

Modernizacja ewidencji gruntów i budynków na terenach, gdzie funkcjonują mapy ewidencyjne w skali 1:2880

Z nowych zdjęć będzie taniej

JACEK WŁODEK

Numeryczna mapa ewidencyjna gminy Poronin: postać rastrowa (wariant I) z lewej i postać wektorowa (wariant II)

W związku z pracami nad budową Systemu Identyfikacji Działek Rolnych (LPIS) dla Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS) wzrosła waga modernizacji ewidencji gruntów i budynków, a tempo jej przeprowadzania musi ulec znacznemu przyspieszeniu w stosunku do terminów zawartych w rozporządzeniu. Analiza ekonomiczna wykazała, że wykorzystanie do tego celu archiwalnych zdjęć lotniczych napotyka trudności i pociąga za sobą dodatkowe koszty. Korzystniejsze jest oparcie ewidencji na zdjęciach aktualnych, wykonanych kamerami „nowej generacji”, o dobranej optymalnej skali, z sygnalizacją polowej osnowy fotogrametrycznej przed nalotem i pomiarem środków rzutów w locie.

O ile zastąpienie tradycyjnych rejestrów gruntów odpowiednimi zbiorami komputerowymi już nastąpiło, to w zakresie informatyzacji mapy ewidencyjnej sytuacja jest znacznie trudniejsza. W skali kraju tylko kilkanaście procent tych map prowadzonych jest w formie numerycznej. A w zakresie ewidencji budynków należy raczej mówić nie o procesie modernizacji, ale o zakładaniu takiej ewidencji.

W konsekwencji ogromu prac oraz bardzo ograniczonego czasu na ich realizację rodzi się pytanie: jakie przyjąć rozwiązania techniczne i organizacyjne dla sprostania tym wyzwaniom? Stan współczesnych technik pomiarowych i doświadczenia zagraniczne (a w coraz większym stopniu i krajowe) jednoznacznie wskazują na fotogrametrię jako jedyną metodę pomiarową mogącą sprostać temu wyzwaniu w wymiarze technicznym, czasowym i ekonomicznym.

Materiały wyjściowe i cel opracowania

Na około 25% powierzchni województwa małopolskiego funkcjonują mapy ewidencji gruntów w skali 1:2880 sporządzone na podstawie map z byłego katastru austriackiego. Opracowania te powstały w latach 60. przez przerysowanie map kata-

stralnych oraz częściową zmianę oznaczeń nieruchomości i nie spełniają wymagań określonych w rozporządzeniu w sprawie ewidencji gruntów i budynków zarówno co do treści, kartometryczności, stopnia aktualności, jak i sposobu prowadzenia części geometrycznej i opisowej. Występuje na nich dużo błędów, takich jak rozbieżności pomiędzy stanem faktycznym na gruncie,

Modernizacja ewidencji

Modernizacja ewidencji gruntów i budynków wysuwa się na czoło zadań służby geodezyjnej i kartograficznej na najbliższe lata. Modernizacja egib obejmuje m.in.:

- zastąpienie tradycyjnych papierowych rejestrów gruntów odpowiednimi zbiorami komputerowymi,
 - informatyzację części geometrycznej (kartograficznej) ewidencji gruntów,
 - utworzenie komputerowych baz danych ewidencyjnych łączących część opisową i geometryczną w spójny system zdolny do generowania raportów obsługujących użytkowników systemu.
- Rozporządzenie ministra rozwoju regionalnego i budownictwa w sprawie ewidencji gruntów i budynków z 29 marca 2001 r. nakłada obligatoryjne terminy realizacji tych prac:
- dla obszarów miast – 31 grudnia 2005 r.,
 - dla terenów wiejskich – 31 grudnia 2010 r.

Przetarg na technologie

W drugiej połowie 2001 r. Departament Katastru i Nieruchomości GUGiK (obecnie Departament ds. Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego) ogłosił przetarg na „Opracowanie technologii modernizacji ewidencji gruntów i budynków na terenach, gdzie funkcjonują mapy ewidencyjne w skali 1:2880, z wykorzystaniem metod fotogrametrii cyfrowej”. W efekcie zadanie to zostało zrealizowane przez Małopolską Grupę Geodezyjno-Projektową S.A. oraz Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Informatyczne „COMPASS” S.A. Konsultantami naukowymi byli: prof. Roman Kadaj, dr Zdzisław Kurczyński, dr Władysław Mierzwa oraz Stanisław Zaremba.

przebiegiem granic działek ukazanych na mapie i stanem hipotecznym w księgach wieczystych. Dla większości obszaru na mapach nie są przedstawione budynki, a granice klasoużytków są często nieczytelne. Nawet dla terenów zurbanizowanych mapa prowadzona jest w skali 1:2880. Jednocześnie w państwowym zasobie geodezyjno-kartograficznym istnieje dla tych obszarów dużo zdjęć lotniczych w skalach 1:4000-1:10 000 wykonanych w latach 1978-1983.

Zadanie zleczone przez GUGiK w ramach przetargu (ramka powyżej) polegało na opracowaniu technologii modernizacji ewidencji gruntów i budynków na tych terenach z wykorzystaniem metod fotogrametrii cyfrowej oraz na zweryfikowaniu jej na wybranym obiekcie pilotowym. W zakresie prac znalazły się także analizy dokładnościowe, ekonomiczne i prawno-administracyjne.

Zakłada się, że w technologii modernizacji ewidencji, obok zeskanowanych wtórników map katastralnych (zapisanych w postaci rastrowej) oraz części opisowej ewidencji gruntów, należy wykorzystywać również punkty osnowy geodezyjnych oraz punkty sytuacyjne z operatów jednostkowych (podziałów, rozgraniczeń), z których część posiada współrzędne zarówno w układzie katastralnym, jak i 1965.

Proponowana technologia i analizy uwzględniły dwa scenariusze techniczne modernizacji:

- na podstawie archiwalnych zdjęć lotniczych,
- na bazie nowych zdjęć lotniczych.

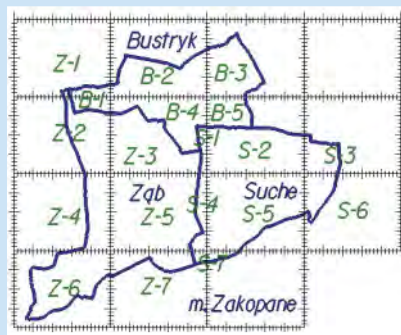
Obiekt pilotowy

Obiektem pilotowym była północna część gminy Poronin w powiecie tatrzańskim obejmująca obręb Bustryk, Ząb

i Suche (patrz tab. poniżej). Dla obiektu pilotowego dostępne były czarno-białe zdjęcia lotnicze w skali 1:5000 wykonane w 1982 roku (fragmenty szeregów od 6. do 17.). Zdjęcia miały bardzo duże pokrycie podłużne, rzędu 80-90%. Do dalszego opracowania wybrano co drugie zdjęcie w szeregu, uzyskując blok złożony ze 148 zdjęć o pokryciach wyższych niż typowe (parametry zdjęć – patrz tab. poniżej). Jakość zdjęć można

Obiekt pilotowy

Obręb	Powierzchnia [ha]	Liczba działek
Bustryk	423	3239
Ząb	779	5443
Suche	543	4911
Razem	1745	13 593



ocenić jako dobrą, choć nie były one „uzbrojone” w połowę osnowę fotogrametryczną, nie były znane ich elementy orientacji zewnętrznej, nie były również sygnalizowane punkty osnowy.

Dla obiektu istnieje mapa ewidencyjna w skali 1:2880 założona w 1967 roku na bazie map katastralnych z zaboru austriackiego (nie są znane parametry i ch odzworowania). Część opisowa ewidencji prowadzona jest w bazie danych ewidencyjnych w systemie „VEGA”.

Założenia technologii opracowania

Istotą proponowanej technologii jest oparcie modernizacji mapy ewidencyjnej na cyfrowych ortoobrazach powstałych przez ortorektifikację zdjęć lotniczych. Obrazy te w toku opracowania fotogrametrycznego zostają doprowadzone do odzworowania docelowej mapy ewidencyjnej (w omawianym przypadku był to układ 1965), o jakości geometrycznej odpowiadającej skali 1:2000. Poszczególne arkusze istniejącej mapy ewidencyjnej zostają po zeskanowaniu przetransformowane na ortoobraz.

W prezentowanej i proponowanej technologii ortoobraz pełni dwie zasadnicze funkcje:

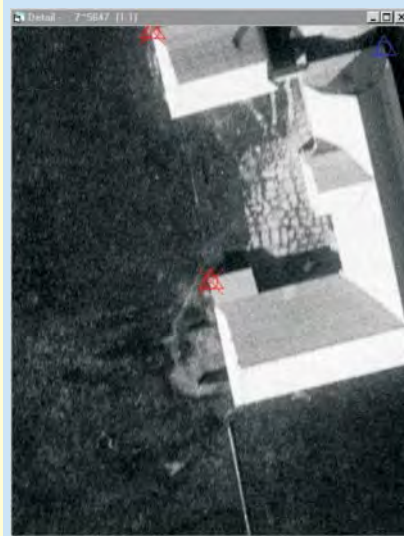
- Stanowi jednolitą „osnowę geometryczną”, na której opiera się geometria tworzonej numerycznej mapy ewidencyjnej.

- Odgrywa rolę weryfikacyjną i kontrolną procesu modernizacji dzięki nałożonemu nań rysunkowi istniejącej mapy (w postaci rastra). To połączenie pozwala od razu wychwycić i ocenić niezgodności, rozbieżności ze stanem faktycznym, zmiany, pomyłki itp.

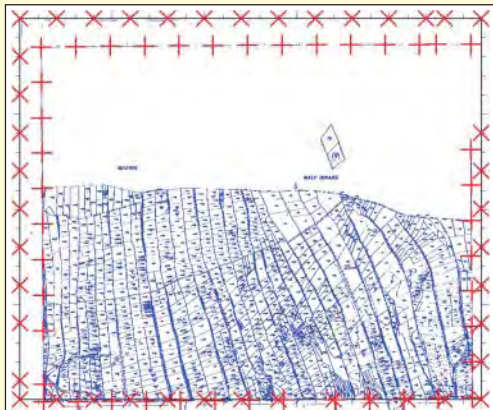
Docelowa mapa powstaje poprzez ekranową digitalizację obrazu rastrowego mapy ewidencyjnej. Proces ten jest realizowany na kartograficznej stacji roboczej. Warstwa budynków tworzona jest w wyniku ekranowej wektoryzacji obrazów rastrowych map sytuacyjno-wysokościowych oraz dołączenia komputerowych danych dotyczących budynków znajdujących się w zasobie bądź poprzez stereodigitalizację modelu na fotogrametrycznej stacji roboczej.

Parametry zdjęć archiwalnych

- skala 1:5000
- data wykonania 1982 r.
- format 23 x 23 cm
- kamera RC 10
- obiektyw półnormalnokątny 21 NAG II nr 7154 (ck = 213,75)
- liczba 148 (12 szeregów: od 6. do 17.)
- pokrycie podłużne p = 60-70%
- pokrycie poprzeczne q = 50-60%



Identyfikacja fotopunktów na starych zdjęciach



Rozmieszczenie na arkuszu punktów do kalibracji rastrów

Przygotowanie rastrów mapy ewidencyjnej do transformacji

1. Utworzenie rastrów istniejących map ewidencji gruntów w skali 1:2880 poprzez skanowanie na skanerze płaskim lub bębnowym (rozdzielczość 400 dpi, wielkości piksela 0,175 m, format danych PCX lub RLC).

Proces uszlachetniania rastrów powinien być wykonany przy użyciu specjalistycznego oprogramowania gwarantującego na obrazie rastrowym:

- całkowity brak plam i szumu pikselowego,
- brak „zlewek” elementów liniowych,
- zachowaną relację geometrii w stosunku do oryginału,
- tło treści rysunku białe i bez zabrudzeń powierzchniowych,
- czytelność treści co najmniej taką jak w oryginale.

2. Kalibracja rastrów na formaty zdefiniowane przez nominalne wymiary i kształty arkuszy map.

Ten wstępny etap przetworzenia rastrów oryginalnych map jest bardzo istotny ze względu na eliminację błędów systematycznych wywołanych deformacją dawnych materiałów kartograficznych i odtworzenie w układzie map faktycznego układu prostokątnego założonego przy tworzeniu map. Zadanie to nie przysparza większych trudności, ponieważ znane są nominalne wymiary arkuszy (25 x 20 cali, co odpowiada wielkościom w terenie 1896,48 m x 1517,19 m). Rastry należy przetworzyć do tych wymiarów za pomocą nieliniowej transformacji afinicznej II stopnia z wykorzystaniem kresek rozmieszczonych co 1 cal wzdłuż boków ramki sekcyjnej. Jest to transformacja, która pozwala usunąć zniekształcenia arkuszy map o charakterze nieliniowym. Zastosowanie przekształceń o wyższych stopniach wielomianu po-

woduje deformowanie rastrów w miejscach, gdzie występują ubytki kresek calowych.

Dla arkuszy nieuszkodzonych, o sporadycznych brakach znaczków calowych, odchyłki wpassowania rastra do ramki nominalnej nie mogą przekraczać 1,5 m. Dopuszcza się jednak możliwość wystąpienia odchyłek do wartości 1,8 m dla kilku punktów, tam gdzie występują większe, trudne do skorygowania zniekształcenia ramek (najczęściej są to narożniki ramek sekcyjnych). Pewne problemy mogą pojawić się w przypadku fizycznych uszkodzeń arkuszy. Uszkodzenia ramek mają miejsce najczęściej na arkuszach niepełnych, gdzie występuje styk obrębów. Zdarza się, że wykorzystać można tylko trzy, dwa lub nawet jeden bok ramki ze znaczkami calowymi. W takich wypadkach skalibrowanie rastra do wymiarów nominalnych jest możliwe przy wykorzystaniu punktów złań granic sąsiadującego obrębu (osobny arkusz mapy). Dla arkuszy o częściowym braku ramki odchyłki wymiarów rastra od wymiarów ramki nominalnej nie mogą przekraczać wartości 2,5 m.

Transformacja rastrów mapy do układu 1965 (etap I)

3. Wyznaczenie przybliżonych formuł transformacji pomiędzy układami na podstawie zachowanych punktów osnów posiadających współrzędne w obu układach lub innych punktów pozyskanych z operatorów jednostkowych (rozgraniczenia, podziały), a także z bezpośrednich pomiarów w terenie.

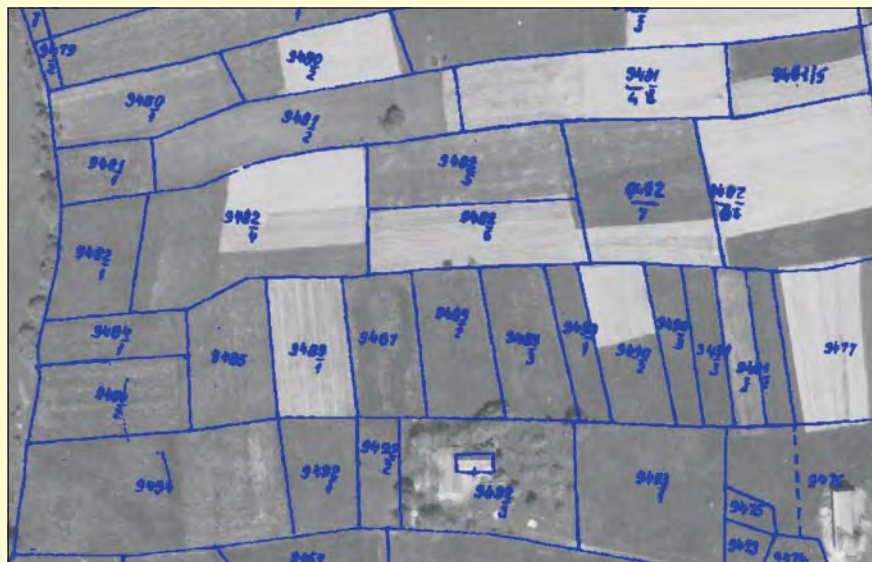
Na tym etapie, wykorzystując wymienione punkty dostosowania, należy wyznaczyć pa-

rametry możliwie prostej transformacji konforemnej (Helmerta). Wyznaczone parametry transformacji (przybliżonej) posłużą z kolei do wstępnego przeliczenia współrzędnych punktów dostosowania do układu 1965 i wykonania (także wstępnej) transformacji połączonych obrazów rastrowych do tego układu. Uzyskanie przybliżonych obrazów map katastralnych na tle ortoobrazów ma na celu wsparcie poprawnego wykonania kolejnego etapu, w którym najważniejszym zadaniem będzie identyfikowanie tych samych punktów sytuacyjnych (na obrazie mapy katastralnej oraz na ortoobrazach). Nałożenie obu obrazów (jakkolwiek tylko przybliżone) pozwoli uniknąć wielu błędów grubych (omyłek identyfikacji). Minimalna liczba punktów dostosowania wynosi 1 punkt na 10 ha, a średni błąd transformacji – 4,3 m.

Transformacja rastrów mapy do układu 1965 (etap II)

4. Identyfikacja par punktów sytuacyjnych (głównie „trójmiedz”) na obrazie mapy ewidencyjnej i ortoobrazach z jednoczesnym pomiarem współrzędnych w obu układach (katastralnym i 1965) i ostateczne wyznaczenie formuł transformacji.

Podstawą ostatecznego wyznaczenia formuł transformacji pomiędzy układami będzie masowy zbiór punktów sytuacyjnych wybranych jako punkty dostosowania. Przy założeniu, że punkty te są rozmieszczone równomiernie w obszarze całego obiektu, a przede wszystkim na jego obrzeżach, ich liczba powinna wynosić nie mniej niż 1 na 4 ha (dopuszcza się w tym przypadku błędów grubych lub tzw. elemen-



Porównanie przetransformowanego rastra mapy ewidencyjnej z ortoobrazem

Wyniki z analiz transformacji (etap I i etap II)

Transformacja konforemna II stopnia, etap I

Liczba punktów dostosowania	220		
Liczba punktów wykluczonych	43		
Ostateczna liczba punktów dostosowania	177		
Średnie zagęszczenie punktów wynosi: 1 pkt/10 ha			
Średni błąd transformacji [m]:			
$m_x = 2,60$	$m_y = 3,40$	$m_p = 4,29$	
Maksymalne odchyłki na punktach dostosowania [m]:			
$\max m_x = 8,01$	$\max m_y = 7,54$	$\max m_p = 11,0$	

Transformacja wielomianowa, etap II

Liczba punktów dostosowania	752		
Liczba punktów wykluczonych	275		
Ostateczna liczba punktów dostosowania	477		
Średnie zagęszczenie punktów wynosi: 1 pkt/4 ha			
Średni błąd transformacji [m]:			
$m_x = 1,76$	$m_y = 2,01$	$m_p = 2,68$	
Maksymalne odchyłki na punktach dostosowania [m]:			
$\max m_x = 5,61$	$\max m_y = 5,52$	$\max m_p = 7,40$	

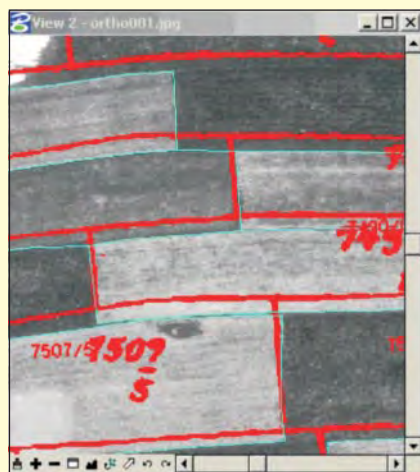
Zestawienie dokładności wpasowania rastrów w odniesieniu do pomiarów bezpośrednich i ortoobrazów:

Wartość błędów	m_p [m]	$\max V_p$ [m]	$V_p > 3m$ [%]
Transformacja konforemna II stopnia Etap I (1 pkt/10 ha)	4,29	11,00	58
Transformacja wielomianowa Etap II (1 pkt/4 ha)	2,68	7,40	35

tów odstających, które powinny być wykluczone z ostatecznej estymacji).

5. Transformacja rastrów map ewidencyjnych po ich wzajemnym dostosowaniu w układzie obszaru opracowania w raster ortoobrazów na podstawie wybranych punktów równomiernie rozmieszczonych na arkuszu mapy.

Do tego przekształcenia należy zastosować metodę transformacji konforemnej II stop-



Przykład lokalnej rozbieżności: czerwony – raster skalibrowany metodą transformacji punktów dostosowania, zielony – przebieg granic użytkownika otrzymany z modelu 3D

nia z uwzględnieniem punktów dostosowania w obszarze opracowania. Dopuszczalny średni błąd transformacji $m < 3$ m. Wyniki transformacji należy załączyć do operatu technicznego z wykonanych prac. W miejscach, gdzie obraz rastrowy jest lokalnie przesunięty o wektor większy niż 3 m w stosunku do sytuacji terenowej obserwowanej na ortoobrazach, należy zastosować transformację za pomocą metody elementów skończonych (*Finite element*).

6. Transformacja rastrów map ewidencyjnych po ich wzajemnym dostosowaniu w układzie obszaru opracowania w raster ortoobrazów przy zastosowaniu metody elementów skończonych.

Metoda elementów skończonych może bardzo mocno ingerować w geometrię obrazu rastrowego, dlatego stosując ją należy zachować pewne warunki wymienione poniżej. Za pomocą metody elementów skończonych obraz dzielony jest na sieć trójkątów, które tworzone są ze wskazanych wcześniej punktów dostosowania w układach współrzędnych: rastra mapy ewidencyjnej oraz opracowania mapy ewidencyjnej (np. 1965). Wewnątrz każdego trójkąta obraz rastrowy transformowany jest metodą afiniczną I stopnia. Oznacza to, że transformacja pikseli odbywa się bez elementów nadliczbowych – obraz rastrowy zuku-

du lokalnego zawarty w danym trójkącie dostosowuje się całkowicie do wnętrza odpowiedniego trójkąta w układzie opracowania ewidencyjnej mapy numerycznej.

Duże zniekształcenia rastra występują na zewnątrz sieci punktów dostosowania. Rozbieżności sięgają nawet 8-10 m. Podobne zniekształcenia będą występować na stykach obrębów. Z tych względów punkty dostosowania muszą być równomiernie rozmieszczone na całym obszarze i na zewnątrz obszaru opracowania. Optymalna liczba punktów dostosowania powinna wynosić 1 na 2-3 ha. Przy większym zagęszczeniu punktów może występować zjawisko nagłego załamania obrazu rastrowego tam, gdzie na krótkich odcinkach występują duże rozbieżności pomiędzy parą punktów zidentyfikowaną w terenie i na mapie katastralnej. Punkty nie mogą być rozmieszczone w odległości mniejszej niż 100 m, odchyłka na punktach całego obiektu nie może przekraczać wartości 3,5 m, a błąd standardowy – 1,5 m.

Próg 3,5 m daje gwarancję poprawienia lokalnych skręceń, przesunięć i jednocześnie ogranicza zbytnią ingerencję w geometrię obrazu. Zaleca się stosowanie tej metody lokalnie, w sytuacjach gdy występują miejscowe zniekształcenia obrazu rastrowego.

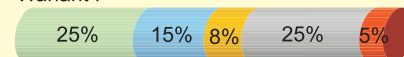
Warianty numerycznej mapy ewidencyjnej

Warianty opracowania numerycznej mapy ewidencyjnej gruntów i budynków:

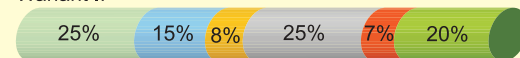
■ **I – postać rastrowa** – wykonana z przetworzonych rastrów analogowej mapy katastralnej (na podstawie punktów dostosowania pozyskanych z ortoobrazów zdjęć lotniczych) uzupełniona o warstwę budynków.

■ **II – postać wektorowa** – wykonana poprzez wektoryzację granic i konturów „klasoużytków” z przetworzonych rastrów analogowej mapy katastralnej wraz z warstwą budynków.

Wariant I

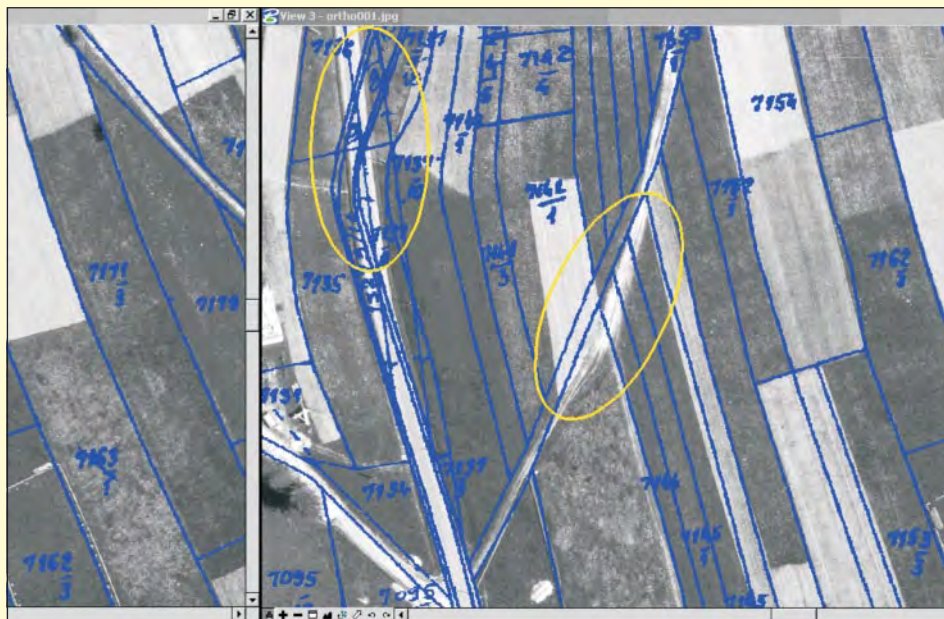


Wariant II

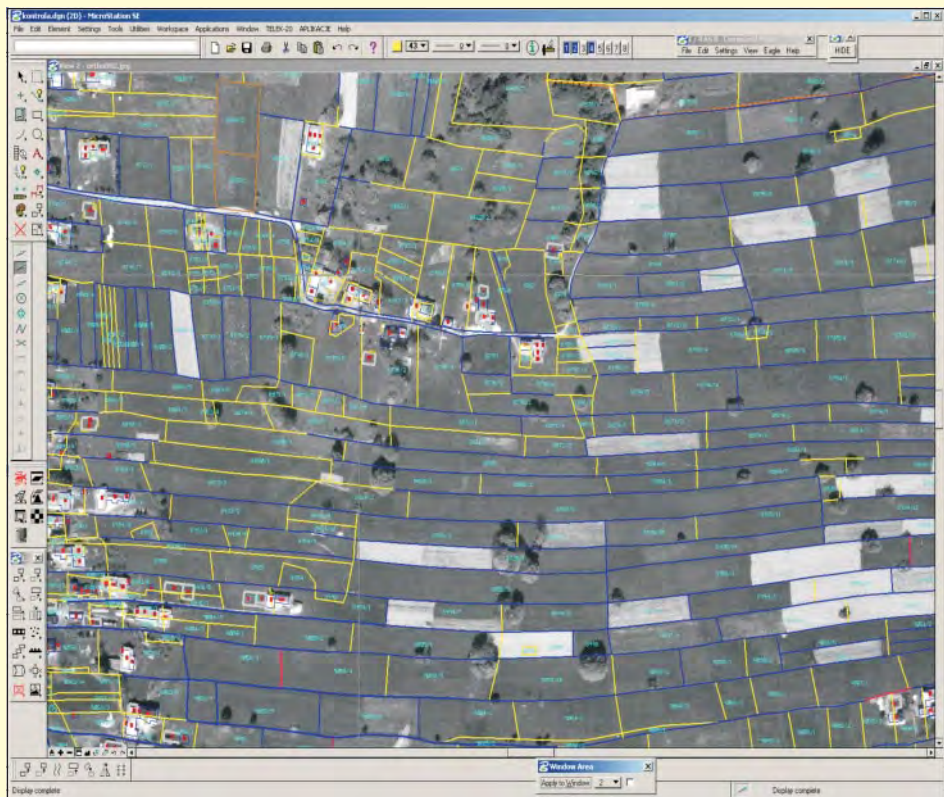


- Koszt fotogrametrii
- Koszt transformacji
- Koszt stworzenia relacji
- Koszt pozyskania budynków
- Koszt redakcji i wypłatów
- Koszt wektoryzacji

Porównanie kosztów opracowania mapy w wariantach I i II (wariant II – 100%)



Przypadki rozbieżności w przebiegu dróg



Analiza zgodności przebiegu granic. Kolor niebieski – wektor granicy z ortobrazu, niezgodność do 3 m; żółty – wektor granicy z rastra mapy ewidencyjnej, czerwony – wektor granicy z ortobrazu, niezgodność powyżej 3 m

Wnioski z pilotażu

1. W toku realizacji projektu sprawdzono eksperymentalnie różne scenariusze technologiczne modernizacji ewidencji gruntów z wykorzystaniem metod fotogrametrii cyfrowej. Mając na względzie potrzebę stworzenia metody nie tylko popraw-

nej technicznie, ale również szybkiej i tańszej, proponuje się oparcie tworzenia numerycznej mapy ewidencyjnej w zakresie granic działek na digitalizacji ekranowej ortobrazów zdjęć lotniczych z nałożonym skalibrowanym rastrem istniejącej mapy ewidencyjnej. Proces ten przeprowadza się na stacji kartograficznej. Za

takim rozwiązaniem przemawiają względy ekonomiczne: stosunkowo tanie stanowisko pomiarowe nie wymaga wysoko kwalifikowanego operatora. W warunkach produkcyjnych pozwala to rozłożyć prace na małą liczbę drogich stacji fotogrametrycznych i większą liczbę tanich stacji kartograficznych. Warstwę budynków proponuje się pozyskiwać poprzez stereodigitalizację modelu na fotogrametrycznej stacji cyfrowej.

2. Ortoobrazy stanowią podstawę do doboru i pomiaru punktów dostosowania pomiędzy układami oraz są obiektywnym materiałem służącym ocenie i weryfikacji wyników transformacji.

3. Ortoobrazy są podstawą do opracowania granic w procesie kompleksowej bądź bieżącej modernizacji ewidencji gruntów, stanowią również źródło danych obudynkach.

4. Opracowana mapa jest podstawą do prowadzenia zasobu i wymiany jakościowej danych, a uzupełniona o warstwę budynków spełnia rolę mapy ewidencji gruntów i budynków.

5. Do prac wykorzystano zdjęcia archiwalne. Analiza ekonomiczna wykazała, że opracowanie takich zdjęć napotyka trudności i pociąga za sobą dodatkowe koszty. Korzystniejsze jest oparcie ewidencji na aktualnych zdjęciach wykonanych kamerami „nowej generacji”, o dobranej optymalnej skali, z sygnalizacją polowej osnowy fotogrametrycznej przed nalotem i pomiarem środków rzutów w locie. Takie rozwiązanie proponuje się przy pracach ewidencyjnych prowadzonych na większą skalę. Wykorzystanie zdjęć archiwalnych byłoby uzasadnione tylko w incydentalnych przypadkach na małych obiektach.

Uzyskane wyniki dowodzą, że proponowana technologia modernizacji ewidencji gruntów jest ekonomicznie racjonalna i technicznie uzasadniona, szczególnie obecnie, kiedy trwają prace nad budową Systemu Identyfikacji Działek Rolnych (LPIS) dla Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS)

6. Projekt dotyczył modernizacji ewidencji na terenach, gdzie funkcjonuje kataster austriacki. Jednak większość wniosków z przeprowadzonych prac można przenieść na modernizację ewidencji również na innych obszarach.

Autor jest dyrektorem Zakładu Geodezji i Katastru Małopolskiej Grupy Geodezyjno-Projektowej S.A. w Tarnowie (jwlodek@mggp.com.pl, <http://www.mggp.com.pl>). Przy pisaniu korzystał z referatu dr. Zdzisława Kurczyńskiego wygłoszonego podczas sympozjum „Fotogrametria i teledetekcja w społeczeństwie informacyjnym”.