

ZAKRES MOŻLIWYCH BŁĘDÓW W BAZACH DANYCH MAP WIELKOSKALOWYCH

Adam Duskocz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Wraz z rozwojem technologii komputerowych materiały tworzące zasób geodezyjny i kartograficzny są opracowywane w postaci cyfrowej. Współcześnie mapę zasadniczą tworzy się na podstawie odpowiednich zbiorów danych zawartych w bazach danych: EGİB, GESUT, PRG, PRPOG, BDSOG i BDOT500. Obecnie kluczowe znaczenie mają bazy BDOT500 i EGİB oraz GESUT zapewniające realizację standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500–1:5000. W pracy przedstawiono charakterystykę wielkości błędów, które mogą wystąpić w zbiorach danych sytuacyjnych zasilających bazę danych mapy wielkoskalowej. Obliczono charakterystyki liczbowe modelu kompozycji błędów adekwatnych do poszczególnych metod pozyskania danych sytuacyjnych na potrzeby opracowania map wielkoskalowych. W sformułowanych kompozycjach błędów poszczególnych metod pozyskania danych sytuacyjnych uwzględniono czynniki występujące w rozpatrywanych technologiach. Jako wielkości tych czynników przyjęto możliwe do uzyskania: minimalne średnie błędy pomiarowe, przeciętne średnie błędy i średnie błędy maksymalne. Omówione kompozycje błędów pozwoliły na obliczenie minimalnej niepewności opracowywanych wielkoskalowych map cyfrowych, wskazującą także na niepewność danych, z którą należy się liczyć, decydując się na ich wykorzystanie. Stwierdzono, że w przypadku danych sytuacyjnych pozyskanych w wyniku pomiarów tachimetrem elektronicznym mogą być uzyskane dokładności położenia punktów dobrze identyfikowalnych szczegółów od 0,04 do 0,14 m przy średniej wielkości błędu 0,07 m. Przy wykorzystaniu wyników pomiarów sytuacyjnych zrealizowanych na przestrzeni minionych 30–50 lat głównie metodą domiarów prostokątnych, a w ostatnim okresie metodą biegunową, należy liczyć się z ich dokładnością od 0,14 do 0,51 m przy średniej wielkości błędu położenia punktów 0,22 m. W wyniku wyznaczenia współrzędnych punktów sytuacyjnych poprzez manualną wektoryzację ortofotomapy cyfrowej opracowanej w skali bazowej 1:2000 uzyskiwane są dane z dokładnością od 0,13 do 0,42 m przy średniej wielkości błędu 0,26 m (w przypadku dobrze identyfikowalnych szczegółów). Natomiast, w przypadku wykorzystania przetworzonych (w technologii digitalizacji lub wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem) map w skali 1:5000 należy oczekiwać minimalnej wielkości średniego błędu

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

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

położenia punktu równej 1,26 m przy przeciętnej wielkości średniego błędu na poziomie 2,40 m, ale mogą zdarzyć się także błędy położenia punktu na poziomie 5,56 m.

Słowa kluczowe: zasób geodezyjno-kartograficzny, charakterystyka błędów, dokładność sytuacyjnego opracowania map wielkoskalowych

WSTĘP

Wraz z rozwojem technologii komputerowych materiały tworzące zasób geodezyjny i kartograficzny są opracowywane w postaci cyfrowej. Realizacja opracowania cyfrowego obejmuje rozwiązanie podstawowych zadań geodezyjnych, w tym m.in. zaprojektowanie i pomiar osnowy geodezyjnej, a następnie realizację pomiarów szczegółowych (np. techniką kodowanego pomiaru tachimetrem elektronicznym lub z wykorzystaniem techniki satelitarnej RTK/RTN GNSS) bądź pozyskanie danych przestrzennych innymi metodami (np. w technologii przetwarzania graficzno-numerycznego map analogowych poprzez digitalizację lub skanowanie z wektoryzacją). W etapie końcowym następuje opracowanie obiektów bazy danych i ewentualne generowanie jej prezentacji graficznej.

Ostatnio wydane rozporządzenia w sprawie mapy zasadniczej zapoczątkowały duże zmiany w prowadzeniu podstawowego opracowania kartograficznego, jakim jest mapa zasadnicza. Współcześnie mapę zasadniczą tworzy się na podstawie odpowiednich zbiorów danych zawartych w bazach danych: BDOT500, EGiB i GESUT oraz PRG, PRPOG i BDSOG [Rozporządzenie 2013, 2015, Parzyński 2014].

W zagadnieniach dotyczących planowania i realizacji inwestycji oraz w innych zadaniach gospodarczych nieodzowne jest wykorzystanie map wielkoskalowych [Daskocz 2015]. Obecnie kluczowe znaczenia w tych zastosowaniach mają bazy BDOT500, EGiB i GESUT zapewniające realizację standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500–1:5000. Jednakże, stosowanie w ostatnich dziesięcioleciach różnych metod i technologii pozyskiwania danych zasilających państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny może skutkować częstym nagromadzeniem błędów znacznie przekraczających tolerancje obowiązujących standardów technicznych.

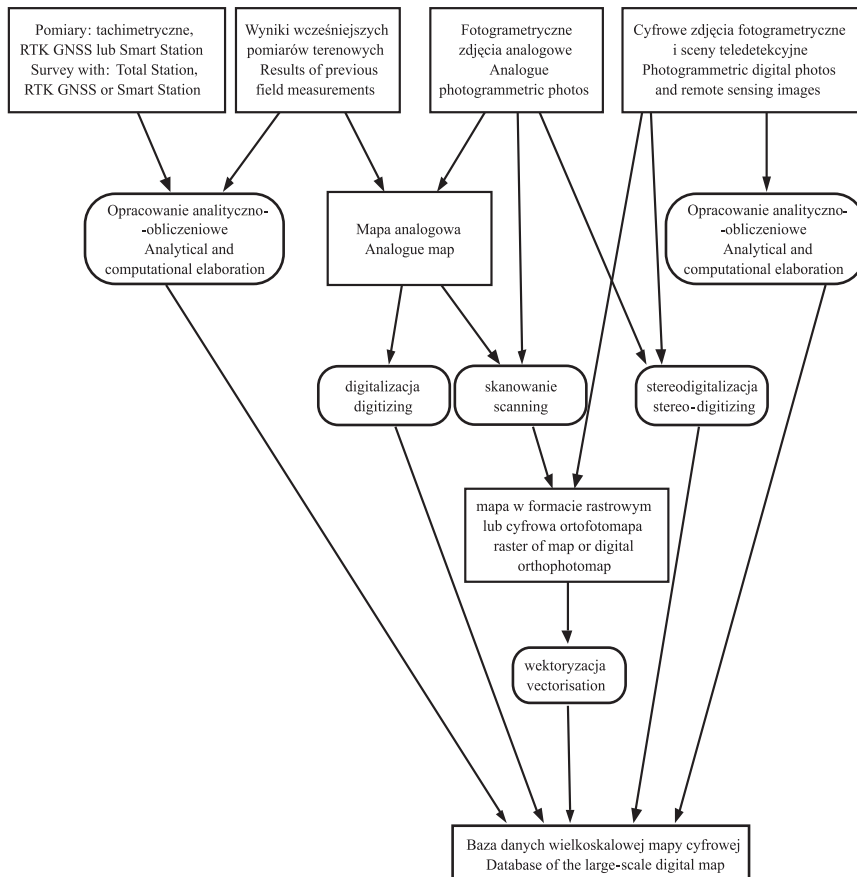
Współczesny rozwój cywilizacyjny powoduje, że obok zagadnień dotyczących pozyskiwania, gromadzenia i udostępniania zbiorów danych przestrzennych istnieje potrzeba wypracowania w środowisku geodetów i kartografów kryteriów optymalnej ich modernizacji [Daskocz 2014b]. Należy przypuszczać, iż spowoduje to zmniejszenie problemów z wykorzystaniem baz danych przestrzennych [Świetlik i in. 2012, Centrum 2010, Portal 2010] oraz usprawni weryfikację ich jakości i dostarczy narzędzi do oceny ryzyka związanego z ich wykorzystaniem [Hejmanowska 2006, Daskocz 2016].

W niniejszej pracy podjęto zagadnienie charakterystyki błędów występujących w zbiorach danych sytuacyjnych oraz rozmiaru wynikającej stąd niepewności danych określanej w literaturze także budżetem błędów [PKN 2002, Bielecka 2006].

METODY POZYSKANIA DANYCH

Badania przeprowadzono na podstawie zbiorów danych punktów kontrolnych stanowiących szczegóły sytuacyjne I grupy dokładnościowej, były to głównie: punkty załamania konturu budynków (narożniki budynków), punkty załamania granic działek ewidencyj-

nych (graniczniki) i punkty armatury uzbrojenia naziemnego terenu (studzienki). Przeanalizowano dokładność pierwotnie wyznaczonych punktów sytuacyjnych wyznaczonych czterema metodami. Stosowane metody pozyskania szczegółów terenowych i ocenę ich dokładności w świetle wyników nowych pomiarów terenowych przedstawiono w pracy Dąbrowskiego i Doskocza [2008]; poniżej pokrótce omówiono metody wyznaczenia położenia szczegółów (rys. 1).



Rys. 1. Metody pozyskiwania danych do opracowania mapy wielkoskalowej [Doskocz 2013]
Fig. 1. Methods of the data acquisition for large-scale map

Metoda A – charakteryzuje mapę sytuacyjną opracowaną z pomiarów terenowych wykonanych tachimetrem elektronicznym.

Metoda B – charakteryzuje mapę zasadniczą opracowaną z wyników pomiarów sytuacyjnych realizowanych na przestrzeni minionych 30–50 lat, głównie metodą domiarów prostokątnych, a w ostatnim okresie metodą biegunową z zastosowaniem tachimetru elektronicznego.

Metoda C – charakteryzuje ortofotomapę cyfrową opracowaną w skali bazowej 1:2000, na podstawie której wyznaczono współrzędne punktów sytuacyjnych w wyniku ich manualnej wektoryzacji.

Metoda D – charakteryzuje mapę zasadniczą opracowaną poprzez przetworzenie pierwszorzędowej mapy analogowej i nakładek uzbrojenia technicznego terenu, w technologii wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem materiałów analogowych.

OMÓWIENIE MOŻLIWYCH BŁĘDÓW

Procedura oceny jakości danych geograficznych zawarta zarówno w krajowych standardach technicznych od instrukcji technicznych z lat 80. minionego stulecia do Rozporządzenia [2011], jak i w międzynarodowej normie PN-EN ISO 19114 [PKN 2005] stanowi, że ocena dokładności opracowania sytuacyjnego mapy wielkoskalowej realizowana jest poprzez obliczenie średniego błędu położenia punktu (m_p). Średni błąd położenia punktu (ang. *root mean square error, RMSE*) obliczany jest w zakresie szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej (ang. *well defined points*) na podstawie różnicy współrzędnych punktów uzyskanych w procesie opracowania mapy i ich współrzędnych referencyjnych (kontrolnie) wyznaczonych poprzez pomiar terenowy jednoznacznie zidentyfikowanych szczegółów.

Standardowe procedury stosowane do oceny dokładności metod pomiarowych i wyników pomiarów opracowano przy założeniu, że rozkład błędów jest w przybliżeniu normalny lub przynajmniej jednomodalny [PKN 2002]. Jednakże, przeprowadzone badania wskazują zdecydowanie różne rozkłady błędów od przyjętych założeń [Daskocz 2005, Zandbergen 2008]. W związku z tym w pracy przedstawiono modele kompozycji błędów charakteryzujących poszczególne metody pozyskania danych sytuacyjnych i obliczono przeciętne oraz ekstremalne (minimalne i maksymalne) średnie błędy charakteryzujące poszczególne zbiory danych.

Wśród współcześnie stosowanych geodezyjnych technologii pomiaru szczegółów terenowych, pod względem wydajności i automatyzacji, należy wyróżnić dwie metody: tachimetrię (ang. *Total Station Surveying*) i metodę precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego GNSS (z wykorzystaniem różnicowych pomiarów GNSS wykonywanych w jednej z technik kinematycznych: RTK z zastosowaniem własnej stacji referencyjnej lub RTN sieci permanentnych stacji referencyjnych, np. ASG-EUPOS), którą można określić kinematyczną techniką pomiaru satelitarnego w czasie rzeczywistym (ang. *Real Time GNSS Surveying*).

Pomiary tachimetrem elektronicznym (przy przestrzeganiu fundamentalnych zasad i warunków pomiaru) dostarczają jednorodny i wysoko dokładny materiał obserwacyjny, a przy pełnej automatyzacji etap jego opracowania analityczno-obliczeniowego odbywa się w tachimetrze praktycznie z wyłączeniem bezpośredniego udziału operatora. Dokładność pomiaru tachimetrycznego jest wyznaczana na podstawie teorii par spostrzeżeń [Dąbrowski i in. 1998].

Ocena dokładności danych sytuacyjnych pozyskanych techniką pomiaru satelitarnego w czasie rzeczywistym także mogłaby być zrealizowana zgodnie z teorią par spostrzeżeń. Należy pamiętać, aby kontrolne wyznaczenie położenia szczegółów I grupy wykonać po ponownej inicjalizacji odbiornika satelitarnego [Poradnik 2013] i po zrealizowanym pomiarze zasadniczym szczegółów terenowych. Oznacza to, że po skończonej sesji pomiaru szczegółów następuje wyznaczenie kontrolne ich położenia (praktyczne doświadczenia wskazują, iż w kolejności pomiaru należy zapewnić możliwie najdłuższy odstęp

pomiędzy parą wyznaczeń, wówczas współrzędne pikiet będą wyznaczone przy bardziej zmienionej konfiguracji satelitów).

Poza tym kontrolę pomiaru może stanowić jednoczesny pomiar wybranych szczegółów sytuacyjnych odbiornikiem RTK oraz tachimetrem elektronicznym. Jak wykazały wykonane prace badawcze [Doskocz, Uradziński 2010], różnice współrzędnych pikiet pomierzonych przy odkrytym horyzoncie (dostępnej sferze niebieskiej przy masce elewacji co najmniej 10°) wykazują niewielkie rozbieżności.

Natomiast w przypadku zastosowania technologii pomiaru Leica Smart Station idea pomiaru kontrolnego może być wydajnie zrealizowana poprzez jednoczesny pomiar techniką RTN GNSS oraz klasyczny pomiar tachimetryczny (z zastosowaniem reflektora zwrotnego) lub równoczesny pomiar bez reflektora zwrotnego (tzw. pomiar bezlustrowy). Analiza zrealizowanych pomiarów kontrolnych w technologii Smart Station (zestawem Leica Viva 15) również potwierdziła dużą zgodność współrzędnych szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej wyznaczonych techniką RTN z wynikami klasycznej tachimetrii oraz z pomiarami bezlustrowymi [Doskocz 2014a].

Uzyskane wyniki w zakresie zgodności pomiarów GNSS z pomiarami klasycznymi potwierdzają rezultaty wcześniejszych prac w zakresie kontroli istniejącego zasobu geodezyjno-kartograficznego oraz nowo przyjmowanych danych do państwowego zasobu [Bosy i in. 2008].

W przypadku danych sytuacyjnych pozyskanych z dawnych operatów pomiarowych o ich dokładności decydują błędy położenia punktów osnowy i błędy wynikające z zastosowanych metod pomiaru szczegółów. Stanowi to zbliżoną kompozycję błędów do współcześnie stosowanych metod pomiarów terenowych, z tą istotną różnicą, że zasób geodezyjno-kartograficzny tworzony na przestrzeni kilkudziesięciu lat opiera się na niejednorodnej sieci punktów geodezyjnej osnowy szczegółowej. Ponadto, zasadnicze różnice występowały w rozwiązaniach sieci pomiarowych – dopuszczalne było w nich zastosowanie wielorzędowości i brak wyrównania ścisłego. Również wykorzystywane metody pomiaru szczegółów były niejednorodne, wcześniej głównie używano metody domiarów prostokątnych, po czym wdrażano technologię pomiaru biegunowego (poprzez zastosowanie teodolitu z przyziarem wstęgowym, a następnie z nasadką dalmierczą, do w pełni zintegrowanego pomiaru tachimetrem elektronicznym).

Współczesne standardy prac geodezyjnych [Rozporządzenie 2011] w ramach technologii wyznaczenia położenia szczegółów sytuacyjnych, obok pomiaru terenowego, wskazują na geodezyjny pomiar fotogrametryczny oraz na geodezyjny pomiar kartometryczny.

Mianem geodezyjnego pomiaru fotogrametrycznego określono pomiar sytuacyjny lub wysokościowy wykonywany na modelu terenu utworzonym z przetworzonych zdjęć lotniczych bądź satelitarnych. Na podstawie przeprowadzonych badań [Kaczyński i in. 1999, Doskocz 2003, Będkowski i in. 2006, Plichta 2006, Paszotta 2008] wiadomym jest, iż dokładność produktów fotogrametrii cyfrowej (zarówno ortofotomapy oraz danych pozyskanych z modelu stereofotogrametrycznego) zrealizowanych na podstawie zdjęć wielkoskalowych nie ustępuje dokładności danych pozyskanych w pomiarach terenowych; kluczowym problemem jest widoczność obiektów na zdjęciach.

Natomiast pod pojęciem geodezyjnego pomiaru kartometrycznego rozumiany jest pomiar sytuacyjny wykonywany na mapie analogowej lub jej skalibrowanym obrazie rastrowym oraz na ortofotomapie cyfrowej.

W niniejszej pracy odniesiono się także do dokładności danych sytuacyjnych pozyskanych w technologii przetwarzania graficzno-numerycznego poprzez wektoryzację map rastrowych. Mianowicie, w przypadku metody C i D dane sytuacyjne pozyskano w technologii przetwarzania graficzno-numerycznego. Technologia ta jest procesem zaawansowanym, a w przypadku metody D bardziej złożonym i obciążonym większą liczbą potencjalnych źródeł błędów. O ocenie dokładności poszczególnych etapów procesu przetwarzania graficzno-numerycznego traktuje szereg prac, m.in. Gościńskiego [1997, 1999].

Oszacowanie dokładności opracowań fotogrametrycznych jest trudne, gdyż jest ona funkcją wielu czynników. Przyjmuje się, że średni błąd położenia szczegółów sytuacyjnych na ortofotomapie powinien nie przekraczać 0,3 mm w skali ortofotomapy i zawierać się w wymiarze 2–3 pikseli obrazu [Będkowski i in. 2006]. Ponadto, dokładność opracowania sytuacyjnego ortofotomapy cyfrowej może być wyznaczona empirycznie, a kryterium oceny mogą stanowić wyniki kontrolnego pomiaru terenowego [Daskocz 2003].

Jak wiadomo, współrzędne punktów sytuacyjnych z ortofotomapy pozyskiwane są w wyniku wektoryzacji. A jako ostateczne mogą być przyjęte uśrednione wartości wyników dwukrotnej wektoryzacji. Wówczas dokładność przeprowadzonej wektoryzacji wyznaczana jest zgodnie z teorią par spostrzeżeń, tak oszacowany średni błąd wektoryzacji m_w wyniósł 0,06 m [Daskocz 2003]. Stanowi to dobry rezultat, gdyż przyjmuje się, że dokładność określenia położenia szczegółu sytuacyjnego na obrazie rastrowym jest rzędu 0,5 pikseli. Ponadto uzyskany wynik zbliżony jest do rezultatów innych prac badawczych [Preuss 1994]. W przytoczonych wynikach badań P. Waldhausla wskazano, że przy realizacji fotogrametrycznych pomiarów punktowych (a takie najczęściej wykonuje się w opracowaniach wielkoskalowych) empirycznie stwierdzono, iż dokładność identyfikacji szczegółów terenowych w płaszczyźnie poziomej wynosi $m_i = \pm 0,05$ m. Przy czym ta dokładność charakteryzuje szczegóły sytuacyjne o najmniejszym błędzie identyfikacji, którymi są np. pokrywy studzienek kanalizacyjnych usytuowanych w obrębie jezdni [Preuss 1994].

Technologia przetwarzania graficzno-numerycznego map analogowych może przebiegać według dwóch procesów (rys. 1): digitalizacji materiału analogowego lub wektoryzacji rastrowego obrazu mapy. Jednakże, przed poddaniem przetwarzaniu istniejące mapy powinny być poddane ocenie w zakresie kartometryczności podkładu poszczególnych arkuszy i ocenie dokładności opracowania sytuacyjnego mapy.

Miarą dokładności opracowania sytuacyjnego mapy jest zgodność położenia tych samych, jednoznacznie zidentyfikowanych punktów sytuacyjnych na mapie i w terenie [Hopfer, Urban 1984, 437]. Punkt sytuacyjny (pikieta) otrzymuje określone położenie na mapie w wyniku szeregu czynności stanowiących dwie zasadnicze grupy, tj. czynności: polowych i kameralnych. Pośród czynności polowych należy wymienić czynniki (odniesione do najbliższych punktów szczegółowej osnowy poziomej): obciążone przez średni błąd położenia punktu osnowy pomiarowej (m_1), średni błąd pomiaru pikiety (m_2). Natomiast wśród czynności kameralnych (w przypadku tradycyjnej procedury kartowania) należy wymienić czynniki dotyczące: średniego błędu skartowania punktu osnowy (m_3), z którym związane są niedokładności (wyrażone w skali mapy) dotyczące: nakłucia siatki kwadratów (0,04 mm), wykreślenia siatki kwadratów (0,08 mm) i naniesienia na mapę współrzędnych punktu osnowy – odpowiednio X (0,08 mm) i Y (0,08 mm); oraz średniego błędu skartowania pikiety (m_4), z którym związane są niedokładności (wyrażone w skali mapy) dotyczące naniesienia na mapę współrzędnych punktu sytuacyjnego

– odpowiednio $X(0,08 \text{ mm})$ i $Y(0,08 \text{ mm})$. Powyższe czynniki współtworzą kompozycję modelu średniego błędu położenia pikiety uwidocznionego na mapie analogowej [Lorenc 1984]. Należy wspomnieć, iż w przypadku wykorzystania kartometru lub nawet uproszczonych aplikacji do komputerowego opracowania mapy czynniki dotyczące kartowania przyjmą mniejsze wielkości.

W technologii digitalizacji map analogowych w powyższej kompozycji błędów składowych należy ponadto uwzględnić niedokładność dwóch czynników: czynnika dotyczącego kalibracji (transformacji) arkusza mapy do układu geodezyjnego (m_{kalt}) oraz czynnika dotyczącego średniego błędu pomiaru położenia pikiety digitizerem (m_{digi}). Zgodnie z zaleceniami praktycznymi [GUGiK 2003, Radzio 2003] ustalona jest procedura przeliczania osnów poziomych oraz granic administracyjnych i katastralnych do układu PL-2000, a błąd transformacji (kalibracji) arkusza mapy nie powinien przyjąć wartości większej od nominalnych błędów punktów dostosowania (które w przypadku osnowy matematycznej mapy wynosi 0,01 mm w jej skali, a punktów osnowy geodezyjnej 0,10 m). Zgodnie z pracami badawczymi Wasilewskiej [1989] dokładność praktyczna digitalizacji (średni błąd pomiaru punktu digitizerem) wynosi 0,14 mm w skali mapy.

Natomiast w przypadku technologii wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem map analogowych kompozycję elementów składowych błędu położenia punktu należy rozszerzyć o dwa czynniki: pierwszy dotyczący procesu skanowania mapy (m_{skan}) i drugi dotyczący średniego błędu wyznaczenia położenia pikiety metodą wektoryzacji (m_{wekt}) rastrowego obrazu mapy.

Technologia wektoryzacji wcześniej zeskanowanych map obecnie w znacznej mierze jest stosowaną metodą automatyzującą pozyskiwanie danych cyfrowych z istniejących map analogowych. Jak wiadomo, wielkość zniekształceń obrazów rastrowych ma istotny wpływ na dokładność danych pozyskanych z tych obrazów do bazy mapy cyfrowej [Gościewski 1999]. Wiele jest czynników powodujących zniekształcenia obrazów rastrowych mapy. Znaczna ich część powinna być zdiagnozowana na etapie oceny kartometryczności mapy analogowej, a ponadto należy uwzględnić istotny czynnik występujący w procesie skanowania.

Technologia przetwarzania graficzno-numerycznego nie zawsze zapewnia pozyskanie danych z odpowiednią dokładnością [Gościewski 1997, Dąbrowski i in. 1999]. Każdy przyrząd zastosowany w tym procesie może wprowadzać błędy związane z jego konstrukcją i jakością pracy. Ponadto, sam materiał analogowy często ulega deformacjom zniekształcającym geometrię obrazu mapy, która także jest skażona w razie wykorzystywania źle skalibrowanego obrazu rastrowego mapy. Wymienione czynniki powodują powstanie zniekształceń pogarszających dokładność danych sytuacyjnych pozyskanych w technologii przetwarzania graficzno-numerycznego istniejących map analogowych. W związku z tym ocena i interpretacja tych zniekształceń powinny być nieodzownym etapem każdej realizacji ww. technologii [Gościewski 1999]. Zrealizowane badania w zakresie poprawności pracy skanerów wskazały na powtarzający się cykl rozkalibrowywania skanera w czasie jego eksploatacji produkcyjnej. Szczególnie skanery rolkowe wykazują tendencję do szybkiego rozkalibrowywania się, a proces ich kalibracji pozwala jedynie na okresową poprawę geometrii uzyskiwanych obrazów rastrowych. Natomiast w zakresie skanerów tablicowych stwierdzono dużą stabilność pracy w czasie eksploatacji pomiędzy poszczególnymi ich kalibracjami [Gościewski 2000].

Na deformację analogowego arkusza mapy składają się wszelkie zniekształcenia układu mapowego, które powodują niezamierzone różnice odległości i pól powierzchni pomierzonych na mapie w stosunku do ich wielkości terenowych. Jedną z metod stwierdzenia deformacji arkusza mapy jest fakt ustalenia różnicy – wielkości pomierzonych na mapie i poprawnie wyznaczonych (z wymaganą dokładnością) wielkości terenowych uznanych za prawdziwe lub obliczonych z wyników pomiarów terenowych (np. ze współrzędnych). Deformacja może być stwierdzona, jeśli wyznaczone różnice będą większe od błędu wyznaczenia danej wielkości na mapie [Żróbek 1992].

Na podstawie obszernych badań zrealizowanych w pracach Gościewskiego [1997] i Pietrzak [1999] stwierdzono, że średnie błędy kalibracji wynoszą od 0,1 do 0,4 mm w skali mapy. Najwyższe dokładności odnotowano w przypadku kalibracji mapy rastrowej opierającej się na punktach siatki kwadratów (zalecane jest wykorzystanie wszystkich punktów osnowy matematycznej arkusza mapy), a mniejsze przy wykorzystaniu punktów osnowy geodezyjnej i punktów granicznych działek ewidencyjnych. Natomiast najmniejsze dokładności uzyskano przy użyciu innych punktów sytuacyjnych jako punktów łącznych w zadaniu transformacji obrazu mapy do układu geodezyjnego.

Zgodnie z literaturą skanowanie map realizowane jest z rozdzielczością 300–400 dpi i przetworzenie mapy do postaci rastrowej odbywa się praktycznie bez straty dokładności [Gajdek 2004]. Obowiązujący standard techniczny określa, iż skanowanie map wykonuje się na skanerze zapewniającym rozdzielczość rzeczywistą (optyczną) 400 dpi oraz dokładność skanowania 0,0002 m [Rozporządzenie 2011 §48].

Natomiast na potrzeby niniejszej pracy dokładność manualnej wektoryzacji (m_{wekt}) położenia punktów na rastrowym obrazie mapy przyjęto na poziomie wielkości średniego błędu pozyskania danych poprzez digitalizację mapy analogowej.

CHARAKTERYSTYKA LICZBOWA MODELU KOMPOZYCJI BŁĘDÓW

Powyżej przedstawione rozważania w zakresie metod pozyskania danych pozwoliły na ustalenie zależności określających dokładność położenia punktów sytuacyjnych I grupy na wielkoskalowych opracowaniach geodezyjno-kartograficznych. W zaproponowanych formułach uwzględniono składowe kompozycji błędów elementarnych poszczególnych metod pozyskania danych sytuacyjnych zasilających mapy wielkoskalowe.

W zagadnieniu rozważanym w niniejszej pracy przyjęto jako wielkość graniczną składowych (czynników) w kompozycji błędu położenia punktu 4,5-krotną wielkość nominalną tychże czynników. Co oznacza, że po przyjęciu założenia o probabilistycznym modelu błędów, w którym teoretycznie błąd pomiaru jest zmienną losową o rozkładzie normalnym – z prawdopodobieństwem bliskim jedności nie zostaną przekroczone graniczne wielkości czynników w kompozycji błędów. W rutynowych analizach dotyczących dokładności pomiarów i opracowań geodezyjnych najczęściej nie uwzględnia się danych wykazujących błędy średnie większe niż dwukrotna wartość błędu przewidzianego dla danej technologii [Adamczewski 2005]. Należy jednak pamiętać, że takie podejście ogranicza kompleksowość wykonanych analiz i sformułowanych wniosków. Ponadto, w zbiorach punktów kontrolnych wskazujących na dokładność opracowania sytuacyjnego map wielkoskalowych często występują wielkości błędów wyraźnie różniące się od pozostałych (tj. błędy odstające oraz błędy grube) [Doskocz 2013].

Po podstawieniu wartości minimalnych, średnich i maksymalnych poszczególnych czynników uzyskano interwały przewidywanej dokładności różnych metod pozyskania danych sytuacyjnych (tab. 1). W przypadku metody A i B przyjęto charakterystykę dokładnościową wyznaczenia położenia punktów osnowy pomiarowej i szczegółów I grupy współczesną oraz dopuszczalną na przestrzeni ostatnich kilkudziesięcioleci. Natomiast w zakresie metody C i D przyjęto: teoretyczną wielkość minimalną wynikającą z wielkości nominalnej składowych, średnią wynikającą z przyjęcia 2-krotnej wielkości nominalnej i maksymalną wynikającą z przyjęcia 4,5-krotnej wielkości nominalnej.

W każdej z rozpatrywanych metod pozyskania danych przewidziano także możliwość wystąpienia czynnika losowego (m_r) o nieustalonej wartości liczbowej, którego wystąpienie oznacza zaistnienie nieznanymi czynników (wcześniej nieujętych) i dopełnia resztę zdefiniowanego modelu kompozycji błędów danej metody [Wiśniewski 2004].

Zestawione w poniższej tabeli wartości liczbowe błędu wypadkowego kompozycji wyznaczono z pominięciem wartości liczbowej czynnika m_r , przyjmując następujące oznaczenia:

- m_1 – błąd położenia punktu osnowy pomiarowej,
- m_2 – błąd pomiaru punktu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej,
- m_3 – błąd skartowania punktu osnowy,
- m_4 – błąd skartowania punktu sytuacyjnego (pikiety),
- m_{skan} – błąd skanowania mapy,
- m_{kali} – błąd kalibracji (transformacji) arkusza mapy do układu geodezyjnego,
- m_{digit} – błąd pomiaru położenia pikiety digitizerem (dorównuje mu błąd manualnej wektoryzacji położenia pikiety na podstawie obrazu rastrowego mapy m_{wekt}),
- m_{orto} – błąd opracowania ortofotomapy (łączny błąd procesów zrealizowanych w opracowaniu ortofotomapy),
- m_w – błąd wektoryzacji położenia szczegółu I grupy na rastrowym obrazie ortofotomapy,
- m_r – czynnik losowy, którego wystąpienie oznacza zaistnienie nieznanymi czynników w zdefiniowanym modelu kompozycji błędów danej metody.

Tabela 1. Model kompozycji błędów występujących w metodach wyznaczenia położenia punktów sytuacyjnych I grupy w procesie opracowania map wielkoskalowych

Table 1. Model of the composition of errors in the methods of acquire horizontal well-defined points for large-scale maps

Metoda A – Method A	$m^2_A = m^2_1 + m^2_2 + m^2_r$ $m_{A_{min}} = \sqrt{(0,03m)^2 + (0,03m)^2} = 0,04m$ $m_{A_{sr}} = \sqrt{(0,05m)^2 + (0,05m)^2} = 0,07m$ $m_{A_{max}} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,10m)^2} = 0,14m$
Metoda B – Method B	$m^2_B = m^2_1 + m^2_2 + m^2_r$ $m_{B_{min}} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,10m)^2} = 0,14m$ $m_{B_{sr}} = \sqrt{(0,20m)^2 + (0,10m)^2} = 0,22m$ $m_{B_{max}} = \sqrt{(0,50m)^2 + (0,10m)^2} = 0,51m$

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

Metoda C – Method C	$m^2_c = m^2_{orto} + m^2_w + m^2_r$ $m_{c_{min}} = \sqrt{(0,12m)^2 + (0,05m)^2} = 0,13m$ $m_{c_w} = \sqrt{(0,24m)^2 + (0,10m)^2} = 0,26m$ $m_{c_{max}} = \sqrt{(0,36m)^2 + (0,22m)^2} = 0,42m$
---------------------	---

Metoda D – Method D	$m^2_D = m^2_1 + m^2_2 + m^2_3 + m^2_4 + m^2_{skan} + m^2_{kalib} + m^2_{wekt} + m^2_r$
<ul style="list-style-type: none"> – przetworzenie mapy w skali 1:500 – processing the map on 1:500 scale 	$m_{D_{min}} = \sqrt{(0,05m)^2 + (0,05m)^2 + (0,07m)^2 + (0,06m)^2 + (0,0002m)^2 + (0,1mm \times 500)^2 + (0,14mm \times 500)^2} = 0,14m$ $m_{D_w} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,07m)^2 + (0,14m)^2 + (0,11m)^2 + (0,0004m)^2 + (0,2mm \times 500)^2 + (0,28mm \times 500)^2} = 0,28m$ $m_{D_{max}} = \sqrt{(0,20m)^2 + (0,10m)^2 + (0,32m)^2 + (0,25m)^2 + (0,0009m)^2 + (0,4mm \times 500)^2 + (0,63mm \times 500)^2} = 0,60m$
<ul style="list-style-type: none"> – przetworzenie mapy w skali 1:1000 – processing the map on 1:1.000 scale 	$m_{D_{min}} = \sqrt{(0,05m)^2 + (0,05m)^2 + (0,14m)^2 + (0,11m)^2 + (0,0002m)^2 + (0,1mm \times 1000)^2 + (0,14mm \times 1000)^2} = 0,26m$ $m_{D_w} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,07m)^2 + (0,29m)^2 + (0,23m)^2 + (0,0004m)^2 + (0,2mm \times 1000)^2 + (0,28mm \times 1000)^2} = 0,52m$ $m_{D_{max}} = \sqrt{(0,20m)^2 + (0,10m)^2 + (0,65m)^2 + (0,51m)^2 + (0,0009m)^2 + (0,4mm \times 1000)^2 + (0,63mm \times 1000)^2} = 1,14m$
<ul style="list-style-type: none"> – przetworzenie mapy w skali 1:2000 – processing the map on 1:2.000 scale 	$m_{D_{min}} = \sqrt{(0,05m)^2 + (0,05m)^2 + (0,29m)^2 + (0,23m)^2 + (0,0002m)^2 + (0,1mm \times 2000)^2 + (0,14mm \times 2000)^2} = 0,51m$ $m_{D_w} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,07m)^2 + (0,58m)^2 + (0,45m)^2 + (0,0004m)^2 + (0,2mm \times 2000)^2 + (0,28mm \times 2000)^2} = 1,03m$ $m_{D_{max}} = \sqrt{(0,20m)^2 + (0,10m)^2 + (1,30m)^2 + (1,02m)^2 + (0,0009m)^2 + (0,4mm \times 2000)^2 + (0,63mm \times 2000)^2} = 2,24m$
<ul style="list-style-type: none"> – przetworzenie mapy w skali 1:5000 – processing the map on 1:5.000 scale 	$m_{D_{min}} = \sqrt{(0,05m)^2 + (0,05m)^2 + (0,72m)^2 + (0,57m)^2 + (0,0002m)^2 + (0,1mm \times 5000)^2 + (0,14mm \times 5000)^2} = 1,26m$ $m_{D_w} = \sqrt{(0,10m)^2 + (0,07m)^2 + (1,44m)^2 + (1,13m)^2 + (0,0004m)^2 + (0,2mm \times 5000)^2 + (0,28mm \times 5000)^2} = 2,40m$ $m_{D_{max}} = \sqrt{(0,20m)^2 + (0,10m)^2 + (3,24m)^2 + (2,54m)^2 + (0,0009m)^2 + (0,4mm \times 5000)^2 + (0,63mm \times 5000)^2} = 5,56m$

W powyższych kompozycjach błędów poszczególnych metod pozyskania danych sytuacyjnych uwzględniono czynniki występujące w rozpatrywanych technologiach. Odnośnie danych pozyskanych z pomiarów terenowych (metodą A i B) czynniki składowe kompozycji błędów stanowią błąd wyznaczenia położenia punktu osnowy pomiarowej i błąd

pomiaru pikiety. Jako wielkości tych czynników przyjęto możliwe technologicznie do uzyskania minimalne błędy pomiarowe, błędy średnie i dopuszczalne błędy maksymalne.

W przypadku danych pozyskanych poprzez manualną wektoryzację rastrowego obrazu ortofotomapy, w sytuacji braku szczegółowych informacji na temat dokładności procesów zrealizowanych w ramach wytworzenia analizowanych ortofotomap, przyjęto czynnik określający dokładność ich opracowania (m_{orto}) na poziomie wymiaru 1–3 pikseli terenowych. Wymiar piksela terenowego w przypadku analizowanych ortofotomap cyfrowych wyniósł ok. 0,12 m, a błąd wektoryzacji (m_w) w celu wyznaczenia położenia szczegółu I grupy na rastrowym obrazie ortofotomapy przyjęto zgodnie z literaturą na minimalnym poziomie 0,05 m – w obliczeniu średniego błędu metody C przyjęto dwukrotną wielkość błędu wektoryzacji, a dla wyznaczenia błędu maksymalnego metody C przyjęto 4,5-krotną wielkość błędu m_w .

Zdecydowanie najbogatszą kompozycją błędów charakteryzują się dane zgromadzone metodą przetwarzania graficzno-numerycznych map analogowych (metoda D). W tej technologii można wyróżnić następujące grupy czynników: błędy zawarte w materiałach źródłowych (w tym błędy pomiarów terenowych i błędy kartowania), stan techniczny map analogowych (w tym zniekształcenia mediów), błędy związane z technologią przetwarzania graficzno-numerycznego (w przypadku digitalizacji głównie błędy osobowe, a w przypadku skanowania z wektoryzacją przede wszystkim składowe systematyczne technologii oraz błędy resztkowe zniekształceń obrazów rastrowych nie w pełni wyeliminowane poprzez ich kalibrację).

W obliczeniach pośrednich uwzględniono, że na finalną dokładność skartowania mapy wielkoskalowej wpływają czynniki związane z dokładnością kartowania punktów osnowy i punktów sytuacyjnych (pikiety). W przypadku dokładności kartowania punktu osnowy (m_3) przyjęto następującą wielkość minimalną, średnią i maksymalną (ustaloną przy założeniu odpowiednio pojedynczej, dwukrotnej i 4,5-krotnej wielkości błędu) każdej czynności elementarnej, tj.: nakłucia siatki kwadratów, wykreślenia siatki kwadratów i naniesienia na mapę odpowiednio współrzędnych (X i Y) punktu osnowy. Natomiast w zakresie dokładności kartowania pikiety (m_4) przyjęto odpowiednią wielkość minimalną, średnią i maksymalną błędów naniesienia na mapę współrzędnych punktu sytuacyjnego – odpowiednio (X i Y) pikiety (tab. 2).

Tabela 2. Dokładność kartowania punktu osnowy i pikiety na poszczególnych mapach wielkoskalowych

Table 2. Accuracy of the mapping of control network points and topographic points on the large-scale maps

Skala mapy Map scale	Błędy kartowania [m] Mapping errors					
	m_{3min}	m_{3sr}	m_{3max}	m_{4min}	m_{4sr}	m_{4max}
1:500	0,07	0,14	0,32	0,06	0,11	0,25
1:1000	0,14	0,29	0,65	0,11	0,23	0,51
1:2000	0,29	0,58	1,30	0,23	0,45	1,02
1:5000	0,72	1,44	3,24	0,57	1,13	2,55

Należy jednak wspomnieć, iż map w skali 1:5000 najczęściej nie kartowano tradycyjnie. Wówczas gdy były one opracowywane (przed kilkudziesięciu laty), powstawały wskutek zastosowania technologii fotogrametrii analogowej lub poprzez reprodukcję fotomechaniczną z pierworysów map w skalach większych. Biorąc powyższe pod uwagę, można założyć, że w tych przypadkach zestawiony w tabeli 2 poziom dokładności (dla mapy w skali 1:5000) jest także adekwatny. Zważywszy na sygnały płynące z administracji geodezyjno-kartograficznej, należy niestety spodziewać się także błędów grubych rzędu kilkudziesięciu metrów na mapach ewidencji gruntów opracowanych w technologii fotogrametrycznej z lat 70. minionego stulecia [Świetlik 2007].

W przypadku wykorzystania pierworysów map wielkoskalowych trzeba uwzględnić czynniki dotyczące: błędu położenia punktu osnowy pomiarowej (m_1), błędu pomiaru punktu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej (m_2), błędu skartowania punktu osnowy (m_3) i błędu skartowania punktu sytuacyjnego (m_4) (tab. 3).

Tabela 3. Dokładność położenia pikiety na pierworysie mapy wielkoskalowej
Table 3. Accuracy of the position errors of topographic point on the analogue large-scale map

Skala mapy Map scale	Błąd położenia punktu [m] Positional error of point		
	$m_P = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2}$		
	$m_{P_{\min}}$	$m_{P_{\text{sr}}}$	$m_{P_{\max}}$
1:500	0,12	0,22	0,46
1:1000	0,19	0,39	0,86
1:2000	0,38	0,74	1,67
1:5000	0,92	1,83	4,12

PODSUMOWANIE

Przedstawione w pracy charakterystyki liczbowe modelu kompozycji błędów adekwatnych do poszczególnych metod pozyskania danych sytuacyjnych na potrzeby opracowania map wielkoskalowych wskazują na skalę niepewności, z którą należy się liczyć, decydując się na ich wykorzystanie.

Stwierdzono, że w przypadku danych sytuacyjnych pozyskanych w wyniku pomiarów tachimetrem mogą być uzyskane dokładności wyznaczenia położenia dobrze identyfikowalnych szczegółów od 0,04 do 0,14 m przy średniej wielkości błędu 0,07 m.

Przy wykorzystaniu wyników pomiarów sytuacyjnych zrealizowanych na przestrzeni minionych 30–50 lat głównie metodą domiarów prostokątnych, a w ostatnim okresie metodą biegunową, należy liczyć się z ich dokładnością od 0,14 do 0,51 m przy średniej wielkości błędu 0,22 m.

W wyniku wyznaczenia współrzędnych punktów sytuacyjnych poprzez manualną wektoryzację ortofotomapy cyfrowej opracowanej w skali bazowej 1:2000 uzyskiwane są dane z dokładnością od 0,13 do 0,42 m przy średniej wielkości błędu 0,26 m.

Przeprowadzone badania wskazują, że w kontekście wykorzystania map ewidencji gruntów w skali 1:5000, na potrzeby prowadzenia gospodarki nieruchomościami lub

opracowywania planów zagospodarowania przestrzennego, należy liczyć się z dalej podanymi błędami położenia punktu w zakresie szczegółów I grupy dokładnościowej (np. punktów granicznych działek ewidencyjnych). W przypadku wykorzystania pierworysów map w skali 1:5000 należy oczekiwać minimalnej wielkości błędu położenia punktu równej 0,92 m przy średniej wielkości na poziomie 1,83 m, ale mogą zdarzyć się także błędy na poziomie 4,12 m.

Natomiast w przypadku wykorzystania przetworzonych (w technologii digitalizacji lub wektoryzacji poprzedzonej skanowaniem) map w skali 1:5000 można oczekiwać minimalnej wielkości błędu położenia punktu równej 1,26 m przy średniej wielkości na poziomie 2,40 m, ale mogą zdarzyć się także błędy na poziomie 5,56 m.

W związku z powyższym należy podkreślić, iż opracowywanie wiarygodnych map do celów projektowych oraz innych celów gospodarczych wymaga kontrolnych pomiarów weryfikujących dokładność wyjściowych zbiorów danych i analogowych map wielkoskalowych. Uwzględniając dostępność technologii RTK/RTN GNSS i wysoką dokładność tychże pomiarów, przy odpowiedniej dostępności horyzontu, technologia ta mogłaby być zalecana do przeprowadzenia pomiarów kontrolnych zgodnie z wynikami wcześniejszych prac badawczych [Bosy i in. 2008, Dorskocz 2014a].

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski Z., 2005. Teoria błędów dla geodetów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Będkowski K., Adamczyk J., Mikrut S., 2006. Współczesne metody fotogrametrii i ich zastosowanie w leśnictwie. Roczniki Geomatyki, Tom IV, Zeszyt 4, 55–65.
- Bielecka E., 2006. Systemy informacji geograficznej. Teoria i zastosowania. Wydawnictwo Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych, Warszawa.
- Bosy J., Jaworowski D., Kijak P., Konik T., 2008. Kontrola zasobu geodezyjnego z wykorzystaniem systemu ASG-EUPOS na przykładzie powiatu bolesławieckiego. Magazyn Geoinformacyjny GEODETA, nr 10, 22–26.
- Centrum, 2010. Rządowe bazy błędów. Centrum im. Adama Smitha. Dostępne online: <http://www.smith.org.pl/pl/pages/events/id:76>
- Dąbrowski W., Dąbrowska D., Lewandowicz E., Wierciński T., 1998. Doświadczalne wyznaczenie dokładności mapy numerycznej z pomiarów bezpośrednich. Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Systemy Informacji Przestrzennej, Tom 1, 99–102.
- Dąbrowski W., Dąbrowska D., Dorskocz A., Lubarski J., 1999. Czy numerycznie znaczy dokładnie. Magazyn Geoinformacyjny GEODETA nr 4, 26–27.
- Dąbrowski W., Dorskocz A., 2008. Estimation of accuracy of the large-scale digital topographic map data. Proceeding of the 7th International Conference “Environmental Engineering” (Section: Geodesy and Cadastre Technology), Vol. III, 1293–1299.
- Dorskocz A., 2003. Ocena dokładności ortofotomapy cyfrowej. Miesięcznik Przegląd Geodezyjny nr 4, 9–11.
- Dorskocz A., 2005. The use of statistical analysis for estimation of positional accuracy of large-scale digital maps. Geodesy and Cartography, Vol. 54, No. 3, 131–150.
- Dorskocz A., 2013. Metodyka oceny dokładności wielkoskalowych map cyfrowych. Rozprawy i Monografie nr 193, Wydawnictwo UWM w Olsztynie.
- Dorskocz A., 2014a. Wyniki kontrolnych pomiarów sytuacyjnych wykonanych w technologii Smart Station. Referat wygłoszony na Konferencji KGS KBKiS PAN „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”, Olsztyn.

- Doskocz A., 2014b. The current state of the creation and modernization of national geodetic and cartographic resources in Poland. *Maszynopis*, UWM w Olsztynie.
- Doskocz A., 2015. Analysis of accuracy of determination of areas from coordinates stored in large-scale map data. *Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining Conference Proceedings (Section: Cartography and GIS)*, Vol. II, 673–680.
- Doskocz A., 2016. Accuracy assessment of planimetric large-scale map data for decision-making. *Geodesy and Cartography* Vol. 65, No. 1 (w druku).
- Doskocz A., Uradziński M., 2010. Porównanie współrzędnych pikiet wyznaczonych jednocześnie tachimetrem elektronicznym oraz zestawem RTK GNSS. Referat wygłoszony na Konferencji KGS KBKiS PAN „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”, Olsztyn.
- Gajdek J., 2004. Mapy rastrowe i hybrydowe w projektowaniu obiektów budowlanych. *Miesięcznik Drogownictwo*, nr 2, 66–71.
- Gościowski D., 1997. Ocena dokładności i efektywności pozyskiwania informacji graficznych w procesie tworzenia mapy numerycznej. Praca doktorska, ART w Olsztynie.
- Gościowski D., 1999. Graficzna analiza błędów występujących w procesie przetwarzania graficzno-numerycznego i numeryczno-graficznego. *Biuletyn Naukowy ART Olsztyn*, nr 6, 235–248.
- Gościowski D., 2000. Metody oceny i minimalizacji składowych zniekształceń obrazów rastrowych w systemach przetwarzania informacji przestrzennych. XVII Konferencja z cyklu „Jesienna Szkoła Geodezji”, pt. Geodezja w systemach geoinformacyjnych, Polanica Zdrój.
- GUGiK, 2003. Wytyczne do przeliczeń osnów poziomych i granic administracyjnych oraz przekształceń map katastralnych do układu „2000”. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Hejmanowska B., 2006. Wpływ jakości danych na modelowanie stref zagrożenia powodziowego. *Roczniki Geomatyki*, Tom IV, Zeszyt 1, 145–150.
- Hopfer A., Urban M., 1984. Geodezyjne urządzenie terenów rolnych. PWN, Warszawa.
- Kaczyński R., Ziobro J., Ewiak I., 1999. Dokładność poszczególnych etapów generowania ortofotomap cyfrowych ze zdjęć PHARE 1:26000. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 9, 57–60.
- Lorenc R., 1984. Błędy opracowania kameralnego mapy. *Zeszyty Naukowe ART w Olsztynie*, seria Geodezja i Urządzenia Rolne, nr 14, 31–41.
- Parzyński Z., 2014. A new concept for creating the basic map. *Geodesy and Cartography*, Vol. 63, No. 2, 211–217.
- Paszotta Z., 2008. Generowanie ortofotomapy w aplikacji internetowej. Dostępne online: <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/publikacje/Generowanie2.pdf>
- Pietrzak L., 1999. Metoda pozyskiwania danych dla map numerycznych obszarów rolnych i leśnych poprzez ich skanowanie i wektoryzację. Praca doktorska, Politechnika Warszawska.
- PKN, 2002. PN-ISO 5725:2002 Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- PKN, 2005. PN-EN ISO 19114:2005 Informacja geograficzna – Procedury oceny jakości. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Plichta A., 2006. Badanie dokładności manualnej wektoryzacji obiektów infrastruktury kolejowej na ortofotomapie satelitarnej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16, 483–494.
- Poradnik, 2013. Poradnik użytkownika systemu ASG-EUPOS. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, wydanie 2.
- Portal, 2010. Niewolnicy współrzędnych? Portal Nasza Geodezja. Dostępne online: <http://www.nasza-geodezja.pl/artukul-1.html>
- Preuss R., 1994. Nowoczesne technologie fotogrametryczne dla tworzenia podstaw SIT. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Fotogrametryczna mapa numeryczna miasta, Warszawa.

- Radzio W., 2003. Wytyczne do przeliczeń osnów poziomych i granic administracyjnych oraz przekształceń map katastralnych do układu „2000”. *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA*, nr 3, 46–48.
- Rozporządzenie, 2011. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, Dz.U. 2011 Nr 263, poz. 1572.
- Rozporządzenie, 2013. Rozporządzenia Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej (Dz.U. z 2013 r., poz. 383).
- Rozporządzenie, 2015. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 2 listopada 2015 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej (Dz.U. z 2015 r., poz. 2028).
- Świetlik M., 2007. Rezultaty projektów wektoryzacji map katastralnych w Opolskiem. *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA*, nr 10, 13–16.
- Świetlik M., Paluch D., Brożyna M., 2012. Co po pilotażu GUGiK dotyczącym możliwości modernizacji EGİB? *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA*, nr 8, 16–21.
- Wasilewska B., 1989. Przetwarzanie graficzno-cyfrowe – analiza dokładności digitalizacji. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, seria Geodezja i Urządzenia Rolne VI nr 187*, 103–108.
- Wiśniewski Z., 2004. Metody opracowania wyników pomiarów w nawigacji i hydrografii. *Wydawnictwo Akademii Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte, Gdynia*.
- Zandbergen P.A., 2008. Positional Accuracy of Spatial Data: Non-Normal Distributions and a Critique of the National Standard for Spatial Data Accuracy. *Transactions in GIS*, 12 (1), 103–130.
- Żróbek R., 1992. Ocena kartometryczności mapy jako podkładu do projektowania. *Ćwiczenia z geodezyjnego urządzania terenów rolnych i leśnych*. Wydawnictwo ART w Olsztynie.

SIZE OF POSSIBLE ERRORS IN DATABASES OF LARGE-SCALE MAPS

Abstract. With the development of computer technology, the geodetic and cartographic resources are created in digital form. Currently the large-scale base map will be created from the several data sources: a real estate cadastre database EGİB, the GESUT geodetic database of utilities, the PRG national database of boundaries and areas of territorial division, the PRPOG national database of base geodetic control networks, the BDSOG databases of detailed geodetic control networks and the BDOT500 sets of topographical objects. Today, the key importance have a databases BDOT500, EGİB and GESUT which ensure the creation of databases in the standard 1:500 – 1:5000 cartographic scales. In the paper was presented characteristic of occurrence of errors in the planimetric data sets which data feeds for large-scale map database. Was calculated values of characteristics of the numerical model of compositions of errors which are adequate for the particular methods of data acquisition for the large-scale maps. In the formulated compositions of errors of methods data acquisition was included factors stated in considered technologies. As the size of these factors were adopted: the minimum measurement errors, the mean errors and maximum errors. Discussed compositions of errors allow the calculation accuracy of large-scale digital maps, indicating also the uncertainty of the data what to be reckoned with deciding to use them. Was stated for digital map data obtained by surveys performed using an electronic tacheometer may be produced data for the level of the horizontal accuracy well-defined points from 0.04 to 0.14 m with mean error 0.07 m. The accuracy of large-scale map data produced based on

results of surveys performed over 30–50 years using the orthogonal method of measurements and in recent years by the polar method, must reckon with the accuracy from 0.14 to 0.51 m with an average size of error 0.22 m. For the data acquired by manual vectorization of the orthophotomap raster image (on a scale 1:2000) meet the horizontal accuracy from 0.13 to 0.42 m with an average size of error 0.26 m (for well-defined points). In the case of data produced using the graphical-and-digital processing method (vectorization preceded by scanning maps) for analogue base maps on a scale of 1:5000 may be produced data for the level of the horizontal accuracy with the minimum error 1.26 m, the mean error 2.40 m and maximum error 5.56 m.

Key words: geodetic and cartographic resources, characteristic of errors, horizontal accuracy of large-scale map data

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.06.2015

Do cytowania – For citation: Doskocz A., 2015. Zakres możliwych błędów w bazach danych map wielkoskalowych. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 14 (1–2), 19–34.