

## PROPOZYCJA OCENY DOKŁADNOŚCI OPRACOWANIA SYTUACYJNEGO WIELKOSKALOWYCH MAP CYFROWYCH

### A PROPOSAL FOR ESTIMATION OF THE HORIZONTAL ACCURACY OF LARGE-SCALE DIGITAL MAPS

**Adam Doskocz**

Katedra Geodezji Szczegółowej, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Słowa kluczowe: wielkoskalowa mapa cyfrowa, dokładność opracowania sytuacyjnego, ocena dokładności**

Keywords: large-scale digital map, horizontal accuracy, estimation of accuracy

## Wprowadzenie

Implementacja zapisów ustawy o INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*) (Ustawa, 2010) w znacznej mierze przyspiesza porządkowanie krajowych zbiorów danych przestrzennych oraz budowanie interoperacyjnych baz danych (Iwaniak, 2007). Podstawowym celem tworzenia infrastruktur informacji przestrzennej jest ułatwienie dostępu do danych przestrzennych, gromadzonych przez administrację rządową i samorządową oraz w różnych sektorach gospodarczych, wszystkim zainteresowanym podmiotom (Uzasadnienie, 2008). W przypadku państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego opracowywana infrastruktura danych przestrzennych ma zawierać m.in. jego podstawowe części składowe tj.: kataster, mapę zasadniczą, geodezyjną ewidencję sieci uzbrojenia terenu, osnowy geodezyjne (Pachelski, 2002).

Ustawa dotycząca INSPIRE nakłada na samorządy terytorialne obowiązek przejścia z tradycyjnych map analogowych na ich postać cyfrową do 31 grudnia 2013 roku. Wielkoskalowe mapy cyfrowe wykonywane są wieloma technologiami o specyficznych cechach i różnej jakości produktu finalnego (Doskocz, 2002). Dlatego też, autorzy opracowań cyfrowych oraz krąg ich użytkowników powinni wiedzieć jakiej dokładności opracowaniami dysponują, a w związku z tym do realizacji jakich zadań mogą być one zastosowane. Jest to także niezwykle istotne w zakresie modernizacji i utrzymania odpowiedniej jakości państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, w związku z aktualnie zachodzącymi przeobrażeniami w zakresie zasobu map wielkoskalowych i ich konwersji do państwowego układu współrzędnych geodezyjnych PUWG „2000”.

Wiadomym jest, że sprawne zarządzanie terytorium, na poziomie zarówno krajowym jak i regionalnym oraz lokalnym, może być realizowane jedynie z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej i najnowszych produktów geoinformatycznych (Gaździcki, 2006; Dąbrowski i in., 2007). Również wykonywanie opracowań planistycznych powinno być oparte na rozwiązaniach GIS wspomagających wszelkie zadania nowoczesnej gospodarki przestrzennej (Brzuchowska, 2003).

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie propozycji oceny dokładności wielkoskalowych map cyfrowych, stanowiących istotny element polskiej infrastruktury danych przestrzennych.

## **Badania dotyczące dokładności map wielkoskalowych**

Zapewnienie jakości danych cyfrowych powinno oznaczać zapewnienie obecnych i przyszłych oczekiwań ich użytkowników (Gaździcki, 2002). Podstawowymi cechami opisującymi jakość danych cyfrowych są genealogia, dokładność, kompletność, zgodność i aktualność (Guptill, Morrison, 1995). Powszechnie akceptowanym jest fakt, że zgromadzone dane powinny być kompletne, zgodne i aktualne w stopniu maksymalnym z możliwych. Jednakże należy pamiętać, iż dokładność bazy danych mapy cyfrowej także jest niezwykle istotna, gdyż jest kluczowym atrybutem w procesie integracji danych geograficznych i ich interoperacyjności w procesie budowy infrastruktury danych przestrzennych (Rönsdorf, 2004).

Ocena dokładności map cyfrowych jest problemem rozpatrywanym nie tylko w Polsce. Badania w tym zakresie prowadzone są przez wielu uczonych na świecie, co przedstawili w swojej pracy López i Gordo (2008). W omawianych badaniach stosowane są analizy statystyczne (Zandbergen, 2008; Zakarevičius i Jonauskiene, 2007) oraz inne współczesne metody badawcze (Bogaert i in., 2005; Croitoru i Doytsher, 2003; De Bruin, 2008; De Bruin i in., 2008). Badania prowadzone w ośrodkach zagranicznych koncentrują się na mapach katastralnych i rolniczych opracowanych w skalach średnich i małych, dostępnych w poszczególnych krajach. Natomiast na całym terytorium Polski, oprócz mapy ewidencji gruntów, funkcjonują mapy wielkoskalowe w formie mapy zasadniczej lub sytuacyjno-wysokościowej spełniającej rolę mapy do celów projektowych, które w związku z ich wykorzystywaniem do opracowań gospodarczych stanowią ważny materiał badawczy.

Z uwagi na globalne znaczenie wymiany danych geograficznych, prace z zakresu geodezji i kartografii powinny być prowadzone w oparciu o międzynarodowy (normy serii ISO) dorobek normalizacyjny (Makowski, 2000). Międzynarodowe normy serii ISO sukcesywnie są przyjmowane (uznawane) przez Europejski Komitet Normalizacyjny CEN jako EN – normy europejskie oraz przez Polski Komitet Normalizacyjny jako PN – Polskie Normy (Pachelski i Parzyński, 2007). Spośród norm opracowanych przez Komitet Techniczny PKN/KT 297 ds. Informacji geograficznej, dla tematyki poruszanej w niniejszej pracy, szczególnie interesujące są PN-EN ISO 19113:2005 zawierająca podstawy opisu jakości danych geograficznych oraz PN-EN ISO 19114:2005 określająca procedury oceny jakości danych geograficznych (GUGiK, 2005).

W opisie jakości danych geograficznych zgodnym z normą PN-EN ISO 19113:2005 stosowana jest zmienna logiczna (ang. *boolean variable*), która określa czy prawdziwe jest stwierdzenie, że jakość określonej cechy atrybutowej danych jest odpowiednia.

Norma PN-EN ISO 19113:2005 zawiera także podstawową terminologię oraz ogólną koncepcję charakterystyki jakości danych geograficznych (rysunek).

W procedurach oceny jakości danych geograficznych zawartych w normie PN-EN ISO 19114:2005 ocena dokładności sytuacyjnej danych (ang. *positional accuracy*), w Polsce poprawnym i pełnym sformułowaniem jest: dokładność opracowania sytuacyjnego mapy lub bazy danych) realizowana jest przez obliczenie średniego błędu położenia punktu (ang. root mean square error, RMSE) wyznaczonego na podstawie różnicy współrzędnych punktów zapisanych w bazie danych i współrzędnych rzeczywistych (kontrolnie) wyznaczonych:

$$RMSE = \sqrt{\sum (\Delta L^2) / N} \quad (1)$$

gdzie:

$\Delta L = \sqrt{(X_{II} - X_I)^2 + (Y_{II} - Y_I)^2}$  – długość wektora przesunięcia punktu kontrolnego,

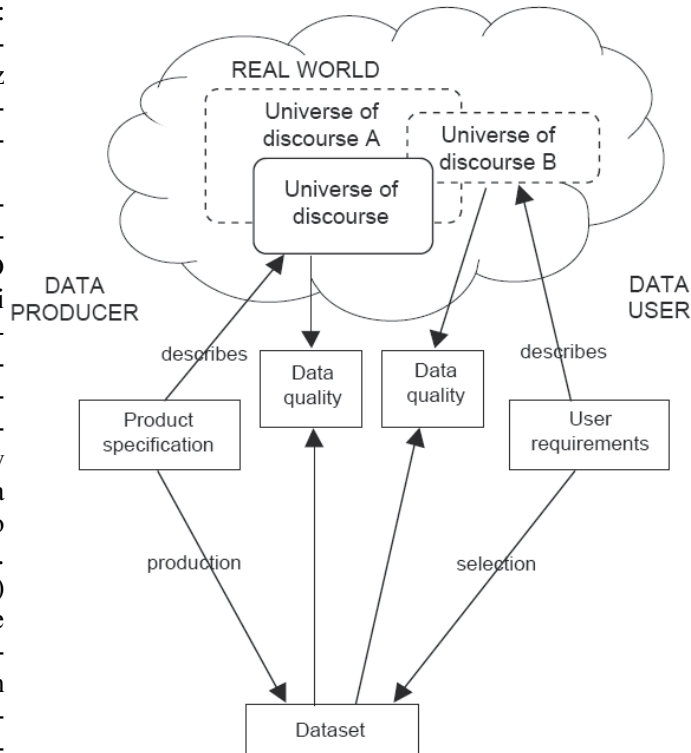
$X_{II}, Y_{II}$  – współrzędne punktu kontrolnego pozyskane z bazy danych ocenianej mapy cyfrowej,

$X_I, Y_I$  – wzorcowe współrzędne punktu kontrolnego,

$N$  – liczba punktów kontrolnych.

Zgodnie z Aneks D, wyjaśniającym pomiar jakości danych w normie międzynarodowej PN-EN ISO 19114:2005, należy podać liczbę punktów, których błąd położenia przekracza limit specyfikacji dokładności. Warto też uzyskaną ocenę dokładności zbioru danych wyrazić wielkością błędu względnego wyrażonego w procentach (Annex D, PN-EN ISO 19114:2005).

Omawianą w artykule specyfikację dokładności opracowania sytuacyjnego wielkoskalowych map cyfrowych sformułowano w nawiązaniu do wymogu Wytycznych technicznych K-1.2, zgodnie z którym błąd położenia punktu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej nie powinien przekroczyć  $\pm 0,3$  mm w skali mapy (Wytyczne, 1981). Oznacza to, że prezentacje graficzne analizowanych baz danych map wielkoskalowych obszarów miejskich, powinny spełniać rolę mapy zasadniczej w skali 1:500 i dokładność ich opracowania sytuacyjnego nie powinna przekroczyć 15 cm ( $0,0003 \text{ m} \times 500 = 0,15 \text{ m}$ ).



Rys. Ramowa koncepcja zapewnienia jakości danych (PN-EN ISO 19113:2005)

Prezentowane badania zrealizowano w zakresie wielkoskalowych map cyfrowych obejmujących tereny zurbanizowane. W badaniach rozpatrywane są cztery metody wyznaczenia położenia sytuacyjnego szczegółów:

Metoda A – współrzędne szczegółów sytuacyjnych wyznaczono z pomiarów tachimetrem elektronicznym. Analizowany zbiór empiryczny A liczy 484 punkty kontrolne.

Metoda B – współrzędne szczegółów I grupy pozyskano z istniejących wyników pomiarów sytuacyjnych zrealizowanych w latach 1974-99 głównie metodą domiarów prostokątnych, a w ostatnim okresie metodą biegunową z zastosowaniem tachimetru elektronicznego. Analizowany zbiór empiryczny B liczy 1622 punkty kontrolne.

Metoda C – współrzędne określające sytuacyjne położenie punktów kontrolnych na rastrowym obrazie ortofotomapy, opracowanej w skali bazowej 1:2000, wyznaczono w wyniku manualnej wektoryzacji tych punktów. Analizowany zbiór empiryczny C łącznie zawiera 773 punkty kontrolne.

Metoda D – współrzędne szczegółów I grupy pozyskano metodą przetwarzania graficzno-numerycznego (w technologii wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem map analogowych w skali 1:500 wraz z nakładkami uzbrojenia w skali 1:1000). Analizowany zbiór empiryczny D liczy 2282 punkty kontrolne.

Współrzędne analizowanych szczegółów sytuacyjnych wyznaczonych metodą A, B i D uzyskano w formie wykazów tekstowych bądź raportów z bazy danych ocenianych map, a w przypadku metody C także sporządzono wykaz współrzędnych przez zapis do pliku wyników manualnej wektoryzacji rastrowego obrazu ortofotomapy (wyników tzw. monoplottingu) zgromadzonych na nowo utworzonej wektorowej warstwie mapy. Natomiast współrzędne punktów kontrolnych, uzyskano z pomiarów bezpośrednich wykonanych tachimetrem elektronicznym. W oparciu o zrealizowane wyrównanie ściśle wyników pomiarów, zawierających obserwacje nadliczbowe, zakończone oceną dokładności, stwierdzono że referencyjne położenie punktów kontrolnych wyznaczono z dokładnością  $m_p < 0,03$  m.

Zbiory empiryczne stanowią obiekty kontrolne obejmujące szczegóły sytuacyjne I grupy dokładnościowej, wyznaczone w ramach określonej metody pozyskania danych. Lokalizację obiektów kontrolnych na obszarze poszczególnych map ustalono losowo, z uwzględnieniem uwag kierownictwa administracji geodezyjnej poszczególnych miast.

## **Wstępna analiza badanych zbiorów empirycznych i eliminacja elementów odstających**

Celem prowadzonych prac badawczych jest w pierwszej kolejności określenie rzeczywistej dokładności położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej, zapisanego w bazie danych ocenianych map cyfrowych za pomocą współrzędnych płaskich  $(X, Y)$ . Następnie, w oparciu o stwierdzone błędy położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy, wyznaczana jest dokładność opracowania sytuacyjnego wielkoskalowych map cyfrowych i zakres ich przydatności do realizacji zadań gospodarczych.

Pomimo prowadzonych badań w zakresie oceny dokładności zbiorów danych przestrzennych, w świetle niejednorodności metod ich pozyskiwania i dynamicznych zmian zawartości tworzonych baz danych (wskutek rozbudowy zasięgu baz oraz aktualizacji ich dotychczasowej treści), zagadnienie oceny jakości baz danych przestrzennych jest ciągle otwarte. Wiele problemów w tym zakresie pozostaje nierozstrzygniętych, chociażby efektywna eliminacja

elementów odstających w analizowanych zbiorach danych. Zagadnienie jest również bardzo istotne na gruncie krajowym, gdyż zgodnie z ustawą o infrastrukturze informacji przestrzennej, w Polsce obowiązkowe będzie założenie i prowadzenie w systemie informatycznym bazy danych obiektów topograficznych o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500 – 1:5000. Baza obejmie miasta oraz zwarte obszary wiejskie (zabudowane lub przeznaczone pod zabudowę) i ma być zintegrowana z innymi bazami, m.in.: ewidencji gruntów i budynków, uzbrojenia terenu, sieci transportowych wraz z powiązaną z nimi infrastrukturą. Samorządy terytorialne mają obowiązek, do końca 2013 roku, przystosowania się do wymogów obowiązujących przepisów prawnych oraz przejścia z tradycyjnych map analogowych na ich postać cyfrową.

Według autora niniejszej pracy, wyjściowe kryterium oceny dokładności opracowania sytuacyjnego map cyfrowych powinny stanowić Wytyczne techniczne K-1,2, w których podano, że błąd położenia punktu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej na mapie analogowej (według autora rozumianej jako tożsamy z wyplotowaną prezentacją graficzną mapy cyfrowej) nie powinien przekroczyć  $\pm 0,3$  mm w skali mapy. W efekcie oznacza to, że dla map wielkoskalowych obszarów miejskich średnia wielkość błędu położenia pikiety I grupy dokładnościowej nie powinna przekroczyć 0,15 m.

Sprawne zarządzanie infrastrukturą przestrzenną kraju, zarówno w zakresie całości terytorium, jak i poszczególnych jego części, może być realizowane jedynie z wykorzystaniem baz danych przestrzennych. W związku z tym, dane przestrzenne stają się pożądanym towarem i podlegają mechanizmom gospodarki rynkowej. W celu zapewnienia optymalnej dystrybucji oraz bezpiecznego wykorzystywania baz danych przestrzennych należy poddawać je kontroli jakości. Kontrola jakości zgodnie z filozofią „Six Sigma” zakłada, że zmienność każdego procesu (na gruncie geodezyjnym procesy mogą oznaczać metody pozyskiwania danych przestrzennych) określana jest liczbowo przez oszacowanie wielkości średniego odchylenia kwadratowego ( $\sigma$ ) dla określonej próbki losowej. Poziom jakości „Six Sigma” w danym miejscu procesu oznacza, że odchylenie standardowe pomiarów mieści się w założonym przedziale specyfikacji 12 razy. Uwzględniając empirycznie wyznaczoną zmienność procesów produkcyjnych na  $\pm 1,5 \cdot \sigma$  odchylenia od wartości średniej (Popławski, 2004), otrzymujemy przy poziomie „Six Sigma” minimalną odległość wartości średniej z próbki do jej elementu granicznego na poziomie  $4,5 \cdot \sigma$ . Przyjęcie tego kryterium oznacza, że – przy zgodności błędów z rozkładem normalnym – prawdopodobieństwo wystąpienia błędu o wielkości  $4,5 \cdot \sigma$  w analizowanym zbiorze wynosi 0,00034%.

Proponowana w niniejszej pracy uproszczona metodyka badań odnosi się do produktu finalnego – czyli dokładności położenia szczegółów sytuacyjnych zgromadzonych w zasobie map wielkoskalowych. Wyniki dotychczasowych analiz statystycznych nie potwierdziły zgodności rozkładu analizowanych zbiorów błędów z rozkładem normalnym oraz z innymi teoretycznymi rozkładami (Doskocz, 2002; Doskocz, 2005). Zgodnie z wcześniej poczynionymi ustaleniami przyjęto, iż wielkość średniego błędu położenia punktu kontrolnego w bazie mapy cyfrowej nie powinna przekroczyć  $m = 0,15$  m ( $m$  jest estymatorem odchylenia standardowego  $\sigma$ ). Ponieważ procesem weryfikacji elementów odstających w zbiorach empirycznych o dowolnym rozkładzie rządzi prawo wielkich liczb (Ney, 1976), wyznaczenie wielkości błędów grubych oparto na nierówności Czebyszewa:

$$P\left[|X - E(X)| \geq t \cdot \sigma\right] \leq \frac{1}{t^2} \quad (2)$$

gdzie:  $E(X)$  – wartość oczekiwana,  $t$  – krotność odchylenia standardowego  $\sigma$ .

Wartości prawdopodobieństw obliczone dla nierówności (2) odczytano z tabeli 7.1 zamieszczonej w pracy (Ney, 1976, str. 120). Z wartości tych wynika, że prawdopodobieństwo wystąpienia błędu rzędu  $10 \cdot \sigma$  wynosi mniej niż 0,01. W odniesieniu do prezentowanych badań dokładności wielkoskalowych map cyfrowych, potwierdza to możliwość wystąpienia w zbiorach kontrolnych błędów o wielkości 1,50 m (z prawdopodobieństwem 1%). Natomiast prawdopodobieństwo stwierdzenia wielkości cztery i półkrotnego błędu średniego ( $4,5 \times (\pm 0,3 \text{ mm} \cdot M) = \pm 1,35 \text{ mm} \cdot M$ ), w przypadku mapy w skali 1:500 oznacza wielkość graniczną błędu równą 0,675 m – wynosi 5%.

W związku z powyższym w odniesieniu do punktów kontrolnych wykazujących błąd położenia większy niż 0,68 m przyjęto, że stanowią one elementy odstające w populacji próbnej i przeanalizowano częstość oraz lokalizację ich występowania. Te punkty kontrolne potraktowano jako obciążone błędami grubymi i odrzucono z dalszych analiz, a w zakresie stwierdzonych błędów grubych poczyniono dalej przedstawione ustalenia. W przypadku stwierdzenia koncentracji błędów grubych w jednej lub kilku lokalizacjach obszaru ocenianej mapy można przypuszczać, że nastąpiły zaburzenia w procesie wyznaczenia współrzędnych punktów sytuacyjnych (ogólnie rzecz biorąc wskazuje to na zmiany w przebiegu technologii opracowania bazy danych mapy wielkoskalowej) i w tych obszarach powinny być przeprowadzone dodatkowe pomiary kontrolne. Na każdym obiekcie kontrolnym wskazano lokalizację punktów kontrolnych obciążonych błędami grubymi oraz określono jaki odsetek stanowią one w całości zbioru punktów kontrolnych.

## Koncepcja oceny dokładności opracowania sytuacyjnego map wielkoskalowych

Sformułowana w niniejszej pracy koncepcja oceny dokładności opracowania sytuacyjnego map wielkoskalowych stanowi uproszczoną metodykę badań, pomijającą prowadzenie zaawansowanych analiz statystycznych. Jednakże wnosi ona propozycję ustalenia krajowej specyfikacji dokładności opracowania sytuacyjnego baz danych map wielkoskalowych oraz kryterium wyznaczenia elementów odstających w zbiorach punktów kontrolnych.

Wyniki oceny dokładności opracowania sytuacyjnego wielkoskalowych map cyfrowych zestawiono w tabeli. W przypadku metod B, C, D średni błąd położenia punktu (RMSE) obliczono, zgodnie z formułą (1), na podstawie różnic współrzędnych pozyskanych z badanej mapy i współrzędnych wyznaczonych z nowego pomiaru bezpośredniego. Natomiast w przypadku metody A błąd wyznaczono zgodnie z teorią par pomiarów, na podstawie różnic współrzędnych dwukrotnie pomierzonych punktów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej, z zastosowaniem następującej formuły:  $RMSE_A = \sqrt{\sum(\Delta L^2)/(2 \cdot N)}$  (tabela, kol. 4).

Ponadto w kolumnie 5 tabeli, zawarto charakterystykę opisową dokładności analizowanych zbiorów danych, sformułowaną zgodnie z zaleceniami normy międzynarodowej PN-EN ISO 19114:2005 (Jakobsson, Giversen, 2007). Oznacza to zastosowanie nowoczesnych technik oceny jakości danych przestrzennych (Droj et al., 2009), co zapewnia sprawną weryfikację dokładności zgromadzonych baz danych map wielkoskalowych pod względem oczekiwań ich użytkowników oraz dostarcza charakterystyk umożliwiających stworzenie rozszerzonego zbioru metadanych (zgodnie z zapisami normy PN-EN ISO 19115:2005).

**Tabela.** Stwierdzona dokładność poszczególnych obiektów kontrolnych wielkoskalowych map cyfrowych

Me- toda pozys- kania danych	Zbiór kontrolny /liczba elemen- tów (punktów) kontrol- nych	Liczba elementów odsta- jących/ odsetek błędów grubych w zbiorze	RMSE [m]	Charakterystyka dokładności bazy danych sformułowana na podstawie zbioru punktów kontrolnych
1	2	3	4	5
A	A-1/298	1/0,3%	0,036	W analizowanym zbiorze kontrolnym 1 punkt nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 99,7% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	A-2/186	2/1,1%	0,046	W analizowanym zbiorze kontrolnym 2 punkty nie spełniają przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 98,9% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
B	B-1/261	4/1,5%	0,123	W analizowanym zbiorze kontrolnym 4 punkty nie spełniają przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 98,5% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-2/217	2/0,9%	0,144	W analizowanym zbiorze kontrolnym 2 punkty nie spełniają przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 99,1% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-3/210	14/6,7%	0,193	W analizowanym zbiorze kontrolnym 14 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 93,3% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-4/244	3/1,2%	0,184	W analizowanym zbiorze kontrolnym 3 punkty nie spełniają przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 98,8% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-5/318	6/1,9%	0,104	W analizowanym zbiorze kontrolnym 6 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 98,1% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-6/264	0/0%	0,104	W analizowanym zbiorze kontrolnym wszystkie punkty spełniają przyjęty standard dokładności, czyli 100% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	B-7/108	21/19,4%	0,193	W analizowanym zbiorze kontrolnym 21 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 80,6% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
C	C-1/311	0/0%	0,182	W analizowanym zbiorze kontrolnym wszystkie punkty spełniają przyjęty standard dokładności, czyli 100% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	C-2/462	10/2,2%	0,269	W analizowanym zbiorze kontrolnym 10 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 97,8% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
D	D-1/1001	65/6,5%	0,273	W analizowanym zbiorze kontrolnym 65 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 93,5% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	D-2/553	59/10,7%	0,309	W analizowanym zbiorze kontrolnym 59 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 89,3% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	D-3/241	31/12,9%	0,315	W analizowanym zbiorze kontrolnym 31 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 87,1% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	D-4/238	11/4,6%	0,236	W analizowanym zbiorze kontrolnym 11 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 95,4% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	D-5/134	3/2,2%	0,238	W analizowanym zbiorze kontrolnym 3 punkty nie spełniają przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 97,8% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m
	D-6/115	5/4,3%	0,316	W analizowanym zbiorze kontrolnym 5 punktów nie spełnia przyjętego standardu dokładności, a pozostałe 95,7% punktów wykazuje błąd położenia < 0,69 m

## Podsumowanie wyników badań i wnioski końcowe

Obliczenia i analizy wykonane na obiektach kontrolnych pozwoliły na określenie rzeczywistej dokładności opracowania sytuacyjnego wielkoskalowych map cyfrowych. W ramach zaproponowanej oceny dokładności map wielkoskalowych, dokładność mapy scharakteryzowano średnim błędem położenia (RMSE) szczegółu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej oraz sformułowaniem wskazującym na poziom zgodności ocenianego zbioru danych z przyjętym standardem dokładności mapy wielkoskalowej (tabela). Następnie na każdym z obiektów kontrolnych wykonano indywidualną analizę w zakresie lokalizacji punktów obciążonych błędami grubymi oraz sformułowano zalecenia mające zapewnić poprawę stwierdzonej dokładności ocenionej bazy danych.

W przypadku mapy wykonanej na podstawie wyników nowych pomiarów tachimetrem elektronicznym nie stwierdzono nagromadzenia błędów grubych. Na obszarze obiektu kontrolnego A-1 stwierdzono jeden punkt kontrolny będący elementem odstającym w zbiorze błędów położenia punktów kontrolnych wynoszący 0,87 m, w sytuacji gdy pozostałe punkty kontrolne nie wykazują błędu położenia większego od 0,28 m (w zasadzie jeden punkt wykazuje taki błąd, a pozostałe nie przekraczają 0,18 m). Natomiast na obszarze obiektu kontrolnego A-2 stwierdzono dwa punkty kontrolne będące elementami odstającymi w zbiorze błędów położenia punktów kontrolnych wynoszące 0,70 m i 0,91 m, w sytuacji gdy pozostałe punkty kontrolne nie wykazują błędu położenia większego w zasadzie od 0,17 m (a dwa z nich wynoszą 0,42 m i 0,54 m).

Obiekty kontrolne mapy cyfrowej wykonanej na podstawie istniejących wyników wcześniejszych pomiarów bezpośrednich zasadniczo nie wykazują poziomu błędów grubych przekraczającego 2% elementów zbioru punktów kontrolnych, co stanowi rezultat nie gorszy niż 5% poziom obliczony z nierówności Czebyszewa (z wyjątkiem obiektu kontrolnego B-3 i B-7). Większą częstość wystąpienia elementów odstających stwierdzono na obszarze obiektu kontrolnego B-3 (szczególnie w zasięgu arkusza mapy o nr 2(5)) oraz na obszarze obiektu kontrolnego B-7 (w zasięgu arkusza o nr 1(2)). W efekcie wniosków sformułowanych na podstawie kompleksowych badań w zakresie oceny dokładności mapy (Dąbrowski, Doskocz, 2006), kierownictwo miejskiej administracji geodezyjnej zleciło wykonanie na obiektach B-3 i B-7 fragmentów mapy z nowych pomiarów bezpośrednich (Szczepański, 2001).

Zbiory danych pozyskane metodą monoplottingu (manualna wektoryzacja rastrowego obrazu ortofotomapy w skali 1:2000) także w bardzo niewielkim stopniu wykazują istnienie elementów odstających. W przypadku obiektu kontrolnego C-1, gdzie rozpatrywano wyłącznie odczytanie położenia studzienek dobrze identyfikowalnych na obrazie ortofotomapy, nie stwierdzono punktów wykazujących błąd gruby. Natomiast na obszarze obiektu kontrolnego C-2 odczytano położenie punktów sytuacyjnych nie będące wyłącznie szczegółami I grupy dokładnościowej, były to m.in.: studzienki, punkty załamania konturu budynków, punkty załamania linii krawężników, narożniki elementów betonowych, słupy ogrodzenia i inne słupy. Stwierdzony odsetek elementów odstających na poziomie około 2% jest także dobrym rezultatem, zważywszy na różnorodność zwektoryzowanych punktów pod względem dostępności do jednoznacznego wyznaczenia ich położenia sytuacyjnego.

W przypadku mapy cyfrowej wykonanej metodą przetwarzania graficzno-numerycznego (w technologii wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem map analogowych w skali 1:500 wraz z nakładkami uzbrojenia w skali 1:1000) trzy obiekty kontrolne charakteryzują się poziomem błędów grubych nie przekraczającym 5% elementów zbioru punktów kontrolnych.



Natomiast pozostałe trzy obiekty kontrolne wykazały istnienie elementów odstających na poziomie przekraczającym oszacowanie z nierówności Czebyszewa. W tym należy podkreślić, iż w przypadku obiektów kontrolnych D-1 i D-2 wystąpiły błędy grube rzędu 1–2 m, a w zbiorach punktów kontrolnych D-3 i D-4 stwierdzono elementy odstające przyjmujące wielkości nawet rzędu 3–5 m.

W przedstawionej uproszczonej metodyce badań zawarta jest koncepcja składająca się z etapu ogólnego zawierającego uniwersalną ocenę dokładności opracowania sytuacyjnego map wielkoskalowych oraz etapu indywidualnej analizy badanej bazy danych przestrzennych. Koncepcja może stanowić przedmiot opracowania odpowiedniego systemu ekspertowego, działanie którego z pewnością przyczyni się do rozbudowy zasobów informacyjnych ocenionych baz (Eckes, 2006).

W konkluzji należy stwierdzić, że badania dotyczące oceny dokładności wielkoskalowych map cyfrowych są nieodzownym etapem prac związanych z modernizacją i utrzymaniem odpowiedniej jakości państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Jedynie nowoczesne i o odpowiedniej jakości bazy danych przestrzennych mogą stanowić podstawę współczesnej (opartej na wiedzy) gospodarki rynkowej oraz stanowić element po stronie dochodów (wpływów) do budżetu państwa a nie przyczynę do niepożądanych strat (Geoforum, 2010).

### Literatura

- 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*, 16(5), 1170-1178.
- Brzuchowska J., 2003: GIS w praktyce planistycznej – na przykładzie miasta Wrocław. Warsztaty Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, Warszawa, [http://www.igpik.waw.pl/pdf/brzuchowska1\\_pl.pdf](http://www.igpik.waw.pl/pdf/brzuchowska1_pl.pdf) (odczytano: 2010-05-12).
- Croitoru A., Doytsher Y., 2003: Accounting for Discontinuities in Cadastral Data Accuracy: Toward a Patch Based Approach. Paper of FIG Working Week, Paris, France, [http://www.fig.net/pub/fig\\_2003/TS\\_15/TS15\\_4\\_Croitoru\\_Doytsher.pdf](http://www.fig.net/pub/fig_2003/TS_15/TS15_4_Croitoru_Doytsher.pdf) (odczytano: 2007-07-15).
- Dąbrowski W., Doskocz A., 2006: Kompleksowa ocena dokładności wielkoskalowych opracowań cyfrowych miasta Zielona Góra. *Roczniki Geomatyki* t. IV, z. 3, 81-93. PTIP, Warszawa.
- Dąbrowski W., Doskocz A., Mrówczyński T., 2007: Miasto doceniło ortofoto. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta* nr 1 (140), 26-28.
- De Bruin S., 2008: Modelling Positional Uncertainty of Line Features by Accounting for Stochastic Deviations from Straight Line Segments. *Transactions in GIS*, 12(2), 165-177.
- De Bruin S., Heuvelink G.B.M., Brown J.D., 2008: Propagation of positional measurement errors to agricultural field boundaries and associated costs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63(2), 245-256.
- Doskocz A., 2002: Badanie dokładności wielkoskalowych map numerycznych wykonanych różnymi metodami. Rozprawa doktorska, UWM w Olsztynie.
- Doskocz A., 2005: The use of statistical analysis for estimation of positional accuracy of large-scale digital maps. *Geodezja i Kartografia*, Vol. 54, No. 3, 131-150.
- Droj G., Suba Ş., Buda A., 2009: Modern techniques for evaluation of spatial data quality. *RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre*, No. 9, 265-272, [http://www.uab.ro/reviste\\_recunoscute/revcad/revcad\\_2009\\_en/29.droj\\_suba\\_buda.pdf](http://www.uab.ro/reviste_recunoscute/revcad/revcad_2009_en/29.droj_suba_buda.pdf) (odczytano: 2010-05-12).
- Dyrektywa, 2007: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2007/2/WE z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) (Dz.Urz. UE L 108 z 25.04.2007, z późn. zm.).
- Eckes K., 2006: Rozbudowa zasobów informacyjnych GIS za pomocą systemu ekspertowego. *Roczniki Geomatyki* t. IV, z. 2, 75-80. PTIP, Warszawa.

- Gaździcki J., 2004: Leksykon geomatyczny. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, <http://www.ptip.org.pl/>
- Gaździcki J., 2006: Geoinformacja w samorządzie terytorialnym. Referat wprowadzający Konferencji „GIS szansą rozwoju samorządów lokalnych”, Warszawa, 21-22 listopada, [http://forumgis.pl/images/content/geoinf\\_w\\_samorz\\_teryt.pdf](http://forumgis.pl/images/content/geoinf_w_samorz_teryt.pdf) (odczytano: 2007-07-15).
- Geoforum, 2010: Centrum im. A. Smitha krytycznie o polskich bazach danych przestrzennych. Serwis internetowy Geoforum.pl dział prawo – wiadomości, *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta*, <http://geoforum.pl/?page=news&id=7721&link=centrum-im-a-smitha-krytycznie-o-polskich-bazach-danych-przestrzennych&menu=46819,46868&year=2010&category=0> (odczytano: 2010-05-04).
- GUGiK, 2005: Opublikowane normy Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w ramach prac Komitetu Technicznego nr 297 ds. Informacji geograficznej. Serwis informacyjny Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, <http://www.gugik.gov.pl/kt297>
- Guptill S.C., Morrison J.L. (ed.), 1995: Elements of spatial data quality. Opublikowane w imieniu Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej przez Elsevier Science.
- Iwaniak A., 2007: Infrastruktura informacji geodezyjnej i kartograficznej. *Roczniki Geomatyki*, t.V, z. , 63-71. PTIP, Warszawa.
- Jakobsson A., Giversen J. (ed.), 2007: Guidelines for Implementing the ISO 19100 Geographic Information Quality Standards in National Mapping and Cadastral Agencies. Eurogeographics Expert Group on Quality, [http://www.eurogeographics.org/documents/Guidelines\\_ISO19100\\_Quality.pdf](http://www.eurogeographics.org/documents/Guidelines_ISO19100_Quality.pdf) (odczytano: 2009-12-12).
- Makowski A. 2000: Standaryzacja we współczesnej kartografii. [W:] Materiały VI Seminarium pt. „Jakość i standaryzacja w geodezji i kartografii” zorganizowanego przez Stowarzyszenie Geodetów Polskich, Pogorzela 28-30 września, [http://www.geodezja-szczecin.org.pl/stara\\_strona/Konferencje/Konf2000/k08.html](http://www.geodezja-szczecin.org.pl/stara_strona/Konferencje/Konf2000/k08.html) (odczytano: 2003-07-20)
- López F.J.A., Gordo A.D.A., 2008: Analysis of Some Positional Accuracy Assessment Methodologies. *Journal of Surveying Engineering*, 134(2), 45-54.
- Ney B., 1976: Metody statystyczne w geodezji. Skrypt uczelniany AGH nr 497, Kraków.
- Pachelski W., Parzyński Z., 2007: Modele pojęciowe niektórych geodezyjnych składników infrastruktury danych przestrzennych. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.* 6(4), 23-37.
- PN-EN ISO 19113:2005 Informacja geograficzna – Podstawy opisu jakości.
- PN-EN ISO 19114:2005 Informacja geograficzna – Procedury oceny jakości.
- PN-EN ISO 19115:2005 Informacja geograficzna – Metadane.
- Popławski W., 2004: Filozofia Six Sigma jako sposób na poprawę efektywności przedsiębiorstwa. Polska Akademia Six Sigma, <http://www.polishsixsigmaacademy.pl/files/FilozofiaSixSigma.doc> (odczytano: 2010-02-12).
- Rönsdorf C., 2004: Positional integration of geodata. Positional accuracy improvement: Impacts of improving the positional accuracy of GI databases, EuroSDR Publication No. 48 – Related Papers, [http://www.eurocdr.net/km\\_pub/no48/html/positional/related\\_papers.htm](http://www.eurocdr.net/km_pub/no48/html/positional/related_papers.htm) (odczytano: 2009-07-20).
- Szczepański Z., 2001: Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej a GIS – relacje, zależności, Konferencja Jubileuszowa nt. „10 lat Systemu Informacji Przestrzennej GEO-INFO®” podczas VII Międzynarodowych Targów Geodezji i Geoinformatyki GEA'2001, Wrocław 27-29 września.
- Ustawa, 2010: Ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz.U. 2010 nr 76 poz. 489)
- Uzasadnienie, 2008: Uzasadnienie projektu ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej. Polska Izba Informatyki i Telekomunikacji, <http://www.piit.org.pl/piit2/redir.jsp?place=galleryStats&id=5535> (odczytano: 2010-05-12).
- Wytyczne, 1981: Wytyczne techniczne K-1.2: Mapa zasadnicza – aktualizacja i modernizacja .Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Zakarevičius A., Jonauskienė I., 2007: Opportunity to use statistical control for quality assessment of land parcels cadastral data. (in Lithuanian) *Geodesy and Cartography*, 33(4), 115-119.
- Zandbergen P.A., 2008: Positional Accuracy of Spatial Data: Non-Normal Distributions and Critique of the National Standard for Spatial Data Accuracy. *Transactions in GIS*, 12(1), 103-130.

### ***Abstract***

*The paper presents a proposal for estimation of horizontal accuracy of large-scale digital map. The research was realized by means of 4 different methods of producing digital map data: new total station survey, re-calculation of previous direct measurements realised by orthogonal and polar surveys, manual vectorisation of a raster orthophotomap image and graphical-and-digital processing of analogue maps. The analysis has been performed for sets of vectors representing shifts of control points. Length of the vectors in the case of a map produced by means of a new survey with an electronic tachymeter were represented by differences between co-ordinates of control points obtained from two separate sets of coordinates. In the case of other methods of data collection for digital map, the length of vectors was represented by differences of coordinates acquired from the investigated map and coordinates calculated from new direct surveys.*

*Obtained results of accuracy estimation using simplified statistical analysis are coherent with conclusions developed on the basis of classical estimation of accuracy (in reference to the requirements for technical standards). High accuracy of the digital map produced on the basis of a survey with an electronic tacheometer was confirmed. It was also confirmed that accuracy of a digital map produced on the basis of the past field surveys is relatively satisfactory. Realized analysis confirmed the high accuracy (in relation to well identified details of the 1<sup>st</sup> group, i.e. inspection chambers over underground installations) of a digital orthophotomap. The lowest accuracy was confirmed for a digital map produced by means of graphical-and-digital processing of analogue maps (by vectorization of raster maps).*

*In the author's opinion, it is desirable to establish procedures for automation of estimation of accuracy of digital maps and for their application in the appropriate expert system. This will ensure efficient verification of accuracy of collected large-scale digital map data according to the expectations of their users and provide the characteristics to enable development of an extended set of metadata.*

dr inż. Adam Doskocz  
adam.doskocz@uwm.edu.pl  
tel. +48 89 523 42 84, tel./fax +48 89 523 48 78