

DETEKCJA BUDYNKÓW NA TERENACH O DUŻEJ LESISTOŚCI NA PRZYKŁADZIE PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH

DETECTION OF BUILDINGS IN FOREST AREAS – THE CASE OF STOŁOWE MOUNTAINS NATIONAL PARK

Krzysztof Stereńczak¹, Mariusz Ciesielski², Katarzyna Zalewska²

¹ Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

² Międzywydziałowe Studium Gospodarki Przestrzennej
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Słowa kluczowe: lotnicze skanowanie laserowe, samowola budowlana, kompozycja barwna, NDVI

Keywords: airborne laser scanning, unregistered buildings, image composition, NDVI

Wprowadzenie

W Polsce od końca II wojny światowej wprowadzany jest projekt zwiększania lesistości kraju. Według danych GUS, pod koniec 2011 roku 29,2 % powierzchni kraju pokryte było lasami. Tereny te coraz częściej narażone są na niezgodną z prawem działalność człowieka związaną z samowolą budowlaną. Ograniczenia wynikające z zapisów planów miejscowych, dotyczące lokowania zabudowy jednorodzinnej w centrach miast, powodują że mieszkańcy decydują się na zakup nieruchomości położonej na terenach użytkowanych dotychczas rolniczo, w tym również nieruchomości położonych na granicy polno-leśnej, a nawet na terenach leśnych.

Rosnąca presja inwestycyjna na nowych terenach powoduje, że zwiększa się liczba obiektów budowlanych, w tym przede wszystkim budynków mieszkalnych, ale również gospodarczych, które powstają pomimo braku uzyskania przez ich właścicieli pozwolenia na budowę czy też w enumeratywnie wyliczonych przypadkach zgody właściwego organu na rozpoczęcie procesu inwestycyjnego (Ustawa, 1994). Problem ten, nazywany samowolą budowlaną, coraz częściej dotyczy wspomnianych powyżej terenów.

Według oficjalnych danych statystycznych, pochodzących z Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego, w roku 2010 wydano 3220 nakazów rozbiórki spowodowanych samowolą budowlaną. Liczba nakazów była mniejsza o 1% w stosunku do roku 2009 i aż o 25% większa niż w roku 2008. W analizowanym przedziale czasu (2008-2010) wzrosła również

liczba nowo rozpoczętych postępowań egzekucyjnych z tego powodu. W roku 2010 ich liczba była o 6% większa niż w roku 2008 i wyniosła 857 (www.gunb.gov.pl).

Brak jest oficjalnych danych odnoszących się do problematyki samowoli budowlanej na terenach leśnych oraz prawnie chronionych. Jednak dla przykładu warto podać szacunkowe wartości dotyczące samowoli budowlanych na terenie parków krajobrazowych (pow. 174 569,88 ha) w województwie Wielkopolskim. W roku 2006 toczyły się 102 postępowania administracyjne, z których 101 zakończyło się decyzją o rozbiórce obiektu budowlanego na tych właśnie obszarach (winb.poznan.ibip.pl).

W ostatnich latach, występowanie samowoli budowlanych w lasach jest w Polsce coraz bardziej powszechnym problemem. Warto byłoby wprowadzić statystyki dotyczące terenów leśnych do corocznych raportów Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego (GUNB) na temat ruchu budowlanego za dany rok kalendarzowy. Dopóki tak się nie stanie, nie dowiemy się jaki jest rozmiar tego procederu i jakie szkody dla ekosystemów leśnych może przynieść. Istnieją co prawda pojedyncze, zakrojone na szerszą skalę, działania kontrolne Naczelnej Izby Kontroli nad pracą samorządów w zakresie wydawania wymaganych decyzji i pozwoleń dotyczących zabudowy terenów leśnych. Podczas jednej z takich kontroli wykazano wiele nieprawidłowości w kilkunastu urzędach w Polsce.

Łamanie prawa budowlanego to nie tylko problem w skali krajowej. Dość powszechnie można się z nim spotkać w krajach basenu Morza Śródziemnego. Dla przykładu, w Grecji szacuje się, że ponad 1 mln budynków zostało wzniesionych samowolnie. Są to najczęściej obiekty powstałe na działkach o nieuregulowanym stanie prawnym, bądź takie, które miały w założeniu spełniać funkcje budynków lotniskowych, a w efekcie stały się luksusowymi rezydencjami. Podobnie jak Grecji, zjawisko samowoli budowlanej w znacznym stopniu dotyczy również Egiptu, gdzie przejawia się ono w nadbudowywaniu piętér do istniejących już budynków, bądź rozbudowywaniu ich bez zgody organów administracji, w celu uniknięcia wysokich podatków i czasochłonnej biurokracji (Potsiou, Ioannidis, 2006). Według różnych źródeł, nielegalnie wzniesione budowle w Egipcie stanowią 50% wszystkich zabudowań (www.businessstodayegypt.com).

Powyższe dane pokazują, że problem samowoli budowlanej jest istotny. Pracownicy inspektoratów budowlanych czy administracja Lasów Państwowych nie posiadają obecnie nowych technologii pozwalających na zautomatyzowanie procesu wskazywania potencjalnych miejsc występowania samowoli budowlanych. Usprawnienie i przyspieszenie wykrywania takich nieruchomości wydaje się konieczne, zarówno ze względów ekonomicznych, tj. strat budżetów gmin z tytułu niepłacenia podatków od nieruchomości, jak również ze względów ekologicznych – ochrony ekosystemów przed szkodliwą działalnością człowieka.

Do przyspieszenia i zautomatyzowania procedury kontrolnej może przyczynić się zastosowanie nowych technik geomatycznych, w tym tradycyjnej teledetekcji czy lotniczego skanowania laserowego (LSL). Zagadnienie automatycznej detekcji budynków jest przedmiotem intensywnych badań od kilkadziesiąt lat (Hodgson i in., 2003). W zależności od głównego celu pracy oraz dostępnych materiałów, w literaturze można znaleźć kilkanaście różnych podejść do tego zagadnienia. W opisywanych w literaturze metodach wykorzystywane są obrazy cyfrowe (Champion, 2007), dane punktowe pozyskane w wyniku lotniczego skanowania laserowego (Dash i in., 2004; Bucior i in., 2006; Kulesza, 2007) albo szczegółowe modele terenu (Olsen, Knudsen, 2005) lub wykorzystywane są łącznie różne zestawy danych teledetekcyjnych, na przykład zdjęcia lotnicze z danymi z lotniczego skanowania laserowego (Matikainen, 2007). Badania bazujące na wykorzystaniu zdjęć lotniczych wska-

zują na detekcję budynków na poziomie od 73 do 83% w zależności od obszaru (Müller, Zaum, 2005; Person i in., 2005). Prace wykorzystujące NMPT oraz NDVI pozwalają uzyskać skuteczność detekcji w granicach 80-94% (Champion, 2007), zaś inne bazujące na tych samych danych wejściowych dają rezultaty na poziomie 85-95% (Rottensteiner, 2007). Podstawą powyższych badań było wyodrębnienie kształtów, innych charakterystyk geometrycznych (linie dachu, kąty), bądź też szeregu przetworzeń na poziomie pojedynczych pikseli, pogrupowanych w późniejszym etapie w budynki. W większości, wymienione metody stosowane były na obszarach zurbanizowanych, gdzie wpływ koron drzew przykrywających dachy budynków nie był aż tak istotny. W przypadku prezentowanych badań, rozwiązanie problemu usunięcia wpływu drzew na detekcję budynków ma istotne znaczenie dla otrzymania poprawnych wyników. Dlatego jednym z etapów prezentowanej metody jest oddzielenie zabudowań od nachodzących na nie koron drzew.

W artykule przedstawiono metodę detekcji budynków za pomocą danych pochodzących z lotniczego skanowania laserowego oraz ze zdjęć lotniczych. Przy odpowiednim skorelowaniu wyników detekcji budynków z danymi pochodzącymi z ewidencji gruntów i budynków (EGiB) możliwe jest wskazanie potencjalnych lokalizacji samowoli budowlanych i aktualizacji istniejących map zabudowań (Natikainen i in., 2010). W efekcie, przyspieszyłoby to proces kontroli prawdopodobnie nielegalnych zabudowań przez ograniczenie interwencji tylko do wybranych miejsc, wskazanych automatycznie w wyniku analizy materiałów teledetekcyjnych i fotogrametrycznych.

Uwarunkowania prawne

Pomocne w detekcji budynków mogą okazać się założenia dotyczące powierzchni oraz wysokości, które określone zostały w przepisach prawnych. W prawie budowlanym (Ustawa, 1994) nie została ustalona minimalna powierzchnia, która określa czy dany obiekt jest budynkiem, natomiast wskazane zostały te obiekty, budynki, budowle, których budowa wymaga:

- zgłoszenia (wyliczone enumeratywnie przypadki, katalog zamknięty),
- pozwolenia na budowę (obiekty inne niż w katalogu zamkniętym, spełniające przesłanki ustawowe np. definicję).

Warto zwrócić uwagę na fakt, że dla części potencjalnych obiektów, które mogą wystąpić w projektach dotyczących przestrzeni leśnej i częściowo rolniczej, wymagane są tylko zgłoszenia, a nie pozwolenia na budowę. Są to między innymi (Ustawa, 1994, art. 29):

- 1) obiekty gospodarcze związane z produkcją rolną i uzupełniające zabudowę zagrodową w ramach istniejącej działki siedliskowej:
 - parterowe budynki gospodarcze o powierzchni zabudowy do 35 m², przy rozpiętości konstrukcji nie większej niż 4,80 m,
 - płyty do składowania obornika,
 - szczelne zbiorniki na gnojówkę lub gnojowicę o pojemności do 25 m³,
 - naziemne silosy na materiały sypkie o pojemności do 30 m³ i wysokości nie większej niż 4,50 m,
 - suszarnie kontenerowe o powierzchni zabudowy do 21 m²,
- 2) wolno stojące parterowe budynki gospodarcze, wiaty i altany oraz przydomowe oranżerie (ogrody zimowe) o powierzchni zabudowy do 10 m², przy czym łączna liczba tych obiektów nie może przekraczać dwóch na każde 1000 m² powierzchni działki,

- 3) altany i obiekty gospodarcze na działkach w pracowniczych ogrodach działkowych o powierzchni zabudowy do 25 m² w miastach i do 35 m² poza granicami miast oraz wysokości do 5 m przy dachach stromych i do 4 m przy dachach płaskich,
- 4) gospodarcze obiekty budowlane o powierzchni zabudowy do 35 m², przy rozpiętości konstrukcji nie większej niż 4,80 m, przeznaczone wyłącznie na cele gospodarki leśnej i położone na gruntach leśnych Skarbu Państwa.

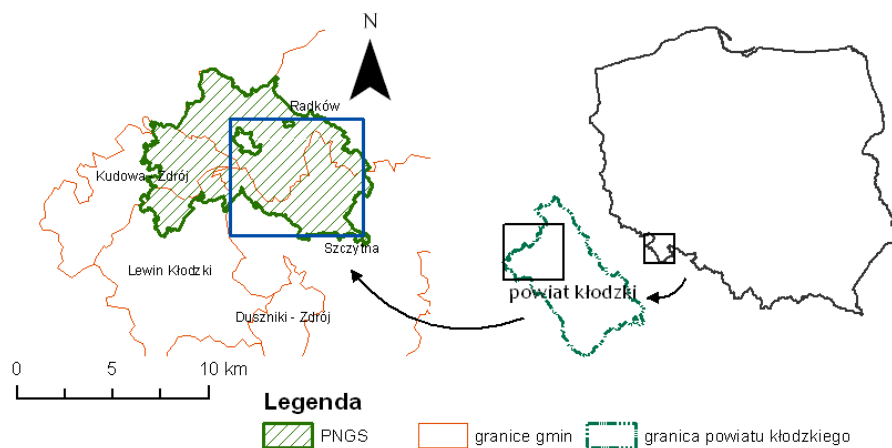
Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Rozporządzenie, 2002) pozwala na określenie parametru wysokości dla budynków mieszkalnych oraz garaży. Zawarte w nim są wartości wysokości pomieszczeń przeznaczonych na różne cele, w tym: budynki jednorodzinne – 2,2 m, pomieszczenia gospodarcze – 2 m, garaże – wysokość w świetle konstrukcji co najmniej 2,2 m i do spodu przewodów i urządzeń instalacyjnych 2 m itd.

Metodyka

Charakterystyka obszaru badań oraz danych

Pierwszym etapem prac był wybór obszaru badawczego, który położony jest na południe od granicy Parku Narodowego Gór Stołowych (rys.1).

Na potrzeby detekcji budynków wybrano dwa pola testowe. Obszar właściwy dla tego badania obejmuje zabudowania wsi Jerzykowice Wielkie (rys. 2) o powierzchni 0,75 km², w granicach którego zidentyfikowano 39 obiektów budowlanych. Natomiast weryfikację przeprowadzono na obszarze wsi Batorów (rys. 3), o powierzchni 1 km², z 64 obiektami budowlanymi. W obu przypadkach zabudowa zlokalizowana jest wzdłuż dróg, w bliskim sąsiedztwie kompleksu leśnego. O wyborze lokalizacji obszarów badań zdecydowało kilka opisanych kolejno czynników.



Rys. 1. Położenie administracyjne obszaru badań
(opracowanie własne na podstawie Państwowego Rejestru Granic)

Są to obszary najbardziej reprezentatywne, ponieważ spełniają konieczne dla przeprowadzenia badań warunki. Obrazują skupiska zabudowy, co może świadczyć o możliwości pojawiania się nowych zabudowań w pobliżu już istniejących. Jednocześnie liczba budynków pozwala na formułowanie tez badawczych, wyciąganie wniosków oraz opracowanie statystyk.

Wybór dwóch odrębnych obszarów umożliwia porównanie wyników badań. Definicję wybranej metody wykrywania samowoli budowlanej przeprowadzono na jednym z obszarów, natomiast drugi obszar wykorzystano do weryfikacji zaproponowanego rozwiązania.

Obszary badawcze położone są w bliskim sąsiedztwie kompleksu leśnego. Taka lokalizacja powoduje konieczność przeanalizowania wpływu koron drzew na detekcję budynków (Liang-Chien, Li-er, 2010), które w wielu przypadkach stykają się z zabudowaniami, zmieniając ich kształt. Ten czynnik przesądził o wyborze obszaru leżącego na granicy terenów otwartych i leśnych.

Wykorzystane w pracy dane obejmujące teren PN Gór Stołowych, składały się z:

- zestawu zdjęć lotniczych o rozdzielczości przestrzennej 0,6 m, pozyskanych w 4 kanałach spektralnych (B, G, R, IR) w czerwcu 2008 r., dostępnych w postaci kompozycji barwnej RGB oraz kompozycji CIR, zapisanych w formacie TIFF,
- zestawu danych z lotniczego skanowania laserowego (gęstość skanowania 8 punktów na m²), pozyskanych również w czerwcu 2008 r., zapisanych w postaci pliku RWB,
- warstwy budynków z EGiB, wykorzystanej jako materiał referencyjny.

Wybór obiektów uznanych za budynki

Kolejnym etapem było ustalenie parametrów decydujących o tym, czy dany obiekt wykryty wyżej zaproponowaną metodą będzie kwalifikował go do uznania za potencjalny przejaw samowoli budowlanej. Nie należy zapominać, że wykryte obiekty to zarówno budynki mieszkalne, gospodarcze, altany i inne, które nie muszą powstawać z naruszeniem prawa. Można spotkać się z propozycją określenia powierzchni 20 m² jako minimalnej granicy traktowania obiektu jako budynku (Metikanen i in., 2010). Przy takim założeniu można wykluczyć z analizy zarówno małe budynki i inne obiekty, ale również części większych budynków, które leżałyby w obszarze zainteresowania.

Przetworzenie danych LSL i interpolacja cyfrowych modeli terenu

Pierwszy etap przetwarzania danych polegał na utworzeniu numerycznego modelu terenu (NMT), numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT) oraz różnicowego modelu pokrycia terenu (rMPT) będącego różnicą odpowiadających sobie pikseli w NMPT i NMT (rys. 5).

Do filtracji chmury punktów LSL i interpolacji modeli terenu wykorzystano program *TreesVis*. Zaimplementowano do niego algorytm aktywnych konturów (ang. *active contours algorithm*) (Elmqvist, 2000) wykorzystywany do filtracji danych punktowych. Następnie, w zależności od tworzonej powierzchni (NMP lub NMPT), najwyższej bądź najniższej położone punkty wykorzystywano w tworzeniu rastrów o zadanej wielkości pola podstawowego (Weinacker i in., 2004). W pracy przeanalizowano 6 różnych ustawień interpolacji NMPT i 3 ustawienia NMT. W prezentowanych analizach wykorzystano modele, których wartości pikseli najlepiej charakteryzowały powierzchnię budynków.

Analiza modeli terenu i ortofoto mapy CIR pod kątem ich wykorzystania w detekcji budynków

Proces detekcji budynków przebiegał dwutorowo, z wykorzystaniem przetworzonych wcześniej danych z lotniczego skanowania laserowego oraz ortofotomapy w kompozycji CIR. Analiza danych powstałych w wyniku pozyskania i przetworzenia danych LSL polegała na analizie obiektów powstałych przez wydzielenie z rMPT pikseli znajdujących się powyżej 2 m. W analizowanym obszarze warunek ten spełniały następujące klasy obiektów: budynki, wysoka roślinność oraz budynki połączone z roślinnością. Na obszarze testowym wybrano 24 budynki, 45 drzew oraz 9 budynków połączonych z drzewami, które wykorzystano w analizie wartości statystycznych. Analizowano różne statystyki na oryginalnych danych (NMPT i rMPT) i danych przetworzonych (warstwy spadków i warstwy wystawy). Analiza wartości modeli terenu oraz wyników ich przetworzeń prezentowana jest poniżej.

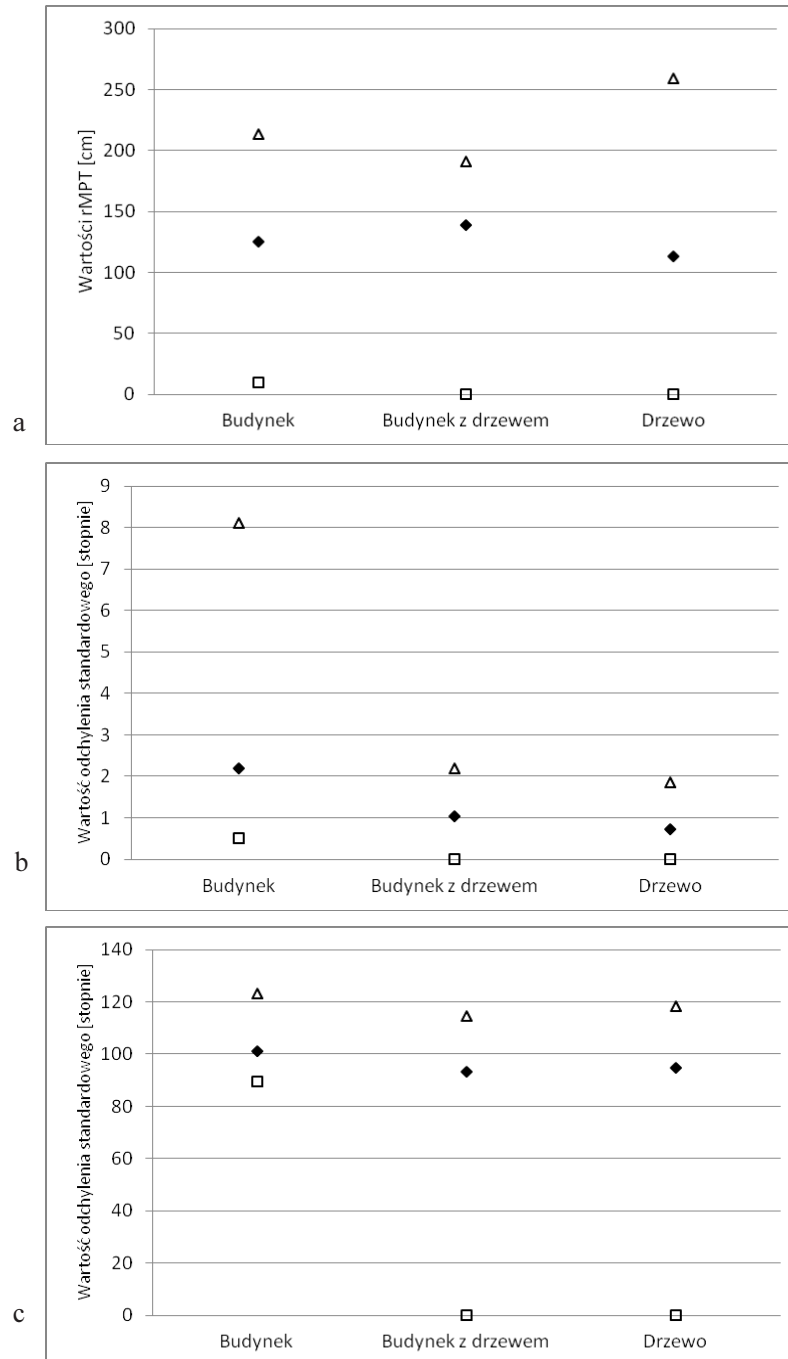
Analiza wartości numerycznego modelu pokrycia terenu wskazała na niewielką różniczalność budynków od innych obiektów. Wbrew przewidywaniom, odchylenie standardowe wartości rMPT na powierzchni dachów budynków nie różniło się znacznie od wartości w innych klasach obiektów (rys. 3a). Średnia wartość odchylenia standardowego różni się, ale rozpiętość wartości pokrywa się dla poszczególnych obiektów. Próba wykorzystania tej wartości do selekcji budynków nie powiodła się, gdyż dużo więcej było selekcyjonowanych drzew niż budynków.

Dla rMPT określono również parametry spadku oraz wystawę. Podobnie jak dla NMPT określono podstawowe statystyki dla poszczególnych klas obiektów. Charakterystyki wartości średnich nie wykazały znacznych różnic pomiędzy obiektami dla warstwy spadków, i wyniosły: $88,64^\circ$ dla budynków, $89,50^\circ$ dla budynków połączonych z roślinnością i $89,39^\circ$ dla roślinności. Odchylenie standardowe (rys. 3b) przyjęło najmniejszą wartość dla drzew, a największą dla budynków.

Ostatnią analizę wykonano na warstwie wystawy określonej na podstawie rMPT. Najwyższe wartości średniej wielkości wystawy zanotowano dla budynków połączonych z roślinnością ($188,14^\circ$), a najniższe dla drzew ($179,78^\circ$), dla budynków wartość średnia wyniosła $180,13^\circ$. Wartość odchylenia standardowego dla wartości określonych na podstawie warstwy wystawy zachowała trend jak dla warstwy spadków (rys. 3c), z tym że wartość średnia dla budynków jest nieco wyższa niż wartość średnia dla budynków połączonych z roślinnością.

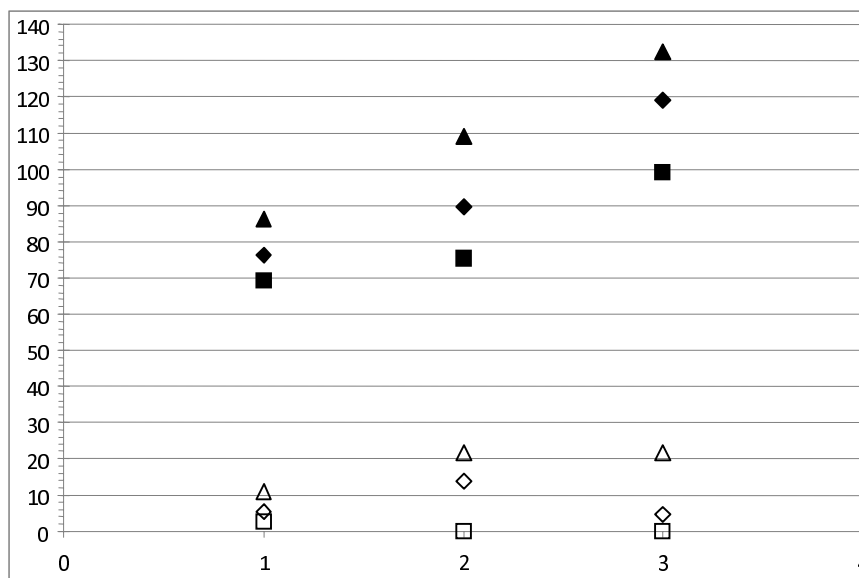
Analizy numerycznego modelu pokrycia terenu dały rezultaty podobne do powyższych. Wbrew początkowemu założeniu, obiekty powstałe w wyniku odrzucenia wartości rMPT poniżej 2m, nie miały na tyle homogenicznej powierzchni jak się spodziewano. Jedynie dla dwuspadowych dachów można było spodziewać się możliwie niskich wartości odchylenia standardowego. Niestety na analizowanym obszarze bardzo wiele budynków miało co najmniej jedną kukułkę na dachu oraz do wielu dostawione były przybudówki. Zadecydowało to o braku możliwości wykorzystania statystyk opisujących płaszczyznę dachu. Jak się okazało, w świetle quasi-obiektowej analizy 3 zidentyfikowanych klas obiektów, dachy nie były bardziej homogeniczne od roślinności. W związku z tym zrezygnowano z wykorzystania wartości statystycznych opisujących homogeniczność płaszczyzn w detekcji budynków.

W podobny sposób przeanalizowano wartości znormalizowanego wskaźnika zieleni (NDVI). Z kompozycji barwnej CIR wykorzystano 2 kanały: czerwony (R) i podczerwony (IR) do wyznaczenia NDVI za pomocą wzoru: $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$.



Rys. 3. Wartości odchylenia standardowego NMPT dla: a – różnych obiektów, b – spadków w obrębie różnych obiektów, c – wystawy w obrębie różnych obiektów (wypełniony romb – wartość średnia dla wszystkich obiektów, trójkąt i kwadrat – odpowiednio wartość maksymalna i minimalna odchylenia standardowego)

Określono podstawowe statystyki dla poszczególnych grup obiektów (rys. 4). Z punktu widzenia klasyfikacji szczególnie istotne były wartości średnich i ich zakresy, które przyjmowały wartości istotnie różne od siebie. W opisanej poniżej metodyce wykorzystano wartość NDVI łącznie z rMPT do detekcji budynków.



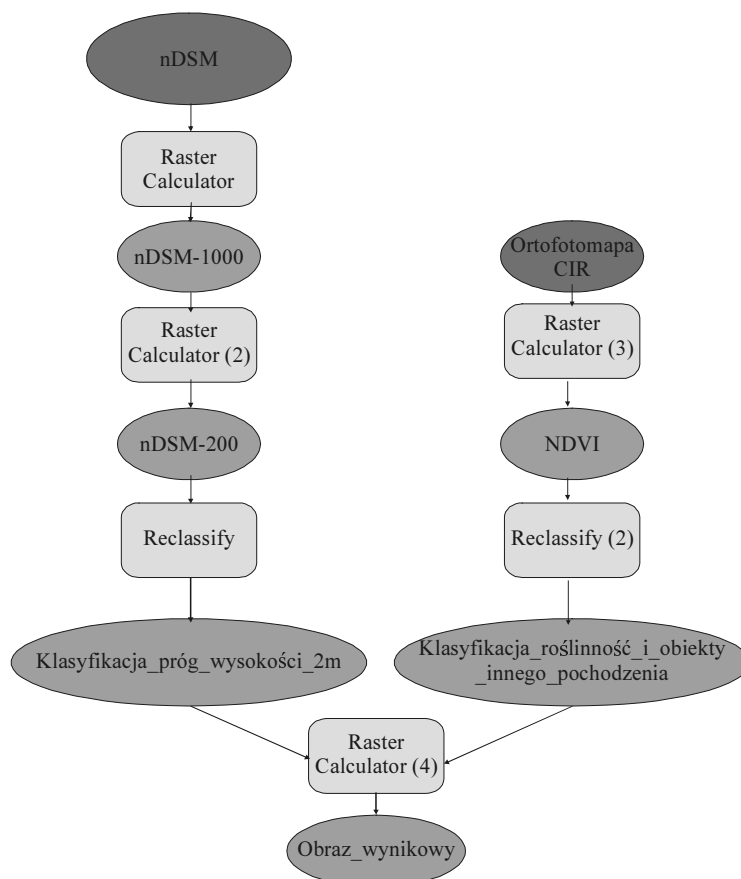
Rys. 4. Wartości odchylenia standardowego i średniej NDVI w obrębie różnych obiektów (wypełniony romb – wartość średnia dla wszystkich obiektów, zamalowany trójkąt i kwadrat – odpowiednio wartość maksymalna i minimalna średniej, niezamalowane symbole odnoszą się do odchylenia standardowego)

Detekcja budynków

Model różnicowy (rMPT) poddano reklasyfikacji, która pozwoliła na wyodrębnienie elementów pokrycia terenu o wysokości powyżej 2 m oraz poniżej tej granicy (rys. 6). Wartość ta jest uwarunkowana wytycznymi zawartymi w rozporządzeniu (2002). Jest to wartość, która dotyczy minimalnej wysokości w świetle konstrukcji określonej dla pomieszczeń gospodarczych. Obiektom o wysokości powyżej 2 m przypisano wartość 1, a poniżej 2 m wartość 0.

Na podstawie analizy wartości NDVI na powierzchni budynków i roślin, określono próg, powyżej którego wydzielono z treści obrazu obszary pokryte roślinnością. Następnie dokonano reklasyfikacji obrazu i wyodrębniono obiekty antropogeniczne (wartość 1) oraz naturalne (wartość 0) (rys. 7). Następnie przy użyciu „algebry mapy” wykonano mnożenie dwóch przeklasyfikowanych w poprzednich etapach rastrów, dzięki czemu otrzymano tereny, na których potencjalnie znajdują się budynki. W ostatnim etapie za pomocą narzędzia selekcji wybrano obiekty mniejsze niż 20 m², które nie spełniały warunków powierzchniowych, aby zakwalifikować je jako budynki, a następnie je usunęto.

Otrzymany wynik porównano z dostępnymi danymi EGİB, pochodzącymi z geoportalu powiatu kłodzkiego. Całość procesu zapisano w postaci modelu w programie ArcGIS 10 (rys. 8).



Rys. 8. Schemat procesu detekcji budynków w programie ArcGIS 10

Wyniki

Wyniki badań otrzymanych na zakończenie procesu wykrywania budynków na obszarze wsi Jerzykowice Wielkie (rys. 2) przedstawiono w poniższej tabeli. Wyniki te przeanalizowano pod kątem powierzchni wykrytego obiektu oraz sprawdzono zgodność z EGiB (występowanie danego obiektu bądź jego brak). Dla obszaru testowego wsi Batorów (rys. 3) otrzymano wynik na poziomie 33 z 39 wykrytych obiektów. W przypadku porównania powierzchni stanowi to 56% powierzchni referencyjnej budynków. Przy zastosowaniu tego samego schematu postępowania na obszarze weryfikującym uzyskano skuteczność na poziomie 54 wykrytych z 64 istniejących budynków oraz zdecydowanie większą skuteczność w odniesieniu do powierzchni, w porównaniu z obszarem testowym – 71%. Wyniki detekcji porównano z EGiB. Nie wykazano nowopowstałych obiektów poza tymi, które określono jako fałszywe trafienia.

Tabela. Porównanie otrzymanych wyników badań z danymi z EGiB (opracowanie własne)

	EGiB		Badanie			
	liczba budynków	powierzchnia [m ²]	liczba wykrytych budynków	powierzchnia wykrytych budynków [m ²]	liczba trafień fałszywych	% wykrytych powierzchni budynków
Obszar testowy	39	7638	33	3704	1	48,5%
Obszar weryfikujący	64	11021	54	7869	2	71,4%

Dyskusja

Różnice w całkowitym polu powierzchni wykrytych obiektów do powierzchni referencyjnej budynków, to efekt przetworzeń, którym zostały poddane obrazy w początkowych etapach pracy. Zastosowanie statystyk opisowych, dzięki którym możliwe było opisanie niejednorodności powierzchni, w świetle przedstawionych analiz nie było możliwe. Zarówno średnia arytmetyczna, jak i odchylenie standardowe dla NMPT i rMPT przyjmowały bardzo podobne wartości dla analizowanych klas obiektów. Wykorzystanie charakterystyk opartych na NDVI mogło skutkować usunięciem fragmentów budynków, na dachach, których zalegał mech, bądź które częściowo zasłonięte były przez rosnące w ich sąsiedztwie drzewa. Wpływało to przede wszystkim na dokładność analiz powierzchniowych oraz spowodowało odrzucenie miejsc lokalizacji budynków, których powierzchnia po analizach spadła poniżej założonego minimum (20 m²). Zarówno dla obszaru testowego, jak i weryfikującego, wprowadzenie ograniczenia powierzchniowego spowodowało odrzucenie 3 budynków w każdym z nich.

W prezentowanej w artykule pracy wykryto 87 spośród 103 budynków na obu obszarach testowych. Jest to wartość zbliżona do wyników uzyskiwanych innymi metodami, opisanych w literaturze tematu (Müller, Zaum, 2005; Champion, 2007; Rottensteiner, 2007). Podstawą powyższych badań było wyodrębnienie kształtów, innych charakterystyk geometrycznych (linie dachu, kąty), bądź też szeregu przetworzeń na poziomie pojedynczych pikseli, pogrupowanych w późniejszym etapie w budynki.

Pomimo analizy różnych wskaźników statystycznych opisujących jednorodność płaszczyzn dachów, nie udało się wydzielić z nich takich, które w jednoznaczny sposób mogłyby poprawić rezultaty detekcji budynków. Mogło to wynikać z faktu, iż dla małych obszarów pokrytych przez rośliny – kilka pikseli, zmienność wartości pikseli mogła okazać się o wiele mniejsza od obszarów pokrytych przez budynki – kilkadziesiąt pikseli. Szczególnie budynki z dachami o skomplikowanej płaszczyźnie (kilka jaskółek, dobudówki, kilka kominów) powodowały dużą zmienność charakterystyk statystycznych. Stąd ostatecznie zrezygnowano z wykorzystania zmiennych statystycznych określonych na podstawie NMPT i rMPT.

Dodatkowo, sposób interpolacji modeli terenu miał wpływ na uzyskiwane wyniki.

Dalsze prace skupią się na testowaniu innych algorytmów interpolacji modeli terenu z danych lotniczego skanowania laserowego. Następnie wykonana zostanie optymalizacja wielkości minimalnych obszarów, mogących stanowić podstawę przeprowadzania analiz statystycznych opartych na modelach terenu, które intuicyjnie powinny być mniej zmienne od roślinności.

Wnioski

1. W przypadku wykrywania budynków na terenach o znacznej lesistości metoda wykorzystująca NDVI daje lepsze rezultaty niż analizy z wykorzystaniem statystyk opisowych, pozyskanych na powierzchni wydzielonych obiektów (dachy, dachy połączone z roślinnością, roślinność).
2. Na podstawie wykorzystanych w pracy materiałów fotogrametrycznych i teledetekcyjnych, dla obszarów o wysokiej lesistości niemiernodajne wydaje się określanie powierzchni znalezionych budynków, gdyż są one często w znacznym stopniu zasłonięte.

Podziękowania

W projekcie zostały wykorzystane dane pozyskane w 2009 roku dla całego obszaru Parku Narodowego Gór Stołowych, udostępnione na cele badawcze Katedrze Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW w Warszawie, przez dyrektora Parku Narodowego Gór Stołowych, Pana Janusza Korybo.

Literatura

- Bucior M., Borowiec N., Jędrychowski I., Pyka K., 2006: Wykrywanie budynków na podstawie lotniczego skanowania laserowego. *Roczniki Geomatyki* t. 4, z. 3: 57-70, PTIP, Warszawa.
- Champion N., 2007: 2D building change detection from high resolution aerial images and correlation Digital Surface Models. *Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVI 3(W49A): 197-202.
- Dash J., Steinle E., Singh R.P., Bähr H.P., 2004: Automatic building extraction from laser scanning data: an input tool for disaster management. *Advances in Space Research* 33: 317-322.
- Elmqvist M., 2000: Automatic Ground Modelling using Laser Radar Data. Master thesis, Linköping University, Linköping, Szwecja: 30 p.
- Hodgson M.E., Jensen J.R., Tullis J.A., Riordan K.D., Archer C.M., 2003: Synergistic Use of Lidar and Color Aerial Photography for Mapping Urban Parcel Imperviousness. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 69(9): 973-980.
- Kulesza Ł., 2007: Automatyczna detekcja i modelowanie budynków przy pomocy programu Terrascan. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 17a: 415-424.
- Liang-Chien Ch., Li-je L., 2010: Detection of building changes from aerial images and light detection and ranging (lidar) data. *Journal of Applied Remote Sensing* 4: 1-19.
- Matikainen L., Hyypä J., Kaartine H., 2010: Automatic detection of changes from laser scanner and aerial image data for updating building maps. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXV 2(5):1217-1248.
- Matikainen L., Kaartinen K., Hyypä J., 2007: Classification tree based building detection from laser scanner and aerial image data. [In:] IAPRSIS vol. XXXVI: 280-287.
- Persson M., Sandvall M., Duckett T., 2005: Automatic Building Detection from Aerial Images for Mobile Robot Mapping. Proceedings 2005 IEEE International Symposium on In Computational Intelligence in Robotics and Automation, Espoo, Finland, June 27-30: 273-278.
- Müller S., Zaum D., 2005: Robust Building Detection in Aerial Images. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences vol. XXXVI: 29-30 Vienna, Austria.
- Olsen B., Knudsen T., 2005: Automated change detection for validation and update of geodata. [In:] Proceedings of 6th Geomatic Week, Barcelona, Spain.
- Potsiou Ch. A., Ioannidis Ch., 2006: Informal Settlements in Greece: The Mystery of Missing Information and the Difficulty of Their Integration into a Legal Framework. Materiały konferencyjne "Promoting Land Administration and Good Governance 5th"; FIG Regional Conference; Accra, Ghana, March 8-11.2006; dostęp w dniu 10.06.2012 r. fig.net/pub/accra/papers/ts03/ts03_04_potsiou_ioannidis.pdf

- Rottensteiner F., 2007: Building change detection from Digital Surface Models and multi-spectral images. *Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVI 3(W49B): 145-150.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. prawo budowlane. Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414.
- Weinacker H., Koch B., Heyder U., Weinacker R., 2004: Development of filtering, segmentation and modeling modules for LIDAR and multispectral data as a fundament of an automatic forest inventory system. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVI, Part 8/W2: 50-55.

Strongy internetowe (dostęp w dniu 10.06.2012 r.)

www.businesstodayegypt.com – strona internetowa Business Today Egypt.

www.gunb.gov.pl – strona internetowa Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego w Polsce.

www.winb.poznan.ibip.pl – strona internetowa Wielkopolskiego Wojewódzkiego Inspektoratu Nadzoru Budowlanego w Poznaniu.

Abstract

Growing pressure for investment in forest areas will increase the number of buildings, including primarily residential buildings to be built without necessary permits or, in the enumerated cases, consents of the competent authority to begin the investment process. The problem of illegal buildings in forest areas concerns an increasing number of forest districts in Poland.

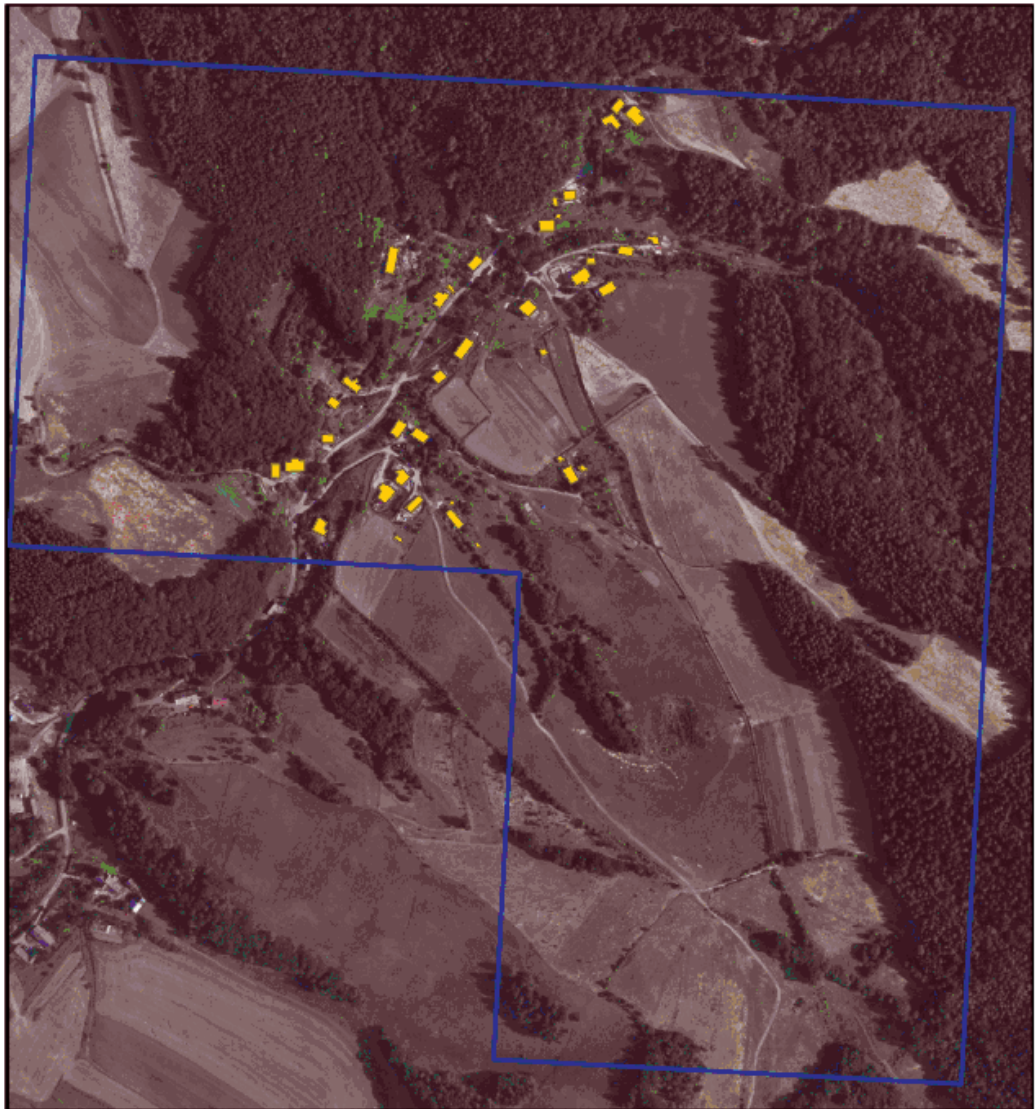
The purpose of this study was the detection of buildings in areas with significant forest cover, located in the vicinity of the Stołowe Mountains National Park. The selection of method for detection of buildings in the study had to consider primarily the elimination of vegetation. For this purpose, the data from the airborne laser scanner data and CIR orthophotomap with a resolution of 0.6 m were used. Point cloud data were processed several times to select objects with a minimum height of 2 m. NDVI (Normalized Differenced Vegetation Index) was used for vegetation elimination. The analysis was conducted on two plots, where one area was used as a test set, and the second area - as verification set. Processing of materials was carried out in ArcGIS 10 and a model for buildings detection was developed.

Building detection accuracy was about 80%. These results combined with data from the cadastre would help to identify potential sites for land use violations.

dr inż. Krzysztof Stereńczak
krzysztof.sterenczak@wl.sggw.pl
tel. +48 22 593 82 17

mgr Katarzyna Zalewska
kasiulka.zal@gmail.com

mgr Mariusz Ciesielski
mariusz.ciesielski1988@gmail.com

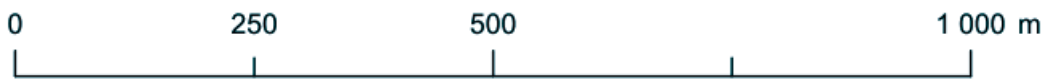
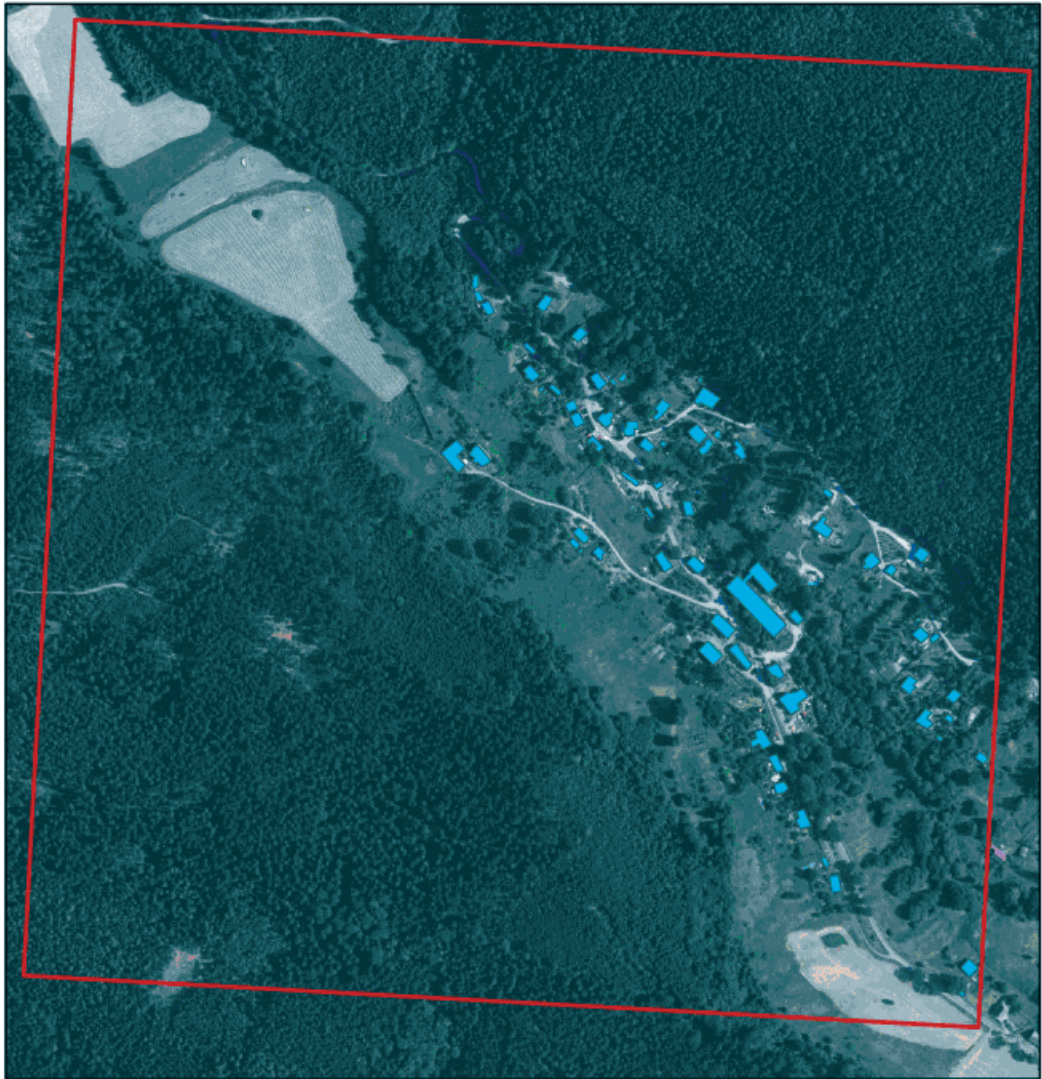


Legenda

 zabudowa na obszarze testowym  granica obszaru testowego



Rys. 2. Obszar testowy – zabudowania wsi Jerzykowice Wielkie

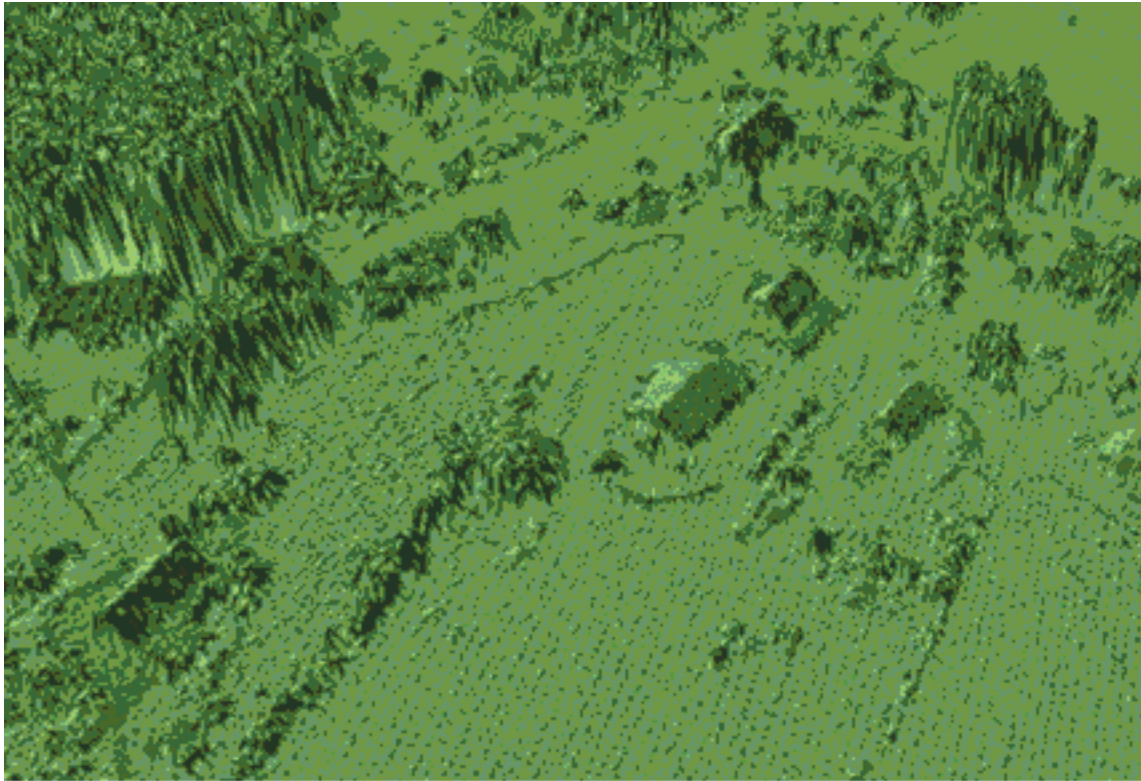


Legenda

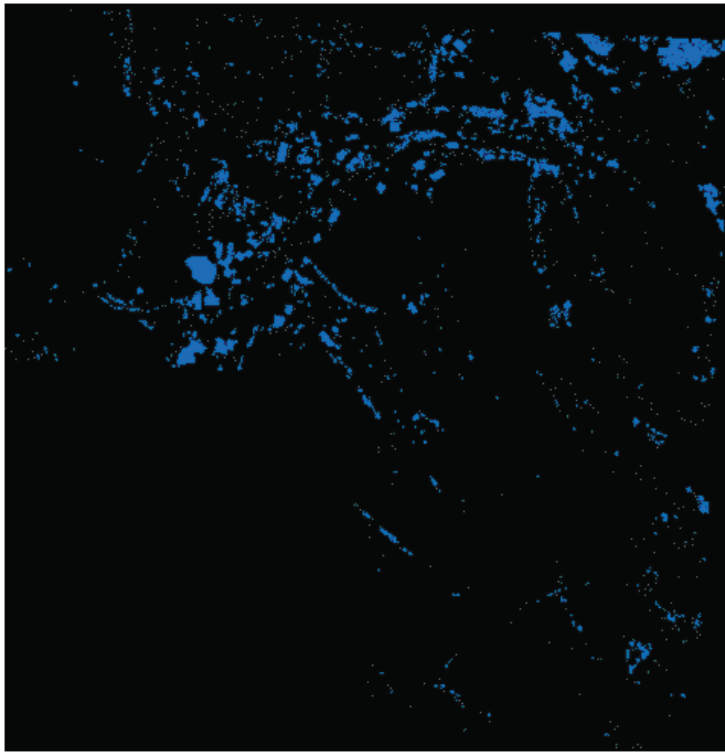
 zabudowa na obszarze weryfikującym  granica obszaru weryfikującego



Rys. 3. Obszar weryfikujący – zabudowania wsi Batorów

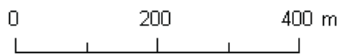


Rys. 5. Wizualizacja 3D obszaru testowego

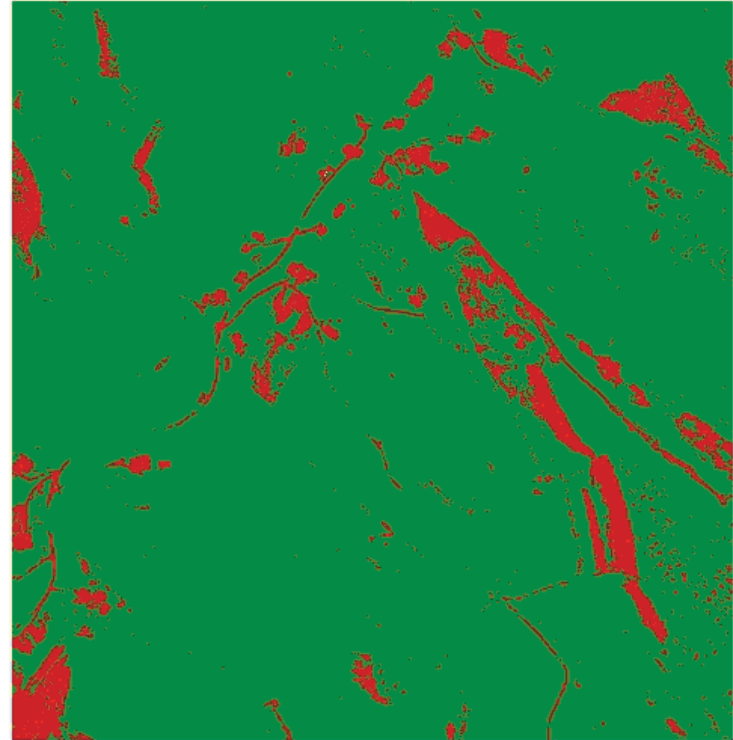


Legenda

- obiekty poniżej 2 m
- obiekty powyżej 2 m

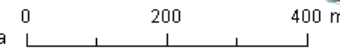


Rys. 6. Obraz wynikowy z obiektami o wysokości powyżej 2 m (niebieski) oraz poniżej 2 m (czarny)



Legenda

- roślinność
- obiekty innego pochodzenia



Rys. 7. Obraz roślinności i obiektów innego pochodzenia