

Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do poszukiwania miejsc wskazujących na obecność jam grobowych ofiar Obławy Augustowskiej

Using remote sensing data in prospection of places implying
an existence of grave pits of victims of the Augustów Roundup

Dariusz Dukaczewski¹, Zbigniew Bochenek¹, Artur Karol Karwel¹,
Honorata Paradysz¹, Zbigniew Kulikowski²

¹Instytut Geodezji i Kartografii

²Oddziałowa Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu w Białymstoku,
Instytut Pamięci Narodowej

Słowa kluczowe: teledetekcja, fotogrametria, skaning laserowy, śledztwo S 69/01/Zk, Obława Augustowska

Keywords: remote sensing, photogrammetry, Airborne Laser Scanning, S 69/01/Zk inquiry, Augustów Roundup

Wstęp

W celu zabezpieczenia transportów mienia przewożonego przez wyspecjalizowane oddziały „trofiejne” Armii Czerwonej z terenu byłych Prus Wschodnich do rejonu Grodna, na polecenie szefa NKWD Ł. Berii w dniach 10-25 lipca 1945 roku oddziały Armii Czerwonej 3. Frontu Białoruskiego oraz jednostki 62. Dywizji Wojsk Wewnętrznych NKWD, wspomagane przez UB i 110-osobowy pododdział 1. Praskiego Pułku Piechoty przeprowadziły akcję koordynowaną przez dowództwo kontrwywiadu wojskowego ZSRR Smiersz¹, obejmującą Puszcę Augustowską i tereny przyległe, mającą na celu unieszkodliwienie i likwidację członków polskiego ruchu oporu z lat 1939-1945. Aresztowano 7049 osób, spośród których 5115 wypuszczono po przesłuchaniach. Ponad 800 osób zostało wywiezionych do ZSRR. 262 osoby narodowości litewskiej zostały przekazane organom NKWD–NKGB ówczesnej Litewskiej Republiki Radzieckiej. Zaginął natomiast ślad po 592 osobach narodowości polskiej. Jak wynika z depechy wysłanej w lipcu 1945 roku przez dowódcę Smiersz gen. W. Abakumowa do szefa NKWD Ł. Berii, akcją likwidacji tych osób mieli dowodzić gen. I. Gorgonow i gen. P. Zielenin. Pierwszą notę dyplomatyczną w sprawie zaginionych oby-

¹рус. Главное управление контрразведки «СМЕРШ» Народного комиссариата обороны (НКО) СССР

wateli rząd Polski wystosował do rządu ZSRR na przełomie 1946 i 1947 roku. Kolejne liczne noty składane do roku 2010 nie doprowadziły do ustalenia miejsc kaźni i pochówku zaginionych (Milewski, Pyżewska, 2010). W 1992 roku śledztwo w tej sprawie wszczęła prokuratura w Suwałkach, a po jego zawieszeniu, w roku 2000 podjął je Instytut Pamięci Narodowej w Białymstoku. W celu określenia możliwych lokalizacji jam grobowych postanowiono wykorzystać dostępne dane teledetekcyjne. Jak wynika z analizy dostępnych publikacji, prace dotyczące inwentaryzacji grobów wojennych z wykorzystaniem zdjęć lotniczych podejmowano już w okresie 1918-1930 we Francji i Belgii. Wykorzystując zdjęcia niemieckie z lat 1942-1944 wykonano wiele opracowań dotyczących lokalizacji mogił w Katyniu (Poirier, 1981; Rurarz, 1988; Chlebowski, 1990; Pieńkowski, 1991; Łojek, 1991; Mycke-Dominko, 1992), Miednoje, Charkowie. Polskie zdjęcia powojenne posłużyły między innymi do identyfikacji grobów więźniów politycznych na Cmentarzu Osobowickim, Powązkach (prace Szwaigrzyka z zespołem). Pracownicy Muzeum Okręgowego w Koninie wykorzystując zdjęcia lotnicze wykonane w 1956 roku, ustalili położenie zbiorowych mogił na terenie obozu zagłady Vernichtungslager Kulmhof w Chełmnie nad Nerem. Wszystkie te badania były realizowane z wykorzystaniem zdjęć lotniczych o stanie aktualności zbliżonym do okresu powstania jam grobowych. W przypadku badania, którego przeprowadzeniem był zainteresowany IPN w Białymstoku, konieczne było wykorzystanie materiałów źródłowych z okresu znacznie bardziej odległego od analizowanych wydarzeń.

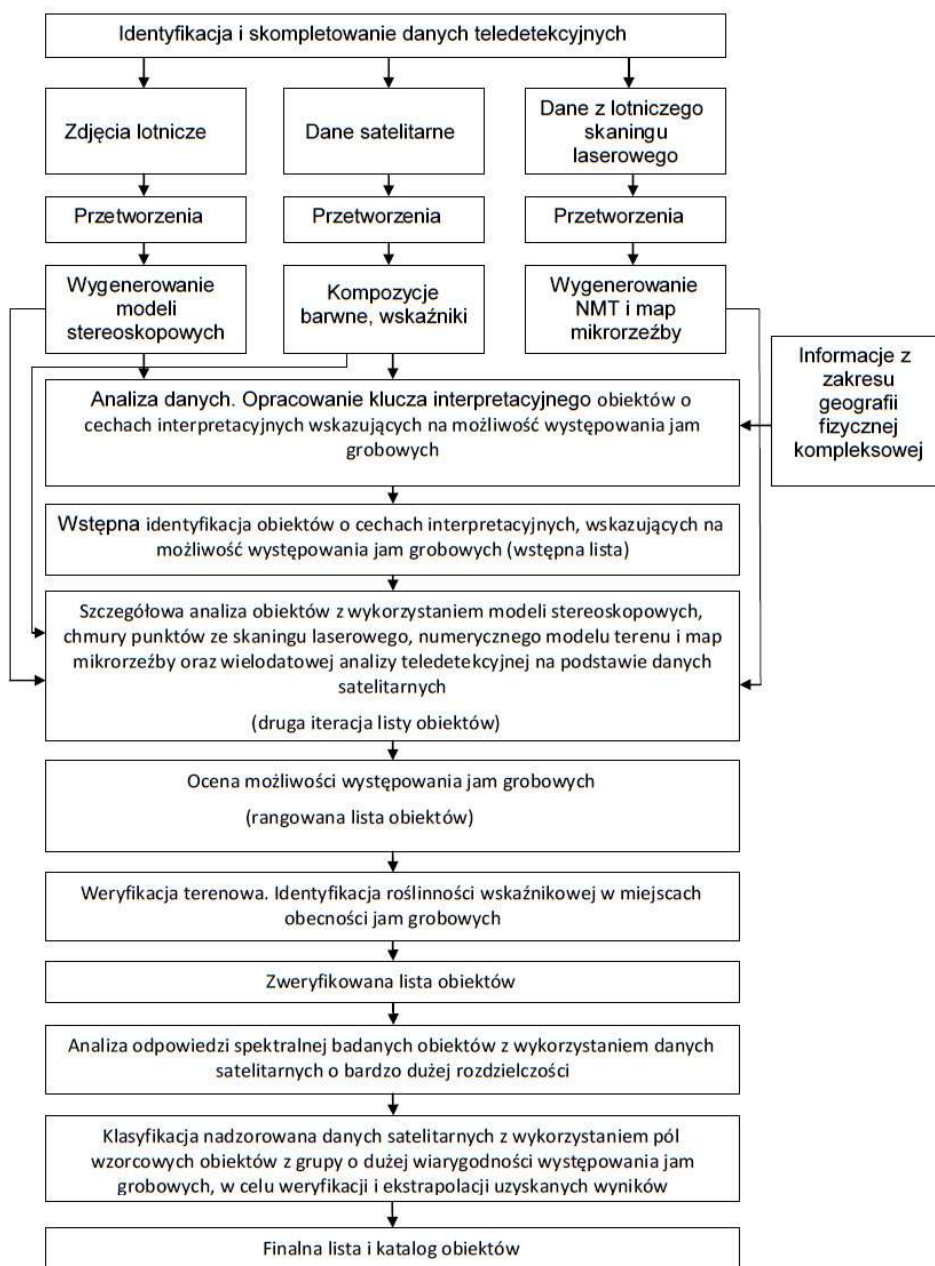
Cel i zakres badania

13 stycznia 2015 roku, w ramach śledztwa S 69/01/Zk, prokurator Z. Kulikowski (Oddziałowa Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu w Białymstoku, Instytut Pamięci Narodowej) wydał postanowienie o zasięgnięciu opinii Instytutu Geodezji i Kartografii *w sprawie możliwości istnienia jam grobowych, powstałych w okresie co najmniej od lipca 1945 roku na terenie Augustowa, dróg pomiędzy miejscowościami: Giby, Stanowisko, Rygol a Kaletami oraz na terenie sąsiadującym z miejscowością Kalety.*

Celem badania przeprowadzonego w IGiK było ustalenie, czy dostępne dane przestrzenne (zdjęcia lotnicze z lat 1953-1989, dane z lotniczego skaningu laserowego oraz dane satelitarne o dużej, podwyższonej i bardzo dużej rozdzielczości) pozwalają na identyfikację miejsc naruszeń terenu, wskazujących na możliwość istnienia jam grobowych, w których mogłyby zostać pogrzebane ofiary „Obławy Augustowskiej”: w Augustowie, na terenie Puszczy Augustowskiej w pobliżu dróg transportu zatrzymanych do Kalet (Giby–Stanowisko–Kalety, Giby–Kalety, Giby–Rygol–Kalety), zaś zdjęcia lotnicze z 1981 i 1989 roku oraz dane satelitarne na realizację analogicznego zadania w przypadku rejonu Kalet i Giedzi (Republika Białorusi).

W celu wykonania badania konieczna była realizacja następujących zadań (rys. 1):

1. Identyfikacja i skompletowanie danych teledetekcyjnych;
2. Przetworzenie zdjęć lotniczych i wykonanie modeli stereoskopowych;
3. Przetworzenie danych z lotniczego skaningu laserowego i wygenerowanie numerycznych modeli terenu oraz map mikrorzeźby;
4. Analiza dostępnych zdjęć lotniczych i danych satelitarnych oraz opracowanie klucza fotointerpretacyjnego, dotyczącego obiektów o cechach interpretacyjnych wskazujących na możliwość występowania jam grobowych;
5. Identyfikacja obiektów o cechach interpretacyjnych, wskazujących na możliwość występowania jam grobowych;



Rysunek 1. Schemat zastosowanego postępowania

6. Szczegółowa analiza obiektów z wykorzystaniem modeli stereoskopowych, chmury punktów ze skaningu laserowego, numerycznego modelu terenu i map mikrorzeźby oraz wielodatkowej analizy teledetekcyjnej na podstawie danych satelitarnych;
7. Ocena możliwości występowania jam grobowych;
8. Weryfikacja terenowa (w części polskiej);

9. Wykonanie klasyfikacji nadzorowanej danych satelitarnych z wykorzystaniem pól wzorcowych obiektów z grupy o dużej wiarygodności występowania jam grobowych, w celu weryfikacji i ekstrapolacji uzyskanych wyników.

Teren badawczy objął dwa obszary. Pierwszy z nich, stanowiący fragment polskiej i białoruskiej części Puszczy Augustowskiej, był ograniczony punktami o współrzędnych geograficznych:

NW: 54°03'00" φ N 23°17'00" λ E NE: 54°03'00" φ N 23°37'00" λ E
 SW: 53°53'00" φ N 23°17'00" λ E SE: 53°53'00" φ N 23°37'00" λ E

Drugi obszar stanowił teren w promieniu 500 m od obiektu „Dom Turka” w Augustowie, o współrzędnych środka posesji: 53°50'33,09" φ N, 22°58'58,78" φ E. Zasięgi obu obszarów terenu badawczego wynikały z zeznań świadków.

Dostępne materiały źródłowe i możliwości ich wykorzystania

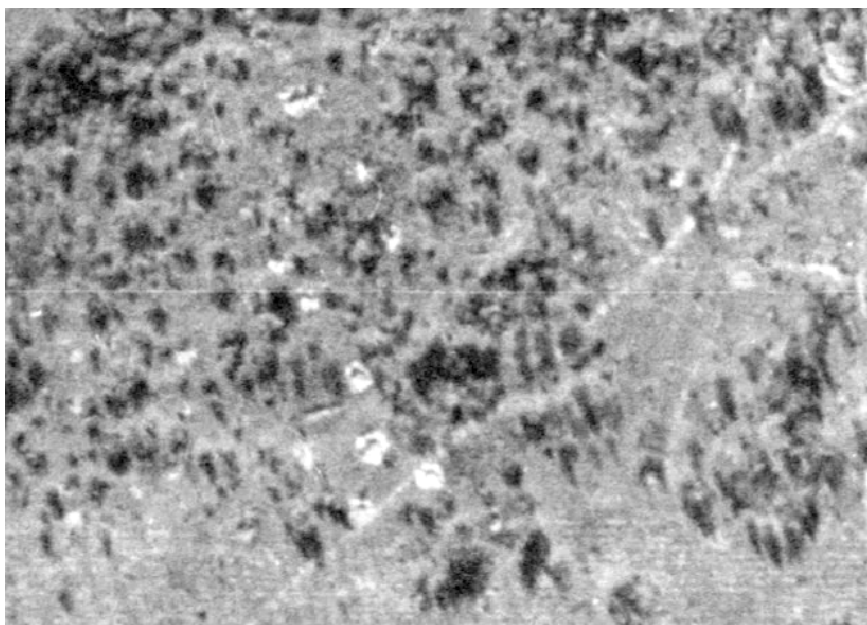
Przeprowadzona kwerenda pozwoliła na identyfikację i zgromadzenie następujących danych źródłowych:

- 1) archiwalne czarno-białe panchromatyczne zdjęcia lotnicze:
 - z roku 1953 w skali 1:21 000 dla polskiej części terenu badawczego,
 - z roku 1962 w skali 1:10 000 dla Augustowa,
 - z roku 1981 i 1989 w skali 27 000 dla białoruskiej części terenu badawczego,
- 2) dane satelitarne:
 - o małej rozdzielczości: Landsat 1-3 MSS (1974, 1976, 1978), Landsat 4-5 TM (1985, 1989, 1990, 1991, 1992), Landsat 7 ETM (1998, 2000),
 - o średniej rozdzielczości: SPOT 1-3 HRV (1986, 1990, 1993, 1995), SPOT 4 (2000),
 - o podwyższonej rozdzielczości: SPOT 5 HRG (2006), IRS-1 (2012), RapidEye (2012),
 - o wysokiej rozdzielczości: WorldView 1 (16.03.2008, 30.05.2008), WorldView 2 (03.06.2008), Pléiades (23.04.2014, 30.04.2014),
- 3) dane ze skaningu laserowego o gęstości 4 punktów/m².

W polskich archiwach nie znaleziono zdjęć lotniczych z lat 1947-1949 dla polskiej części terenu badawczego. W tej sytuacji konieczne stało się wykorzystanie jako głównego materiału źródłowego dostępnych zdjęć z lat 1953 i 1962. W przypadku części białoruskiej cennym materiałem okazały się zdjęcia z polskiego nalotu wykonanego w roku 1981 i 1989.

Z uwagi na domniemanie, iż poszukiwane obiekty mogą mieć podobne wymiary (4-8 m średnicy) i chaotyczny sposób uporządkowania, jak w przypadku jam grobowych zidentyfikowanych uprzednio przez nasz zespół w Olmontach k. Białegostoku (rys. 2), uznano, iż w przypadku danych satelitarnych optymalnym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie danych o rozdzielczości rzędu 0,5-0,3 m (WorldView 3, Pléiades), zaś pozostałe mogą zostać wykorzystane jako uzupełniające dane źródłowe, pozwalające na weryfikację wyników interpretacji w sytuacjach wątpliwych (WorldView1, WorldView2) lub obserwację sukcesji roślinnej (SPOT 1-3, SPOT 4, SPOT 5, IRS-1, RapidEye). Ze względu na brak kompletności pokrycia terenu badawczego danymi satelitarnymi o wysokiej rozdzielczości zamówiono zobrazowanie z satelity WorldView-3 (o rozdzielczości 30 cm w trybie panchromatycznym oraz 1,24 m w trybie multispektralnym).

Z uwagi na silne zachmurzenie żadna z 5 zarejestrowanych scen nie nadawała się do interpretacji wizualnej, ani do przeprowadzenia klasyfikacji nadzorowanych. W tej sytuacji



Rysunek 2. Jamy grobowe w Olmontach k. Białegostoku (zdjęcie lotnicze z roku 1949)

konieczne stało się wykorzystanie danych z konstelacji satelitów Pléiades (o rozdzielczości 50 cm w trybie panchromatycznym i 2 m w trybie multispektralnym) z 23.04.2014 roku (środkowa i wschodnia część terenu badawczego) oraz 30.04.2014 roku (zachodnia część terenu badawczego).

Zastosowana metoda

Na wstępie przeprowadzono korekcję geometryczną zeskanowanych archiwalnych zdjęć lotniczych z lat 1953, 1962, 1981 i 1989 do układu współrzędnych „PUWG 1992” na geoidzie WGS84 oraz utworzono stereogramy. Przetworzenie danych ze skaningu laserowego pozwoliło na wygenerowanie numerycznych modeli terenu oraz map poziomicowych rzeźby o cięciu co 20 cm. Kolejny etap stanowiła wstępna analiza stereogramów archiwalnych zdjęć lotniczych i kompozycji barwnych utworzonych na podstawie kanałów satelitarnych SPOT 5, IRS-1, RapidEye, danych panchromatycznych z satelity WorldView-1 oraz danych o charakterystykach fizyczno-geograficznych, mającą na celu zlokalizowanie widocznych miejsc naruszeń struktury gleby. Kierując się kryteriami: kształtu, wielkości, fototonu na zdjęciach lotniczych, odpowiedzi spektralnej, struktury, tekstury, uporządkowania i położenia w stosunku do możliwych dróg transportu zatrzymanych, sporządzono wykaz obiektów wymagających weryfikacji. Na podstawie porównania zmian cech interpretacyjnych oraz odpowiedzi spektralnej w czasie oraz wiedzy z zakresu geografii fizycznej kompleksowej opracowano klucz fotointerpretacyjny dotyczący obiektów naruszeń struktury gleby, wskazujących na możliwość występowania jam grobowych (tab. 1, 2, 3, 4).

Tabela 1. Cechy interpretacyjne obiektów wskazujących na naruszenie powierzchni ziemi i możliwość występowania jam grobowych na terenach typu krajobrazu pojeziernego, plejstoceńskich moren dennych pochodzenia lodowcowego, budowanych przez gliny zwałowe

Typ pokrycia terenu	Fototon na zdjęciach lotniczych	Struktura	Odpowiedź spektralna	Cechy pośrednie	LIDAR
Odsłonięte podłoże gleby	średnio ciemny; silny kontrast z otoczeniem	amorficzna	silne odbicie w bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	położenie w stosunku do dróg	niewielkie, regularne anomalie ukształtowania terenu
Formacje kserofilne	średnio ciemny w okresie wilgotnym; bardzo jasny w okresach suchych i kłoszenia	amorficzna, przechodząca w drobnoziarnistą	zróznicowanie od otaczającego tła w zakresie zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Roślinność wydepczyskowa	średnio ciemny w okresie wilgotnym; jasny w okresach suchych i kłoszenia				
Młody las	szary	drobnoziarnista	anomalie stosunku do otaczającego tła w zakresie zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	obecność nieracjonalnych rozrzedzeń drzewostanów	
Las	szary i ciemnoszary	gąbczasta		specyfika topnienia śniegu	

Tabela 2. Cechy interpretacyjne obiektów wskazujących na naruszenie powierzchni ziemi i możliwość występowania jam grobowych na terenach typu sandrowego, plejstoceńskich sandrów genezy lodowcowo-rzecznej, budowanych przez plejstoceńskie piaski glacyjfluwialne

Typ pokrycia terenu	Fototon na zdjęciach lotniczych	Struktura	Odpowiedź spektralna	Cechy pośrednie	LIDAR
Odsłonięte podłoże gleby	jasny; silny kontrast z otoczeniem	amorficzna	silne odbicie w bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	położenie w stosunku do dróg	niewielkie, regularne anomalie ukształtowania terenu
Formacje kserofilne	jasny w okresie wilgotnym; bardzo jasny w okresach suchych i kłoszenia	amorficzna, przechodząca w drobnoziarnistą	zróznicowanie od otaczającego tła w zakresie bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Roślinność wydepczyskowa	jasnoszary w okresie wilgotnym; bardzo jasny w okresach suchych i kłoszenia	amorficzna przechodząca w gruzelkowatą			
Młody las	szary	drobnoziarnista	anomalie w stosunku do otaczającego tła w zakresie zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	obecność nieracjonalnych rozrzedzeń drzewostanów	
Las	szary i ciemnoszary	gąbczasta		specyfika topnienia śniegu	

Tabela 3. Cechy interpretacyjne obiektów wskazujących na naruszenie powierzchni ziemi i możliwość występowania jam grobowych na terenach typu krajobrazu tarasów z wydmami budowanych przez luźne plejstoceńskie piaski glacyofluwialne

Typ pokrycia terenu	Fototon na zdjęciach lotniczych	Struktura	Odpowiedź spektralna	Cechy pośrednie	LIDAR
Odsłonięte podłoże gleby	bardzo jasny; bardzo silny kontrast z otoczeniem	amorficzna	bardzo silne odbicie w bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	położenie w stosunku do dróg	niewielkie, regularne anomalie ukształtowania terenu
Formacje kserofilne	jasny w okresie wilgotnym; bardzo jasny w okresach suchych i kłoszenia; bardzo silny kontrast z otoczeniem	amorficzna, przechodząca w drobnoziarnistą	bardzo silne zróżnicowanie od otaczającego tła w zakresie bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Roślinność wydepczyskowa	jasnoszary w okresie wilgotnym; jasny w okresach suchych i kłoszenia; silny kontrast z otoczeniem		zróżnicowanie od otaczającego tła w zakresie bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Młody las	szary	drobnoziarnista	anomalie w stosunku do otaczającego tła w zakresie zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	obecność nieracjonalnych rozrzedzeń drzewostanów	
Las	szary i ciemnoszary	gąbczasta		specyfika topnienia śniegu	

Tabela 4. Cechy interpretacyjne obiektów wskazujących na naruszenie powierzchni ziemi i możliwość występowania jam grobowych na terenach typu krajobrazu dolinnych, budowane przez piaski i żwirny rzeczne

Typ pokrycia terenu	Fototon na zdjęciach lotniczych	Struktura	Odpowiedź spektralna	Cechy pośrednie	LIDAR
Odsłonięte podłoże gleby	bardzo jasny; bardzo silny kontrast z otoczeniem	amorficzna	bardzo silne odbicie w bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	położenie w stosunku do dróg	niewielkie, regularne anomalie ukształtowania terenu
Formacje kserofilne	jasny lub bardzo jasny; bardzo silny kontrast z otoczeniem	amorficzna, przechodząca w drobnoziarnistą smugową	bardzo silne zróżnicowanie od otaczającego tła w zakresie bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Roślinność wydepczyskowa	jasny silny kontrast z otoczeniem	gruzelkowata	zróżnicowanie od otaczającego tła w zakresie bliskiej podczerwieni; słabe anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni		
Młody las	szary	drobnoziarnista	anomalie w stosunku do otaczającego tła w zakresie zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni; anomalie wilgotności w dalszej podczerwieni	obecność nieracjonalnych rozrzedzeń drzewostanów	
Las	szary i ciemnoszary	gąbczasta		specyfika topnienia śniegu	

Opracowany klucz pozwolił na wstępną identyfikację obiektów o cechach interpretacyjnych, wskazujących na możliwość występowania jam grobowych. Przyjęto założenie, iż najbardziej istotne są obiekty możliwe do identyfikacji na dawnych zdjęciach lotniczych, zaś o stopniu ich wiarygodności mogą świadczyć cechy interpretacyjne, których dostarczyła analiza późniejszych materiałów źródłowych.

Szczególny przypadek stanowi obszar wokół „Domu Turka”, będący fragmentem terenu zurbanizowanego o rozluźnionej zabudowie. Na zdjęciach z roku 1953 na terenie podwórka tej posesji widoczne są cztery obiekty o bardzo jasnym fototonie (świadczące o zniszczeniu warstwy próchnicznej i jej przemieszaniu z frakcjami podłoża) oraz lekkim podniesieniu terenu (widocznym na stereogramie). Cechy te są analogiczne jak w przypadku innego obiektu położonego na terenie tej samej posesji, gdzie znaleziono już kilkanaście zwłok pomordowanych.

Kolejny etap stanowiło szczegółowe badanie zidentyfikowanych obiektów z wykorzystaniem: modeli stereoskopowych, chmury punktów skaningu laserowego, numerycznego modelu terenu i map mikrorzeźby, wielodatowej analizy teledetekcyjnej z wykorzystaniem dostępnych danych satelitarnych o podwyższonej i wysokiej rozdzielczości przestrzennej oraz dodatkowych danych źródłowych (zeznań świadków, mapy terenów anomalii wzrostu drzewostanów, dostarczonej przez leśników). Jego realizacja pozwoliła na wyeliminowanie części obiektów (między innymi szczątków ziemianek, miejsc detonacji niewypałów i niewybuchów). Dostarczyła również materiału do przeprowadzenia wstępnej oceny stopnia prawdopodobieństwa występowania jam grobowych.

Następny etap stanowiła weryfikacja terenowa, którą objęto wszystkie obiekty na terenie polskiej części obszaru badawczego. Pozwoliła ona na wyeliminowanie kolejnej części obiektów (między innymi 3 ziemianek – magazynów broni, i 4 obiektów zatartych na skutek współczesnej orki leśnej) i przeprowadzenie wstępnej oceny prawdopodobieństwa występowania jam grobowych w przypadku pozostałej ich grupy. Podczas weryfikacji terenowej dokonano wyboru pól treningowych do klasyfikacji nadzorowanej danych satelitarnych. Na terenie obiektu 5b (cmentarz żołnierzy niemieckich) stwierdzono obecność trawiastej roślinności kserofilnej, która rozwinęła się na zmodyfikowanym siedlisku. Ten sam gatunek zidentyfikowano na terenie 6 innych obiektów, gdzie jego zasięg miał charakter geometryczny. Stwierdzono, iż gatunek ten można uznać z dużym prawdopodobieństwem za roślinność wskaźnikową.

W wyniku przeprowadzonych analiz i weryfikacji terenowych ustalono na terenie polskiej części Puszczy Augustowskiej 19 zgrupowań 44 obiektów wskazujących na naruszenia powierzchni ziemi przed rokiem 1953, o różnym stopniu prawdopodobieństwa występowania jam grobowych. Po przeprowadzeniu drugiego etapu weryfikacji terenowej usunięto warstwę gleby na terenie obiektu nr 20. Natrafiono tam na jamę grobową, zawierającą szczątki dwóch osób. Na terenie białoruskiej części Puszczy Augustowskiej zidentyfikowano 85 obiektów wskazujących na naruszenia powierzchni ziemi (w tym 52 w rejonie na północ i północny zachód od wsi Kalety, 21 na południe od wsi Kalety, 6 w rejonie dawnej gajówki i leśniczówki Giedź oraz 6 w pobliżu drogi Stanowisko–Kalety).

Kolejny etap stanowiło badanie z wykorzystaniem wysokorozdzielczych danych z satelitów Pléiades. Etap ten miał na celu analizę spektralną badanych obiektów oraz uzyskanie drogą klasyfikacji nadzorowanej ilościowych przesłanek do oceny stopnia ich podobieństwa do obiektów o różnym prawdopodobieństwie występowania jam grobowych (określonym podczas weryfikacji terenowej), jak również ekstrapolacji uzyskanych wyników na cały obszar poddany klasyfikacji. Po rozciągnięciu histogramu danych, ich korekcji geometrycznej do układu współrzędnych „PUWG 1992” na geoidzie WGS84 oraz mozaikowaniu na

uzyskanym obrazie, przeprowadzono analizę odpowiedzi spektralnych 120 pól wzorcowych (klasy: „roślinność wskaźnikowa”, odpowiedź spektralna stanowisk w rejonie Kalet”, odpowiedź spektralna w rejonie Giedzi”) i ich porównanie z odpowiedziami spektralnymi innych form pokrycia terenu (łąki naturalne, łąki aluwialne, łąki leśne, jasna gleba, lasy, wody, uprawy rolne). Jej podstawę stanowiły wygenerowane statystyki (wartości: minimalne, maksymalne, średnia, odchylenie standardowe, wektory i wartości własne – *eigenvalue*). W przypadku białoruskiej części terenu badawczego analiza ta wykazała podobieństwo spektralne śródleśnych obiektów występujących w rejonie Kalet i Giedzi do odbicia spektralnego łąk leśnych i gruntów ornych w zakresie pasma: niebieskiego, zielonego, czerwonego, przy równoczesnym ich znacznym zróżnicowaniu w zakresie widma podczerwonego (rys. 3). Zróżnicowanie to wskazuje na znaczny stopień antropogenizacji wydzielonych obiektów w rejonie Kalet i Giedzi, świadczący o zakłóceniu w przeszłości struktury gleby. Równocześnie podobieństwo spektralne tych obiektów do terenów wykorzystywanych intensywnie rolniczo utrudnia w pewnym stopniu ich automatyczne wydzielenie przez system klasyfikacyjny, jako odrębnych klas. Na ich odrębność wskazuje natomiast jednoznacznie kryterium sąsiedztwa innych klas (obiekty te nie powinny występować w siedliskach, na terenie których się znajdują) oraz przesłanki wynikające z analizy: fototonu, tekstury i struktury na zdjęciach lotniczych. Część obiektów o lokalizacji śródleśnej w rejonie Kalet może zostać zaklasyfikowana jako łąki leśne, na co wpływa pokrywa formacji roślinnych. W przypadku tych obiektów o ich odrębności decyduje jednak brak zgodności z siedliskiem naturalnym. Formacje takie mogą powstawać jedynie w efekcie działań człowieka. Ich lokalizacja wokół Kalet jest pozbawiona przesłanek gospodarczych. Odpowiedź spektralna obiektów porośniętych krzakami i młodymi drzewami w wyniku naturalnej sukcesji roślinnej jest zbliżona do odpowiedzi lasów. W tej sytuacji, w celu ich wyróżnienia, konieczne jest wsparcie się analizą wizualną (uwzględniającą, poza odpowiedzią spektralną, również cechy interpretacyjne takie jak: kształt, tekstura, struktura, jasność i cienie). Na terenie białoruskiej części terenu badawczego nie stwierdzono obecności formacji roślinności wskaźnikowej, charakterystycznej dla niektórych obiektów polskiej części Puszczy Augustowskiej.

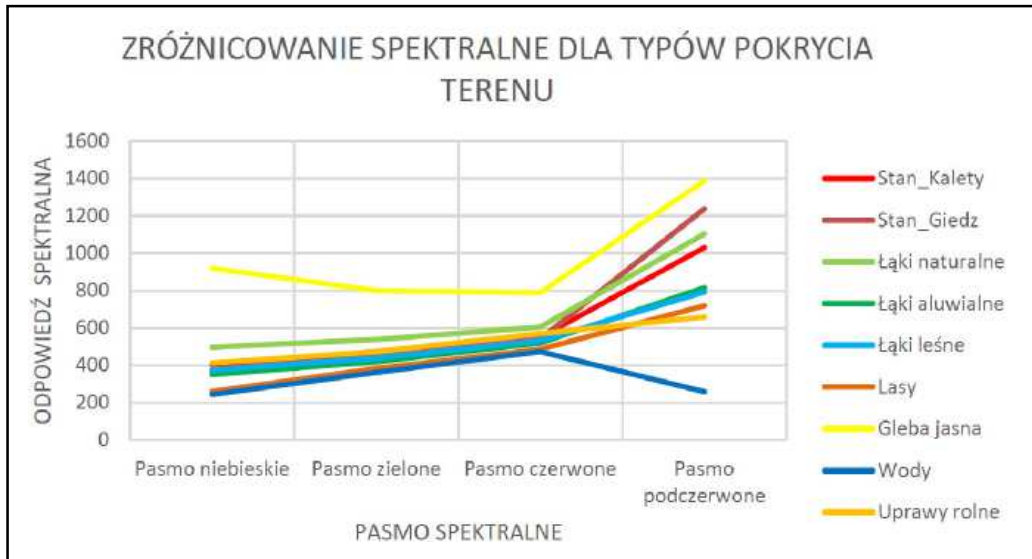
W przypadku polskiej części terenu badawczego analiza spektralna wykazała zróżnicowanie roślinności wskaźnikowej od innych formacji trawiastych, występujących na obszarze Puszczy Augustowskiej (rys. 4).

Ocenę przypadków braku zgodności pokrywy roślinnej badanych obiektów z otaczającymi je siedliskami przeprowadzono również wizualnie, wykorzystując standardowe kompozycje barwne kanałów satelity Pléiades (4, 3, 2), niestandardowe kompozycje barwne (4, 3, 1 – Dukaczewski, 1994) oraz wskaźnik porowatości terenu (Bonn, 1996):

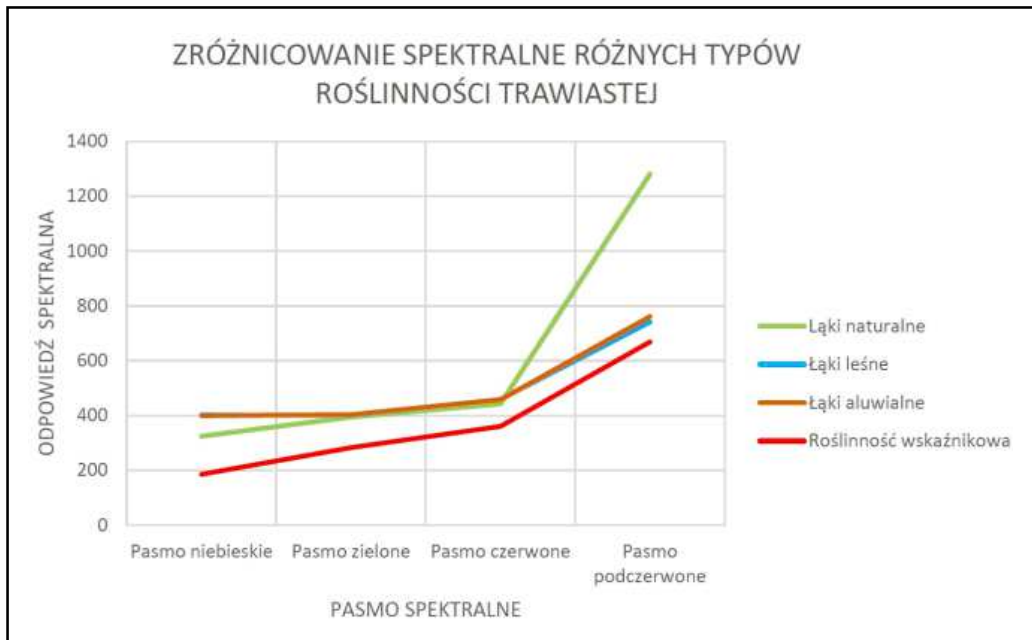
$$IB = (\text{kanal czerwony}^2 + \text{podczerwień}^2)^{\frac{1}{2}}$$

Wskaźnik ten, poza podkreśleniem różnic pomiędzy leśnymi glebami odsłoniętymi a pokrytymi roślinnością, pozwolił na stwierdzenie, iż w przypadku części obiektów zidentyfikowanych na obszarze białoruskiej części terenu badawczego w rejonie Kalet dokonano na przestrzeni ostatnich lat orki leśnej.

Jednodatowe klasyfikacje nadzorowane zostały zrealizowane metodą największego prawdopodobieństwa (na podstawie hipotezy gaussowskiej). Z uwagi na specyfikę zróżnicowania odpowiedzi spektralnych badanych obiektów (wynikających między innymi z różnic w okresie obrazowania oraz sposobu prowadzenia gospodarki leśnej w Polsce i na Białorusi) uznano za stosowne wykonanie czterech nadzorowanych klasyfikacji danych satelitarnych:



Rysunek 3. Zróżnicowanie spektralne różnych typów pokrycia terenu w białoruskiej części obszaru badawczego



Rysunek 4. Zróżnicowanie spektralne różnych typów roślinności trawiastej w polskiej części obszaru badawczego

- form pokrycia terenu i ich podobieństwa do obiektów wydzielonych w polskiej części terenu badawczego,
- form pokrycia terenu białoruskiej części terenu badawczego,
- podobieństwa form pokrycia terenu do obiektów wydzielonych w białoruskiej części terenu badawczego,
- form pokrycia terenu całego obszaru badawczego.

Dokładność całkowita pierwszej klasyfikacji wynosiła 89%, drugiej 90%, trzeciej 89%, zaś czwartej 88%.

Klasyfikacja form pokrycia terenu i ich podobieństwa do obiektów wydzielonych w polskiej części terenu badawczego wykazała, iż część terenów porośniętych roślinnością wskaźnikową (klasa „cementarz”) jest częściowo zasłonięta przez korony drzew. Obecność roślinności wskaźnikowej stwierdzono na terenie obiektów 5a, 5b, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e. Bardzo zbliżona była również formacja roślinna w przypadku stanowisk 8a, 8a1 i 8b. Ponadto obecność roślinności wskaźnikowej stwierdzono w rejonie nowego obiektu 21. Badanie to pozwoliło na zaproponowanie wzorca wartości odpowiedzi spektralnej dla roślinności wskaźnikowej, występującej w miejscach o zakłóconej strukturze gleby i wskazującej na możliwość istnienia jam grobowych w zakresie kanałów rejestrowanych przez satelity konstelacji *Pléiades*.

Klasyfikacje form pokrycia terenu białoruskiej części terenu badawczego oraz podobieństwa form pokrycia terenu do obiektów wydzielonych w białoruskiej części terenu badawczego potwierdziły w znacznym stopniu lokalizację domniemych miejsc o charakterystykach wskazujących na antropogeniczne zakłócenie struktury gleby. Zarówno w przypadku obiektów położonych na terenach leśnych, jak również polan śródleśnych zauważalna jest pewna nadreprezentacja liczby zaklasyfikowanych pikseli. Sytuacja ta jest związana zarówno z częściowym podobieństwem spektralnym wydzielonych obiektów w stosunku do innych klas pokrycia terenu, jak również obecnością naruszeń terenu związanych z działalnością gospodarczą. W przypadku niektórych obiektów, z uwagi na stan zaawansowania sukcesji roślinnej, możliwe było ich automatyczne zaklasyfikowanie przez system jako łąk naturalnych. W tej sytuacji czynnikami przesądzającymi o zaliczeniu ich do grupy obiektów o zakłóconej strukturze gleby były: niezgodność formacji z siedliskiem oraz wyniki analizy innych danych źródłowych (między innymi archiwalnych zdjęć lotniczych oraz wcześniejszych danych satelitarnych).

Przeprowadzone klasyfikacje nadzorowane wykazały użyteczność wykorzystania danych satelitarnych o wysokiej rozdzielczości do prowadzenia prac, mających na celu detekcję obiektów o zakłóconej strukturze gleby. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż ze względu na cechującą je homogeniczność parametrów technicznych, cykliczną powtarzalność i globalny zasięg mogą one pozwalać na prowadzenie badań na bardzo dużych obszarach, jak również na ekstrapolację uzyskanych wyników. Należy jednak podkreślić, iż wyniki klasyfikacji (z uwagi na stopień podobieństwa odpowiedzi spektralnych) powinny być wykorzystywane wraz z uwzględnieniem wniosków wynikających z analizy wizualnej cech interpretacyjnych na podstawie dostępnych danych teledetekcyjnych. W trakcie interpretacji celowe jest również uwzględnienie kryterium stopnia zgodności formacji z jej siedliskiem.

Analiza możliwości występowania jam grobowych

Wykorzystując stereogramy archiwalnych panchromatycznych zdjęć lotniczych, współczesne ortofotomapy, kompozycje kanałów i wyniki klasyfikacji nadzorowanych satelitarnych danych o wysokiej rozdzielczości przestrzennej, mapy mikrorzeźby, opracowany klucz interpretacyjny oraz wyniki weryfikacji terenowej dokonano analizy możliwości występowania jam grobowych w polskiej i białoruskiej części obszaru badawczego. W trakcie oceny kierowano się bezpośrednimi cechami interpretacyjnymi (kształt, wielkość, fototon, tekstura, cień, struktura oraz odpowiedź spektralna) oraz pośrednimi cechami rozpoznawczymi (odpowiedź spektralna sukcesyjnej roślinności wskaźnikowej, kryterium lokalizacji w pobliżu dróg transportu zatrzymanych, mikrorzeźba, powiązanie z innymi elementami terenu). Wiarygodność była rangowana w skali od 1 do 5.

Cztery obiekty na terenie przyległym do Domu Turka w Augustowie z uwagi na duże podobieństwo w zakresie fototonu, odpowiedzi spektralnej, kształtu, wielkości, struktury oraz charakterystykę w zakresie mikrorzeźby zostały zakwalifikowane do grupy o bardzo dużej możliwości występowania jam grobowych.

Wśród pozostałych 44 obiektów w części polskiej 4 (o numerach 5a, 5b, 19 i 20) zostały zakwalifikowane do grupy o bardzo dużej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, kształtu i wielkości, struktury oraz lokalizacji w bezpośrednim sąsiedztwie drogi transportu zatrzymanych. Pięć obiektów (3a, 8a, 8a1, 8b, 21) zakwalifikowano do grupy o dużej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, „geometrycznego”, „antropogenicznego” kształtu, wielkości, struktury oraz relatywnie niewielkiej odległości od drogi transportu zatrzymanych. Cztery obiekty (2c, 2d, 2e, 5c) zaliczono do grupy o średniej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, obecności roślinności wskaźnikowej, kształtu i wielkości, struktury oraz lokalizacji. Sześć obiektów (2a, 2b, 17a, 17b, 17c, 17d) zostało zaliczonych do grupy o niskiej możliwości istnienia jam grobowych. Były to obiekty odpowiadające kryterium podobieństwa fototonu i odpowiedzi spektralnej (lecz o bardziej ograniczonym występowaniu roślinności wskaźnikowej), pewnym podobieństwem w zakresie kształtu i wielkości, analogicznej struktury oraz lokalizacji. Pozostałe obiekty z uwagi na spełnianie jedynie kilku spośród wymienionych kryteriów (najczęściej fototonu w roku 1953) zostały zaliczone do grupy o niewielkiej możliwości występowania jam grobowych.

Wśród 85 obiektów o charakterystykach interpretacyjnych wskazujących na naruszenie struktury gleby w części białoruskiej 4, położone w rejonie Kalety i Giedzi (o oznaczeniach Kalety_01, Kalety_02, Giedz_01!, Giedz_M1) zostały zakwalifikowane do grupy o bardzo dużej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, kształtu, wielkości, struktury i tekstury, wreszcie lokalizacji. W przypadku obiektu „Kalety_01” i „Giedz_01!”, dodatkowym czynnikiem były zeznania świadków. 14 obiektów zakwalifikowano do grupy o dużej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, struktury, kształtu i wielkości oraz położenia w pobliżu dróg transportu zatrzymanych, miejsc ich przetrzymywania (Kalety) i stacjonowania jednostek wojskowych (Kalety, Giedź). 21 obiektów zostało zaliczonych do grupy o średniej możliwości występowania jam grobowych. Przemawiały za tym kryteria: fototonu, odpowiedzi spektralnej, anomalii sukcesji roślinnej i wzrostu sadzo-

nek drzew, kształtu i wielkości, struktury, lokalizacji. 25 obiektów zostało zaliczonych do grupy o niskiej możliwości istnienia jam grobowych. Były to obiekty odpowiadające kryterium podobieństwa fototonu i odpowiedzi spektralnej, pewnym podobieństwie w zakresie kształtu i wielkości, podobieństwie struktury oraz lokalizacji w relatywnie niedużej odległości od dróg transportu zatrzymanych. Pozostałych 21 obiektów spełniających część spośród wymienionych kryteriów (najczęściej fototonu, struktury, odpowiedzi spektralnej, kształtu) zostało zaliczonych do grupy o niewielkiej możliwości występowania jam grobowych.

Pełna lista zidentyfikowanych obiektów (wraz z ich współrzędnymi geograficznymi) oraz ich katalog, zawierający wycinki map topograficznych, zdjęć lotniczych, kompozycji w barwach umownych opracowanych na podstawie danych satelitarnych został zawarty w raporcie *Opinia w sprawie możliwości istnienia jam grobowych, powstałych w okresie co najmniej od lipca 1945 r. na terenie Augustowa, dróg pomiędzy miejscowościami: Giby, Stanowisko, Rygol a Kaletami oraz na terenie sąsiadującym z miejscowością Kalety* z 10 grudnia 2015 roku.

Wnioski

Analiza uzyskanych wyników potwierdza przypuszczenie, iż największe szanse na natrafienie na jamy grobowe ofiar „Obławy Augustowskiej” istnieją w przypadku obiektów zidentyfikowanych w rejonie miejscowości Kalety oraz dawnej leśniczówki i gajówki Giedź na terenie Republiki Białoruskiej. Szanse w tym zakresie istnieją również w przypadku kilku niewielkich obiektów na terenie polskiej części terenu badawczego.

Przeprowadzone prace wykazały, iż wykorzystanie danych teledetekcyjnych zarejestrowanych w znacznym odstępie czasowym od wydarzeń będących przedmiotem badania (archiwalnych zdjęć lotniczych po 8 latach, 17 latach oraz 36 i 44 latach, danych satelitarnych o podwyższonej rozdzielczości przestrzennej – po 59 latach, danych satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości – po 69 latach, wreszcie danych z lotniczego skaningu laserowego – po 70 latach) i ich analiza pozwala na identyfikację miejsc naruszeń terenu oraz zaburzeń struktury gleby. Te zaś mogą stanowić asumpt do analizy możliwości występowania jam grobowych w badanych lokalizacjach. Wykorzystanie bezpośrednich cech interpretacyjnych (fototon, struktura, tekstura, odpowiedź spektralna, kształt, wielkość i cień) oraz pośrednich cech interpretacyjnych (kryterium lokalizacji w pobliżu dróg transportu zatrzymanych, mikrorzeźba, powiązanie z innymi elementami terenu, obecność roślinności wskaźnikowej) umożliwia określenie lokalizacji przestrzennej obiektów o charakterystykach wskazujących na naruszenia powierzchni ziemi oraz zakłócenie struktury gleby, które może wskazywać na obecność jam grobowych bez względu na stopień dostępności terenu. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż wyniki badania przeprowadzonego z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych zostały potwierdzone w przypadku niektórych obiektów położonych na terenie części białoruskiej (Giedź) przez wyniki prowadzonego równoległe śledztwa, zaś w przypadku części polskiej (obiekt nr 20) – przez przeprowadzoną ekshumację. Zbieżność wniosków, wynikających z tych źródeł wydaje się potwierdzać użyteczność badań teledetekcyjnych do tego typu badań, nawet w dosyć trudnych warunkach środowiskowych (dosyć gęste pokrycie roślinne) i po upływie dosyć długiego czasu.

Przeprowadzone prace wykazały, iż optymalne wyniki w zakresie wykorzystania panchromatycznych zdjęć lotniczych można osiągnąć w przypadku dysponowania materiałem zarejestrowanym w ciągu 4-5 lat od chwili wydarzeń. W sytuacji braku takich danych (lub

ich niekompletności) celowe jest wykorzystanie dodatkowych, późniejszych danych teledetekcyjnych (zwłaszcza wysokorozdzielczych, multispektralnych danych satelitarnych i danych ze skaningu laserowego). Dane satelitarne pozwalają na krytyczną weryfikację uzyskanych tą metodą wyników. Dzięki możliwości wykonania klasyfikacji danych satelitarnych możliwe jest również dokonanie ekstrapolacji uzyskanych wyników na dużych (lub trudno dostępnych) obszarach. Łączne wykorzystanie wyników analiz zdjęć lotniczych, dawnych danych satelitarnych o średniej i podwyższonej rozdzielczości przestrzennej, wyników klasyfikacji danych satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej oraz wizualnej interpretacji kompozycji w barwach umownych danych satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej pozwala na sporządzenie list współrzędnych geograficznych obiektów o charakterystykach wskazujących na naruszenie powierzchni ziemi oraz zakłócenie struktury gleby, które może wskazywać na obecność jam grobowych. Ustalenie odpowiedzi spektralnej badanych obiektów w różnych zakresach spektralnych umożliwia również zastosowanie przyjętej metodyki w podobnych pracach dotyczących innych lokalizacji.

Literatura

- Bonn F., 1996: Précis de la télédétection vol. 2, Presses de l'Université du Québec: 633 pp.
- Chlebowski C., 1990: Luftwaffe nad Katyniem. *Mówią Wieki* nr 4.
- Dukaczewski D., 1994: Mise au point d'un SIG multitemporel pour la gestion forestière et agricole, intégrant des données de télédétection. CNES - GDTA, Université Paris VI Pierre et Marie Curie, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Paris-Toulouse: 89 pp.
- Dukaczewski D., Bochenek Z., Karwel A.K., Paradysz H., 2015: Opinia w sprawie możliwości istnienia jam grobowych, powstałych w okresie co najmniej od lipca 1945 r. na terenie Augustowa, dróg pomiędzy miejscowościami: Giby, Stanowisko, Rygol a Kaletami oraz na terenie sąsiadującym z miejscowością Kalety. IGiK – Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa: 1120 s., załączniki.
- Łojek P., 1991: Zdjęcia Lotnicze Lasu Katyńskiego. *Wojskowy Przegląd Historyczny* nr 2.
- Mycke-Dominko M., 1992: Zmiany na obszarze Lasu Katyńskiego w latach 1942-1944, na podstawie analizy zdjęć lotniczych. *Teledetekcja Środowiska* vol. 22: 111-122.
- Oblawa Augustowska – lipiec 1945 r. Wybór źródeł, 2010: Milewski J.J., Pyżewska A. (red.), Danilecki T., Filipowicz M., Kaszlej D., Kaszlej Z., Kietliński M., Lapiński P., Radziwonowicz T., Snopko J., Instytut Pamięci Narodowej. Oddział w Białymstoku: 384 s.
- Pieńkowski T., 1991: Pięć cmentarzy. Biuletyn Katyński nr 2, Kraków.
- Poirier R.G., 1981: Summary of Katyn Forest. Project and Imagery.
- Rurarz Z., 1988: Nieznane zdjęcia cmentarza katyńskiego. Kontakt nr 7-8, Paryż.

Streszczenie

W styczniu 2015 roku Oddziałowa Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu w Białymstoku wydała postanowienie o zasięgnięciu opinii Instytutu Geodezji i Kartografii w sprawie możliwości istnienia jam grobowych, powstałych w okresie co najmniej od lipca 1945 roku, na terenie Augustowa, dróg pomiędzy miejscowościami: Giby, Stanowisko, Rygol a Kaletami oraz na terenie sąsiadującym z miejscowością Kalety. Celem badania było ustalenie, czy dostępne dane przestrzenne (archiwalne zdjęcia lotnicze z lat 1953-1989, dane z lotniczego skaningu laserowego oraz dane satelitarne o dużej, podwyższonej i wysokiej rozdzielczości) pozwalają na identyfikację miejsc naruszeń terenu, wskazujących na możliwość istnienia jam grobowych, w których mogłyby zostać pogrzebane ofiary „Oblawy Augustowskiej”. W celu realizacji badania po skompletowaniu i przetworzeniu dostępnych danych przestrzennych, utworzeniu szczegółowego NMT i map mikrorzeźby, przeprowadzono analizę danych i wypracowano (z wykorzystaniem wiedzy z zakresu geografii fizycznej kompleksowej) klucz fotointerpretacyjny. Dysponując wynikami tego etapu prac możliwe było dokonanie identyfikacji miejsc naruszeń terenu, wskazujących na możliwość istnienia jam grobowych. Przepro-

wadzona weryfikacja terenowa umożliwiła wstępną ocenę prawdopodobieństwa obecności jam grobowych, zaś analiza spektralna i klasyfikacja nadzorowana pozwoliła na ilościową ocenę wiarygodności badanych obiektów oraz ekstrapolację uzyskanych wyników na terenie polskiej i białoruskiej części Puszczy Augustowskiej. Przeprowadzone badania pozwoliły na zidentyfikowanie 4 obiektów o bardzo dużym prawdopodobieństwie obecności jam grobowych w Augustowie, 44 obiektów na terenie polskiej części Puszczy Augustowskiej (w tym 4 o bardzo dużym prawdopodobieństwie, 5 o dużym prawdopodobieństwie, 4 średnim prawdopodobieństwie, 6 o niskim i 25 o bardzo niskim prawdopodobieństwie) oraz 85 obiektów na terenie części białoruskiej (w tym 4 o bardzo dużym prawdopodobieństwie, 14 o dużym prawdopodobieństwie, 21 o średnim prawdopodobieństwie, 25 o małym prawdopodobieństwie obecności jam grobowych). Pełna lista zidentyfikowanych obiektów (wraz z ich współrzędnymi geograficznymi) oraz ich katalog, zawierający wycinki map topograficznych, zdjęć lotniczych, kompozycji w barwach umownych na podstawie danych satelitarnych został zawarty w raporcie przekazanym IPN. Sondowanie, przeprowadzone na jednym obiekcie, pozwoliło na odkrycie szczątków dwóch osób. Przeprowadzone prace wykazały, iż optymalne wyniki w zakresie wykorzystania panchromatycznych zdjęć lotniczych i multispektralnych danych satelitarnych do identyfikacji jam grobowych można osiągnąć w przypadku dysponowania materiałem zarejestrowanym w ciągu 4-5 lat od chwili wydarzeń. Pozwoliły one jednak stwierdzić, że w przypadku terenów leśnych możliwa jest detekcja tego typu obiektów również z wykorzystaniem danych zarejestrowanych znacznie później (zdjęć lotniczych po 8 latach, danych satelitarnych o dużej i bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej odpowiednio po 59 i 69 latach, danych ze skaningu laserowego po 70 latach).

Abstract

To guarantee the safe transport of the spoils of war from the former East Prussia to Grodno by Soviet Army the head of NKVD L. Beria have decided to eliminate the members of the Polish resistance Home Army (1939-1945) Armia Krajowa in Augustów region (Poland). The operation was carried out by the Red Army, the NKVD and the Main Directorate of Counter-Intelligence 'SMERSH' with the assistance of Polish officers of the Ministry of Public Security in July 1945. 592 of 7049 arrested persons who have disappeared are presumed to have been executed and buried in former Byelorussian Soviet Socialist Republic. Despite many Polish diplomatic notes issued since 1946 the location of the mass graves remained unknown. In January 2015 the Polish Institute of National Remembrance was asking the Institute of Geodesy and Cartography (IGiK) to carry out the prospection of places implying an existence of grave pits of the victims of Augustów roundup in Byelorussian and Polish parts of Augustów Forest. The goal of analysis was to test the potential of spatial data to identify the locations of places of decayed soils, implying the possibility of existence of grave pits. To achieve this goal it was necessary to complete and to process the available spatial data (i.e.: archive and recent aerial photographs, old low resolution and recent very high resolution multispectral satellite data, airborne laser scanning data), to produce detailed DTM and microrelief maps, to analyze the spatial data and to elaborate the photointerpretation key. Having this it was possible to identify the locations of places, implying the possibility of existence of grave pits and to estimate the reliability of those places by field check, as well as to extend the results of research with satellite data supervised classification. The investigations allowed to identify 4 reliable places of decayed soils, implying the possibility of existence of grave pits in Augustów, as well as 44 places of potential grave pits of transport fugitives in Polish part of Augustów forest (4 of very high probability, 5 of high probability, 4 of medium probability, 6 of low and 25 of very low probability). In Byelorussian part of Augustów forest it was possible to identify 85 places of decayed soils. Four of them near Kalety and Giedź can be (presumably) the grave pits. Fourteen objects were classified as a very probable grave pits, 21 others – as a medium probable burial places. Forty six objects were judged as low probable places of grave pits. The full list of objects with coordinates and extracts of maps, aerial and satellite orthophotomaps was included into the report submitted to the Polish Institute of National Remembrance. The control dig carried out in the

case of one object in Polish part of the Augustów forest allowed to find the grave of 2 persons. The carried research have revealed, that the best results of investigations of grave pits identification can be achieved when the aerial photographs and/or satellite data acquired 4-5 year after the burial are available. However, it should be stressed that in the case of forest areas even analysis of remote sensing data recorded after much longer period (aerial photos after 8 years and 36 years, high and very high resolution satellite data – after 59 and 69 years, airborne laser scanning data – after 70 years) can allow to identify the objects of probable grave pits.

dr Dariusz Dukaczewski
dariusz.dukaczewski@igik.edu.pl

dr inż. Zbigniew Bochenek
zbigniew.bochenek@igik.edu.pl

mgr inż. Artur Karol Karwel
karwel@igik.edu.pl

mgr inż. Honorata Paradysz
honorata.paradysz@igik.edu.pl

prok. Zbigniew Kulikowski
fax 85 664 57 99