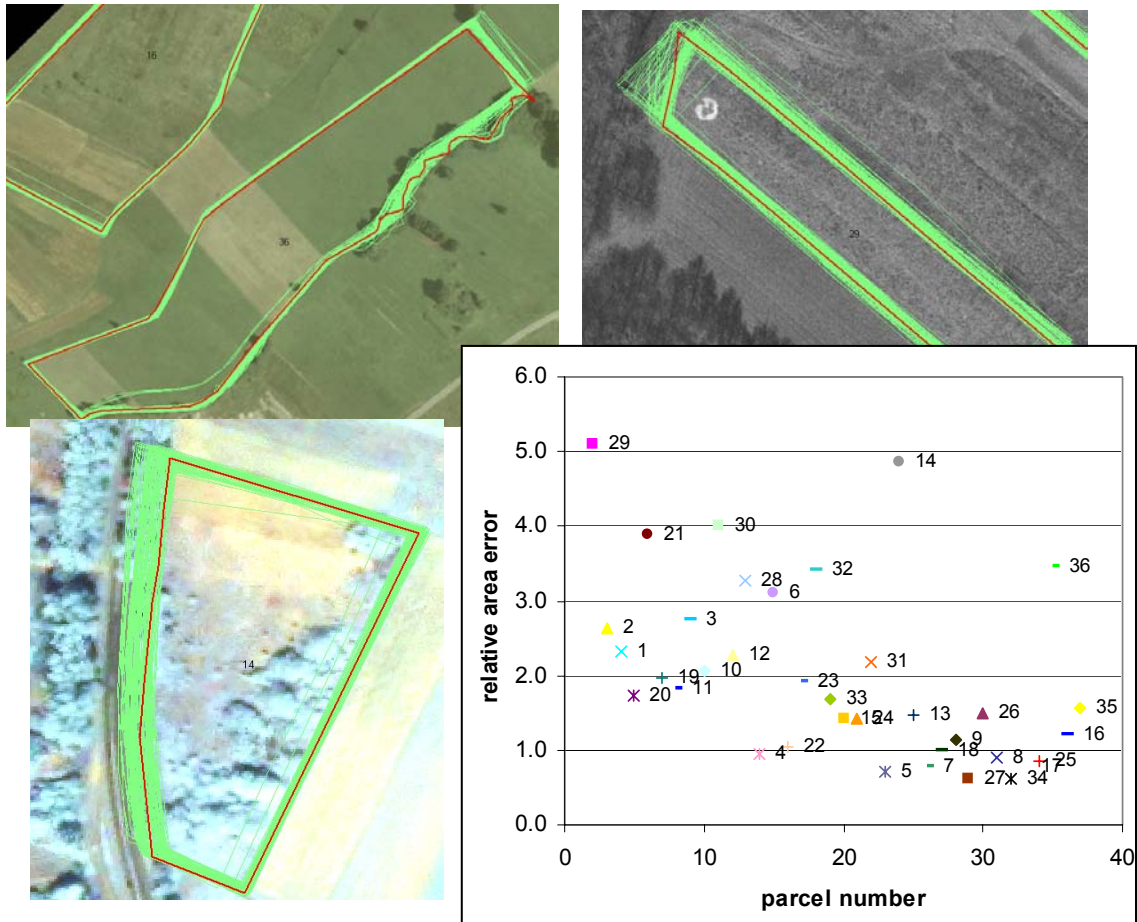


Fig. 2. Graficzna prezentacja przykładowego wyniku pomiaru



RS point position error

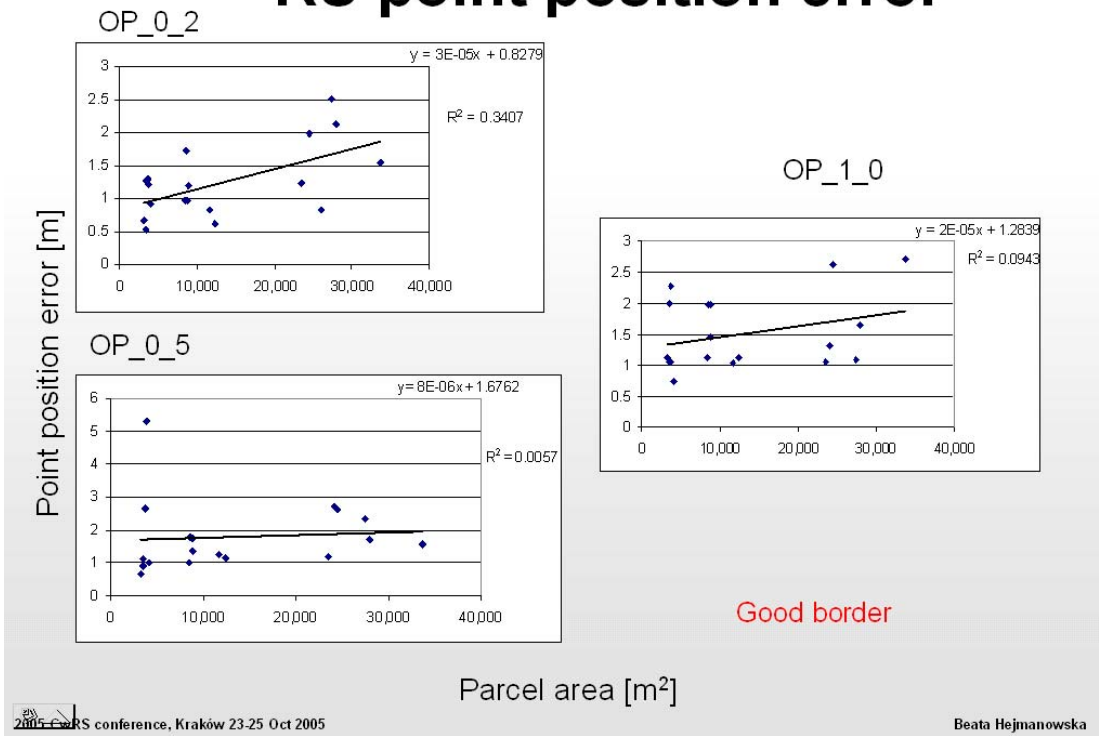


Fig. 3. Zależność błędu położenia punktu od pola powierzchni działki

Tab 3. Błąd średni położenia punktu wraz z odchyleniem standardowym

| Ortofotomapa | m_{pkt} [m] | Odchylenie standardowe m_{pkt} [m] |
|--------------|------------------|---|
| OP_0_2 | 1.86 | 1.85 |
| OP_0_5 | 2.14 | 1.39 |
| OP_1_0 | 1.89 | 1.78 |
| średnia | 2.04 | 1.63 |

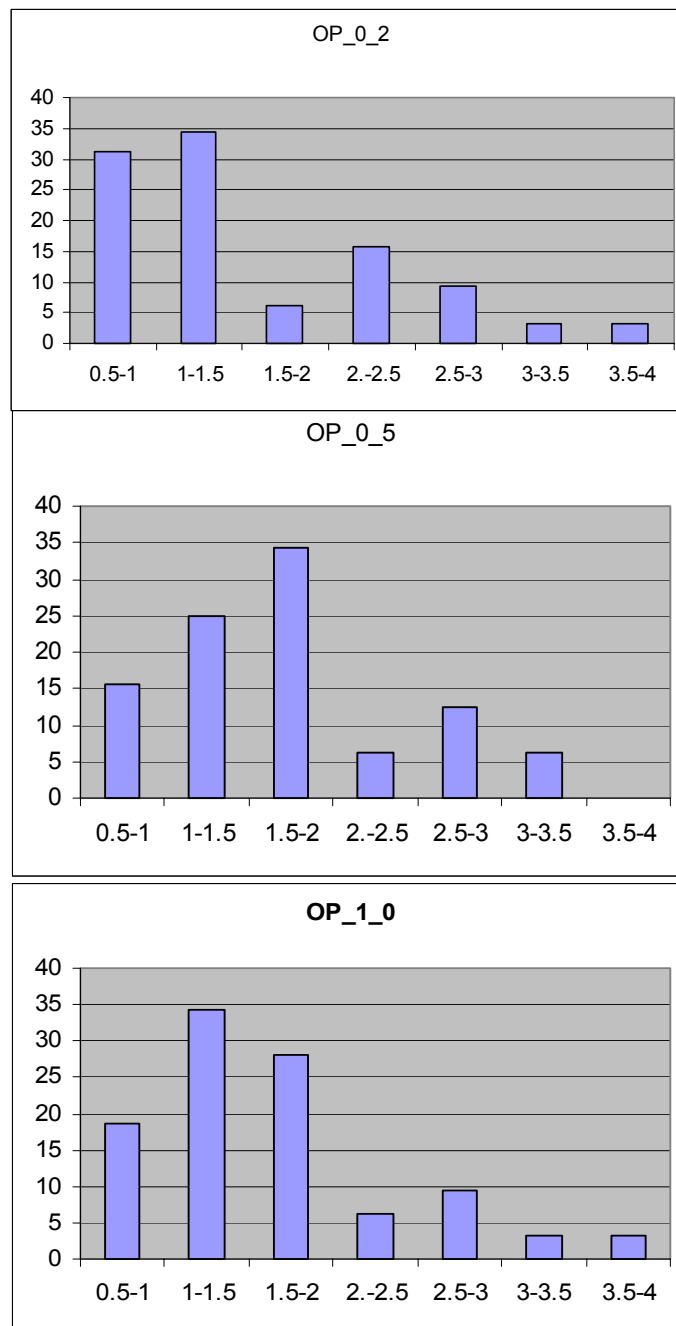


Fig. 4. Histogram rozkładu błędów; ilość działek (%) w zależności od błędu położenia punktu m_{pkt} (m); eksperyment 1

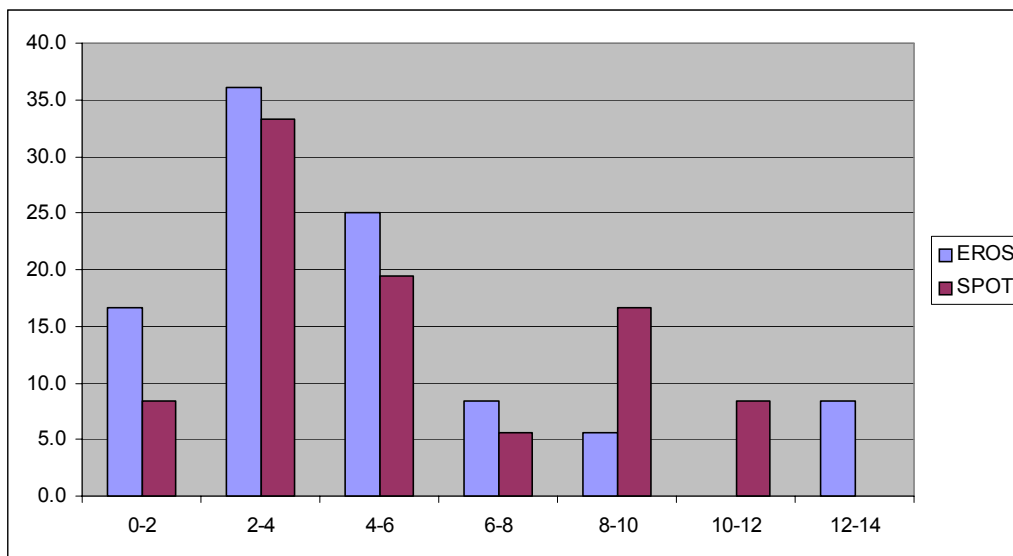


Fig. 5. Histogram rozkładu błędów; ilość działek (%) w zależności od błędu położenia punktu m_{pkt} (m); eksperyment 2

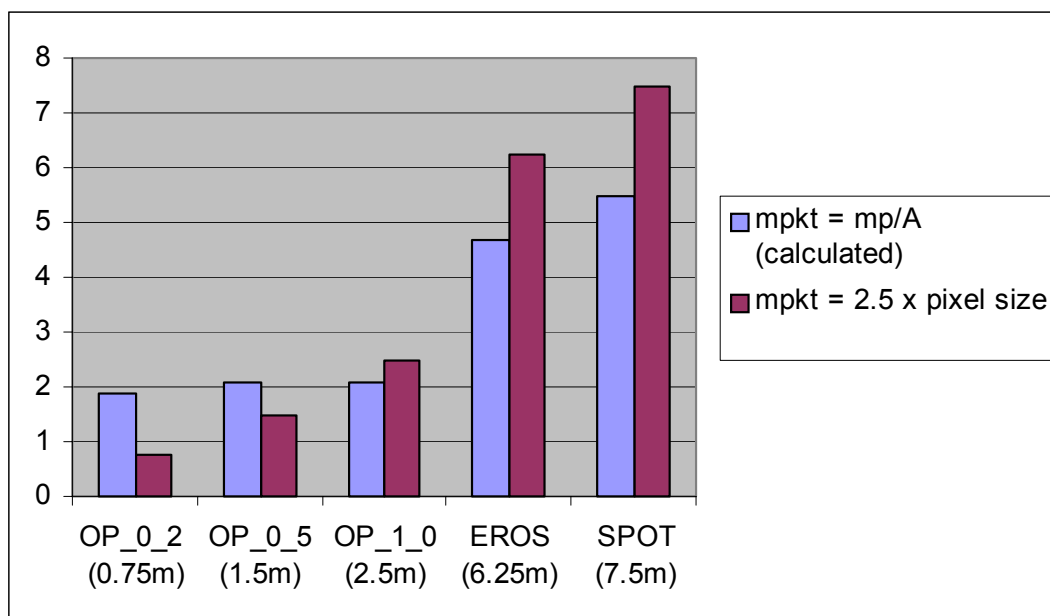


Fig. 6. Zależność błędu położenia punktu od rozdzielczości ortofotomapy obliczonego na podstawie pomiarów i prognozowanego w oparciu o wielkość piksela

3.2 Propozycja metodyki kalibracji pomiarów powierzchni działek rolnych

Na podstawie eksperymentów teledetekcyjnych można sformułować generalny wniosek, że pomiary powierzchni działek rolnych charakteryzują się znaczną wariancją.

W trakcie eksperymentów pomiarowych wykonano tysiące pomiarów. Nie jest możliwe, z praktycznego punktu widzenia, wykonywanie takiej dużej ilości pomiarów, za każdym razem,

kiedy przeprowadzamy kalibrację. W związku z tym celem przeprowadzonych prac badawczych była również optymalizacja procesu kalibracji. Przeprowadzono wiele wariantowych symulacji statystycznych i ostatecznie można stwierdzić, że zakładając precyzję 20% należałoby pomiar przeprowadzić zgodnie z poniższym zestawem Tab 4. Oznacza to, że 3 operatorów wykonywałoby pomiar od 30 do 40 działek przez 3 dni, co daje od 270 do 360 pomiarów. Proces kalibracji można przedstawić schematycznie na rysunku: Fig. 7.

Tab 4. Zestaw kalibracyjny

| Instrument | Liczba działek | Liczba powtórzeń (ile razy jest mierzona każda działka) | Liczba operatorów | Liczba dni |
|------------|----------------|---|-------------------|------------|
| RS | 30-40 | 9 | 3 | 3 |

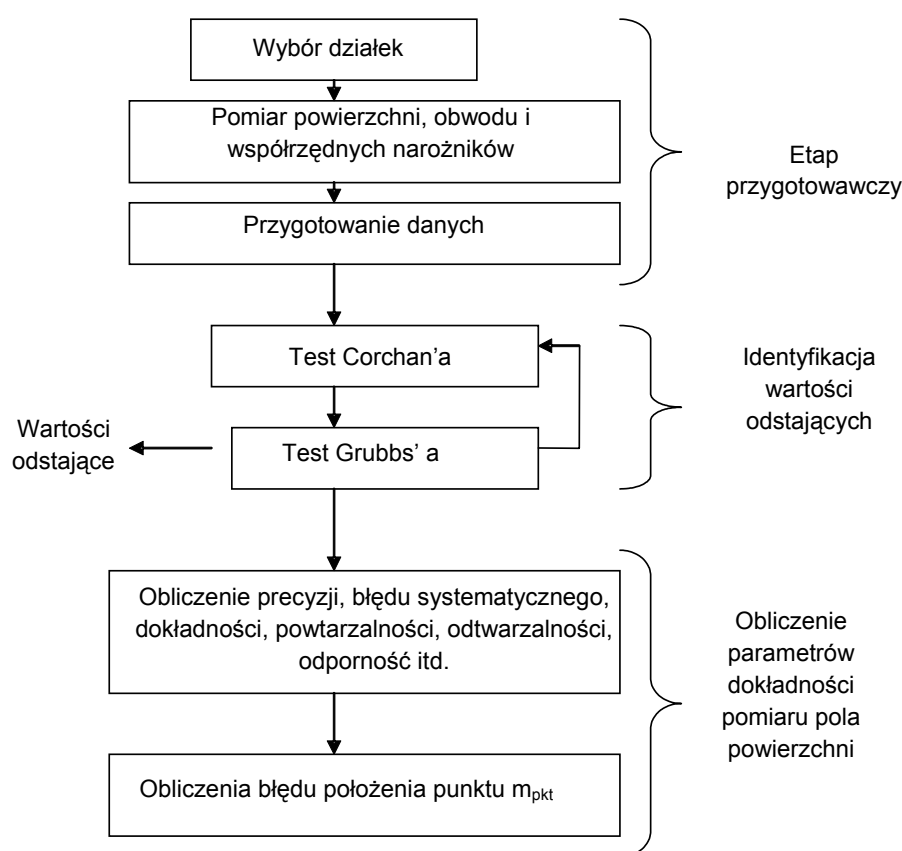


Fig. 7. Schematyczny przebieg procesu kalibracji pomiaru powierzchni działki.

4. Bibliografia

- 1) Bogaert P., Delinc' e J., Kay S. 2005 – “Assessing the error of polygonal area measurements: a general formulation with applications to agriculture” – Institute of Physics Publishing, Measurements Science Technology, 16 (2005), 1170-1178
- 2) Hejmanowska B., 2003 – „Data inaccuracy in geographic system – propagation of DTM and ortophotomaps in the spatial analysis”, – Geodesy 40, Publishing of Geodesy and Environmental Engineering, Polish Academy of Science, Kraków
- 3) Hejmanowska B., 2005 – “Wpływ jakości danych na ryzyko procesów decyzyjnych wspieranych analizami GIS”, - AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005, ISSN 0867-6631
- 4) Hejmanowska B., Palm R., Oszczak Oszczak., Ciećko A. 2005 – „Validation of methods for measurement of land parcel areas - FINAL REPORT”, publikacja internetowa http://agrifish.jrc.it/Documents/lpis/ValidationMethodFinalVer2_2.pdf
- 5) Hejmanowska B., Palm R., 2005 - “Validation of methods for measurement of land parcel areas – near-VHR imagery - supplementary study to the service contract No 22581-2004-12F1SC ISP PL - FINAL REPORT” raport niepublikowany
- 6) Kay S., Spruyt P. 2002 - JRC GPS validation scheme (ref. JRC IPSC/G03/P/SKA/ska D(2002)(1092))
- 7) Kay S., 2003 - JRC Technical Information Document: Technical tolerances for On the Spot checks (ref. JRC IPSC/G03/P/SKA/ska D(2003)(1576))
- 8) **SO standards:**
 - ISO 5725 “Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results”
 - Part 1 „General principles and definitions”
 - Part 2 “Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method”
 - Part 3 “Intermediate measures of the precision of a standard measurements method”
- 9) “Technical **specification** G-5 – Cadastre of grounds and buildings, 2003”

10) DG-AGRI Guidance for on-the-spot checks of area and area measurement (ref. AGRI-2254-2003), Working Document No. AGRI/2254/2003 replacing working document VI/8388/94 rev. 6 of 17/12/1999, on-the-spot checks of area according to articles 15-23 of commission regulation (ec) no 2419/2001

Streszczenie.

W niniejszym artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia będące przedmiotem badań w ramach projektu UE: "Validation of methods for measurement of land parcel areas" realizowanego i koordynowanego w AGH Kraków w 2005 roku. W ramach tego projektu wykonywano pomiary teledetekcyjne (2 eksperymenty pomiarowe, AGH) oraz pomiary GPS (1 eksperyment - UWM w Olsztynie). Pomiary zostały zaplanowane i opracowane zgodnie z normą ISO 5725 przez USI Gembloux w Belgii. Celem projektu było opracowanie metodyki kalibracji pomiarów powierzchni działek rolnych.

W publikacji przedstawiono krótką dyskusję obowiązującego podejścia do tego zagadnienia oraz opisano proponowaną przez autorkę alternatywną metodę kalibracji. W metodzie tej parametrem wykorzystywanych dla określania dokładności powierzchni działki rolnej jest błąd położenia punktu, charakteryzujący dokładność pomiaru.

Do eksperymentu teledetekcyjnego wykorzystano lotnicze i satelitarne ortofotomapy o rozdzielczości: 0.2 – 2.5m. 36 działek rolnych było wektoryzowanych przez 6-12 operatorów. W 1 eksperymencie wykonano 3888 pomiarów (w 2 eksperymencie 1296). Opracowanie wyników przeprowadzono zgodnie z normą SO 5725.

Dla bardzo wysokorozdzielczych ortofotomap (wielkość piksela: 0.2-1m) otrzymano błąd położenia punktu: ok. +/-2m, dla obrazów satelitarnych EROS (2m) i SPOT (2.5m) uzyskano błąd położenia punktu: ok. +/-5m.

Jako optymalny zestaw dla kalibracji metodyki określania powierzchni działek rolnych w oparciu o ortofotomapy zaproponowano: 30-40 działek, 3 operatorów, 3 dni pomiarowe i 3 powtórzenia.

Validation of measurement of land parcel areas on orthophotomap

In the paper chosen results of the UE project: "Validation of methods for measurement of land parcel areas" are presented. The project was realized and coordinated at the AGH in Kraków. During the project 3 measurement experiments were performed: 2 remote sensing (AGH Kraków) and 1 GPS (UWM Olsztyn). The experiment was prepared and statistical analyzed at USI Gembleux. The aim of the study was to elaborate the validation method for land parcel measurements.

In the paper short discussion of the existing approach is presented and alternative method proposed by author is described. Results of remote sensing experiments are shown. Point position error, characterizing measurements technique, was assumed as a parameter for area accuracy assessment.

In RS experiments airborne and satellite orthophotomaps, with pixel size of 0.2 m – 2.5m were applied. 36 land parcels were digitized by 6-12 operators. In experiment 1 - 3888 measurements were made, (1296 - in experiment 2). Data were according ISO 5725 analyzed.

For VHR orthophotomaps (pixel size: 0.2-1 m) we obtained the point position error of ca. +/- 2m. For EROS and SPOT (pixel size: 2 and 2.5 m) point position error was ca. +/-5m [Fig. 6].

An optimal measurement set for proposal of validation method for RS is: 30-40 parcels, 3 operators, 3 days and 3 repetitions.