

Próba zastosowania lotniczych termowizyjnych obrazów wideo do wykrywania miejsc nielegalnego składowania odpadów zwierzęcych

Attempt of using aerial thermal video images for detecting places of illegal dumping of animal waste

Andrzej KIJOWSKI, Wojciech MANIA

Słowa kluczowe: lotnicze obrazy termowizyjne, odpadów zwierzęcych

Key words: aerial thermal video images, Animal waste

Access to the remote sensing data was increasing in Poland since 1989. This process had stimulating impact on scientific research in the scope of changes in the environment. Special attention should be given to the thermal imagery methods because of its information potential. Presented paper discusses the possibilities of using information from thermal images for detecting of places of illegal dumping of animal waste in the ground. On the basis of earlier survey and gathered data draft flight plan was created, covering the surroundings of Śmiłowo (around 30 sq km). Theoretical thesis for the subject was an assumption that all disturbances of the ground

and soil structure should give visible representation in both thermal and visible images. Moreover the process of decay of animal tissues should be the source of heat, which can be observed through thermal sensor. Several places of potential dumping of animal waste were selected. For detailed ground verification eight of them were chosen. In these location geological drillings were performed and than analysis of the samples. Thermovision is a method with great potential for the monitoring of the environment, but its effectiveness depends on the access to another sources of geoinformation.

Wstęp

Po 1989 roku w Polsce nastąpił znaczący wzrost dostępności danych przestrzennych, a w szczególności teledetekcyjnych (zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych). Przemianom formalno-prawnym, które były przyczyną tego zjawiska towarzyszył rozwój technologii informatycznych, sprzyjających coraz bardziej wszechstronnemu wykorzystaniu geoinformacji.

Opisane wyżej tendencje wpłynęły korzystnie na rozwój badań o charakterze naukowym, dotyczących przemian środowiska przyrodniczego w Polsce. Należy tu podkreślić, że wiele interesujących prac pojawiło się przed rokiem 1989, by wymienić dla przykładu Kozackiego (1980), który wykorzystał zdjęcia lotniczej do badań nad przeobrażeniami środowiska geograficznego spowodowanymi działalnością górniczą. Jednakże zastosowanie nowych technologii teledetekcyjnych wymaga znacznych nakładów finansowych, a doświadczenia

w zakresie ich wykorzystywania pochodzą przede wszystkim z literatury zagranicznej.

Drugim obok naukowego istotnym aspektem, na który chcieliby zwrócić uwagę autorzy, to instytucje odpowiedzialne za kontrolę stanu i ochronę środowiska (życia człowieka). Ich skuteczność zależy w dużej mierze od wypracowaniu skutecznych metod badania jego komponentów, a także zdolności do reagowania na sytuacje kryzysowe.

Niniejszy artykuł zatem przedstawia zadanie, którego celem była identyfikacja miejsc składowania w gruncie lub na jego powierzchni dużych ilości odpadów zwierzęcych. Intencją autorów jest nie tylko opisanie zastosowanej metody (termowizji lotniczej) oraz uzyskanych rezultatów, ale także refleksja dotycząca stosowania geoinformacji i technik teledetekcyjnych „w praktyce”, przez co w tym przypadku należy rozumieć rozwiązanie postawionego problemu przez powołany *ad hoc* zespół ekspercki.

Cel badań

Odpady zwierzęce stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia ludzi oraz mogą prowadzić do długotrwałego skażenia komponentów środowiska przyrodniczego. Ze względu na procesy rozkładu przyczyniają się do powstania zagrożenia epidemiologicznego, gromadzone w gruncie wpływają na jakość wód gruntowych (często eksploatowanych na terenach wiejskich). Należy tu także wymienić negatywne oddziaływanie poprzez emisję odorów, a także degradację estetyczną krajobrazu, w przypadku składowania ich na powierzchni.

Warte podkreślenia jest występowanie sytuacji wyjątkowych, takich jak powodzie, czy epidemie, kiedy istnieje potrzeba szybkiego zutilizowania dużych ilości martwych zwierząt. W takich sytuacjach, przy braku dostatecznej liczby lub mocy przerobowej zakładów utylizacyjnych oraz czasowego wstrzymania procesu utylizacyjnego, rejestrowane jest zjawisko nielegalnego zakopywania szczątków zwierzęcych, najczęściej w naturalnych lub antropogenicznych zagłębieniach (np. wyrobiskach, nieczynnych zwirowniach).

Skuteczność zapobiegania tego typu sytuacjom zależy w dużej mierze od uwarunkowań prawnych, a pozyskiwanie informacji o miejscach występowania zagrożeń (w opisywanym przypadku za pomocą termowizji lotniczej) jest jedynie jednym z etapów postępowania, którego głównym rezultatem powinna być likwidacja zagrożenia środowiska (życia człowieka).

Problematyka składowania odpadów zwierzęcych jest niestety regulowana przez cały szereg aktów prawnych: Prawo ochrony środowiska (Dz.U.01.62.627), Ustawa o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt (Dz.U.04.69. 625), Ustawa o odpadach (Dz.U.01.62.628), Kodeks karny. (Dz.U.97.88.553), Ustawa o ochronie przyrody (Dz.U.04.92.880), by wymienić tylko te najistotniejsze.

W niniejszym artykule przedstawiono przykład działania, którego celem była identyfikacja miejsc składowania dużych ilości odpadów pochodzenia zwierzęcego, a docelowo określenie i likwidacja zagrożenia przez nie powodowanego.

Zastosowania termowizji lotniczej

Termowizja to pasmo promieniowania elektromagnetycznego w zakresie 3÷15 µm, poniżej promieniowania widzialnego. Emitowane jest przez każdy przedmiot w różnym stopniu – zależnie od temperatury własnej, absorpcji materiału itp. (Ciolkosz et al., 1999; Stockton 2004).

Termalne sensory naziemne posiadają możliwość pomiaru temperatury wskazanego punktu. W termowizji lotniczej natomiast w większości przypadków jest możliwa identyfikacja (rozdzielenie) obiektu, jednak nie jest możliwy precyzyjny pomiar jego temperatury. Wynika to z odległości sensora od powierzchni, a także

z prędkości lotu (przemieszczania się) sensora (Stockton, 2004).

Obecnie termowizja, także lotnicza, znajduje szereg zastosowań w wielu dziedzinach nauki i gospodarki. Sprzyja temu rozwój technologii – sensory mają wielkość i ciężar zwykłej kamery wideo, nie wymagają kłopotliwego chłodzenia ciekłym azotem, jak miało to miejsce jeszcze około 10 lat temu, a także są coraz tańsze, a co za tym bardziej dostępne. Do najważniejszych zastosowań praktycznych termowizji lotniczej, ze szczególnym uwzględnieniem tych dotyczących szeroko rozumianej ochrony środowiska należy zaliczyć:

- identyfikacja miejsc zrzutów ścieków do wód powierzchniowych,
- kontrola funkcjonowania linii energetycznych,
- kontrola i identyfikacja awarii rurociągów i innych elementów infrastruktury (także podziemnych),
- identyfikacja i określanie zasięgów pożarów – np. lasów, ale także trudnych do wykrycia (np. hałdy),
- kontrola populacji zwierząt leśnych,
- kontrola zabudowy pod względem odprowadzania wody i wilgoci z dachów (istotne w obiektach wielkopowierzchniowych, np. centrach handlowych, halach targowych), a także określanie ucieczki ciepła w budynkach (obecnie najpopularniejsze zastosowanie termowizji realizowane za pomocą sensorów naziemnych),
- badanie aktywności geotermicznej ziemi.

Ponadto warto tutaj wspomnieć o zastosowaniach w ratownictwie, poszukiwaniu osób (także zwłok) i pojazdów, monitoringu oraz bezpieczeństwie, a także w wojsku (Stockton, 2004).

Jednak należy zwrócić uwagę na duży potencjał metody i możliwości jej wykorzystania w innych zastosowaniach związanych z monitoringiem środowiska. Możliwe jest badanie naruszeń gruntów związanych z działalnością górniczą, identyfikacja i kontrola składowisk odpadów oraz miejsc depozycji środków ochrony roślin i chemikaliów (mogilników), a także ocena stanu roślinności.

Wykorzystana technologia

Do wykonania nalotu termalnego posłużył dwuczujnikowy system *FLIR (Forward Looking Infrared) ULTRA 4000*, zainstalowany na platformie lotniczej, którą był śmigłowiec PZL Kania. Helikopter stanowił optymalną platformę dla wykonywanego zadania ze względu na duże możliwości manewrowe, w tym obrazowanie z niskich pułapów, które rekompensuje stosunkowo niską rozdzielczość sensora termowizyjnego.

Sam system jest na stałe związany z platformą lotniczą, w omawianym przypadku ze śmigłowcem. Został zainstalowany na prawej burcie na zawieszonym kardanowym zapobiegającym wibracjom. Na platformie zainstalowano cyfrową kamerę termiczną *SAFIRE* oraz

kolorową kamerę optyczną SONY. Podstawowe parametry systemu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe parametry systemu termowizyjnego FLIR ULTRA 4000.

Table 1. Basic parameters of FLIR ULTRA 4000 thermal system

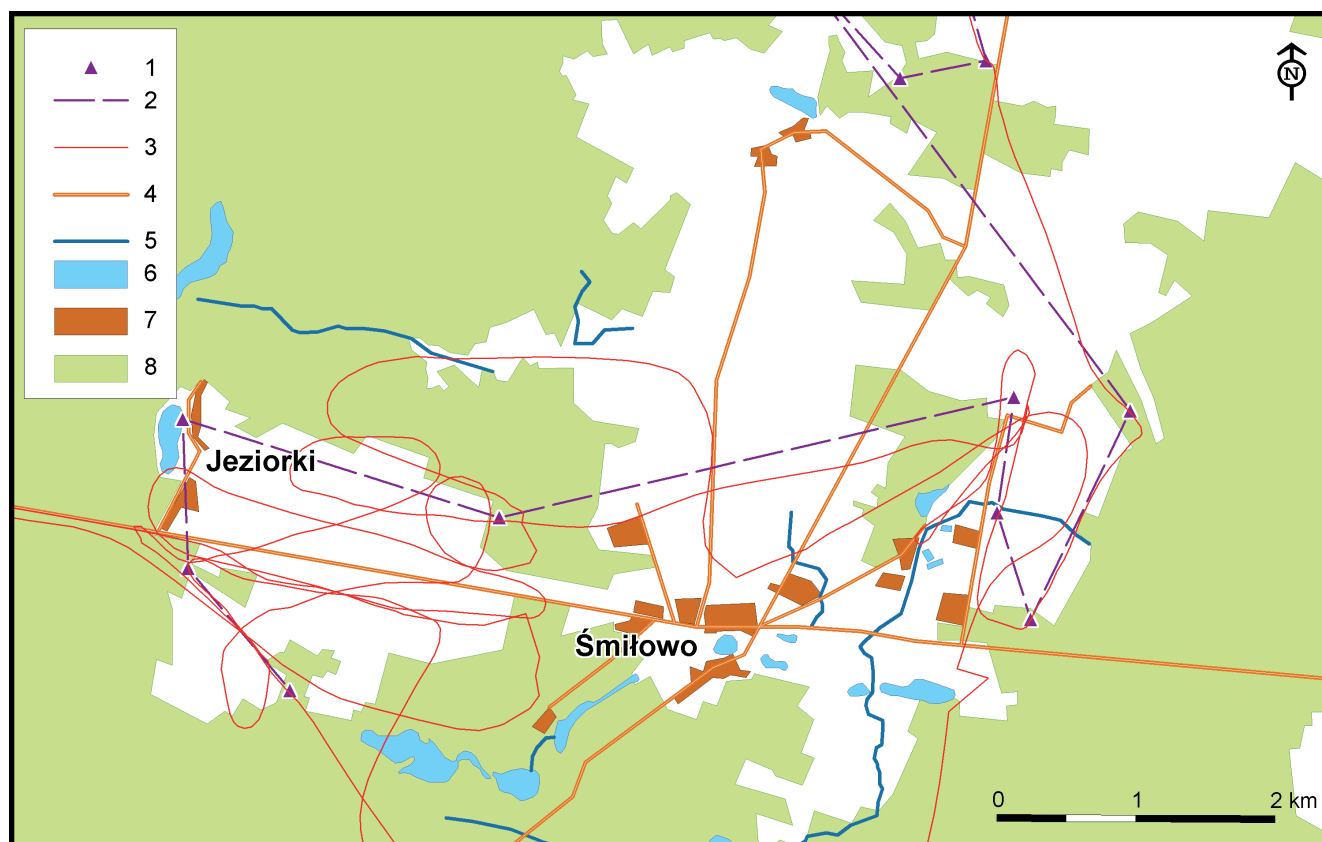
rejestrowana długość fali <i>recorded wave length</i>	3÷5 μm
rozdzielczość <i>resolution</i>	640 x 480
kąt bryłowy poziomy <i>horizontal angle</i>	360°
kąt bryłowy pionowy <i>vertical angle</i>	+15° ÷ -85°
szerokie pole widzenia (WFOV) <i>wide field of vision</i>	51° x 39,4°
wąskie pole widzenia (NFOV) <i>narrow field of vision</i>	1,7° x 1,3°

Sterowanie odbywa się za pomocą pulpitu obsługiwanego przez operatora siedzącego na miejscu drugiego pilota. Podgląd obrazu z sensorów (zamiennie) umożliwia monitor 9". Sygnał wizyjny z kamery wideo jest widoczny w barwach naturalnych, natomiast sensor termowizyjny generuje obraz monochromatyczny w odcieniach szarości.

System posiada możliwość integracji z odbiornikiem GPS. Informacje o położeniu sensora (statku powietrznego) są wyświetlane na monitorze i rejestrowane. Obraz jest rejestrowany za pomocą magnetowidu na taśmie S-VHS. Należy stwierdzić, że jest to najsłabszy element systemu. Magnetowid ze względu na duży udział elementów mechanicznych w swojej konstrukcji wymaga specjalnie przygotowanego miejsca montażu na pokładzie statku powietrznego (ochrona przed wibracjami). Inne uwagi krytyczne na temat zastosowanego sposobu rejestracji zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

Wykonywanie nalogu termowizyjnego

Najbardziej sprzyjające warunki do wykonywania nalogów termalnych panują w porze nocnej ze względu na duże kontrasty termiczne obrazowanej powierzchni. Jednak specyfika zadania wymagała wykonania lotu w dzień, tak aby była możliwa dodatkowa obserwacja powierzchni ziemi. Pod względem pory roku najlepsze warunki panują w porze jesiennej ze względu na wychłodzenie podłoża i związany z tym duży kontrast termiczny z obserwowanym bądź poszukiwanym obiektem emitującym ciepło (Ciołkosz et al., 1999; Stockton, 2004).



Ryc.1. Planowana oraz rzeczywista trasa przeprowadzonego nalogu termalnego: 1 – punkt nawigacyjny GPS, 2 – planowana trasa lotu, 3 – wykonana trasa lotu, 4 – drogi główne, 5 – większe cieki, 6 – zbiorniki wodne, 7 – tereny zabudowane, 8 – lasy (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy topograficznej 1:50 000, GUGiK 2000; dziennik zapisu lotu GPS)

Fig. 1. Planned and actual route of performed thermovision flight: 1 – GPS navpoint, 2 – planned flight route, 3 – performed flight route, 4 – main roads, 5 – major streams, 6 – water bodies, 7 – built-up areas, 8 – forrests (source: author's compilation based on 1:50 000 topographic map, GUGiK 2000 and GPS log file).

Obszar nalotu obejmował fragment gminy Kaczory (woj. wielkopolskie) o powierzchni około 30 km². Plan lotu wyznaczono na podstawie informacji dostarczonych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska oraz lokalne organizacje ekologiczne. Przy czym brano pod uwagę także możliwość obserwacji i rejestracji innych miejsc potencjalnego składowania odpadów zwierzęcych poza wcześniej wskazanymi (ryc. 1).

Przyjęto następujące założenie metodyczne: zalegające w gruncie odpady organiczne ulegają procesowi rozkładu tlenowego (gnicie) lub przy ograniczonym dostępie tlenu (fermentacja); rozkład substancji organicznych oraz naruszenia gruntu skutkują różnicą temperatur uwidaczniającą się szczególnie w termowizyjnym paśmie promieniowania.

Lot wykonano 29.11.2005 roku. Warunki meteorologiczne należy określić jako optymalne dla tego typu zadania (ryc. 2).

Charakterystyka pozyskanych zobrazowań

Pozyskany podczas lotu materiał zarejestrowany na kasecie S-VHS został skonwertowany do postaci cyfrowej, a następnie poddany analizie. Istotnym problemem okazała się utrata informacji w wyniku zastosowania magnetowidu VHS. Obraz z taśmy magnetycznej charakteryzował się o wiele gorszą jakością (ziarno, szumy, brak ostrości, drgania itp.) w porównaniu z tym obserwowanym bezpośrednio na monitorze w kabinie

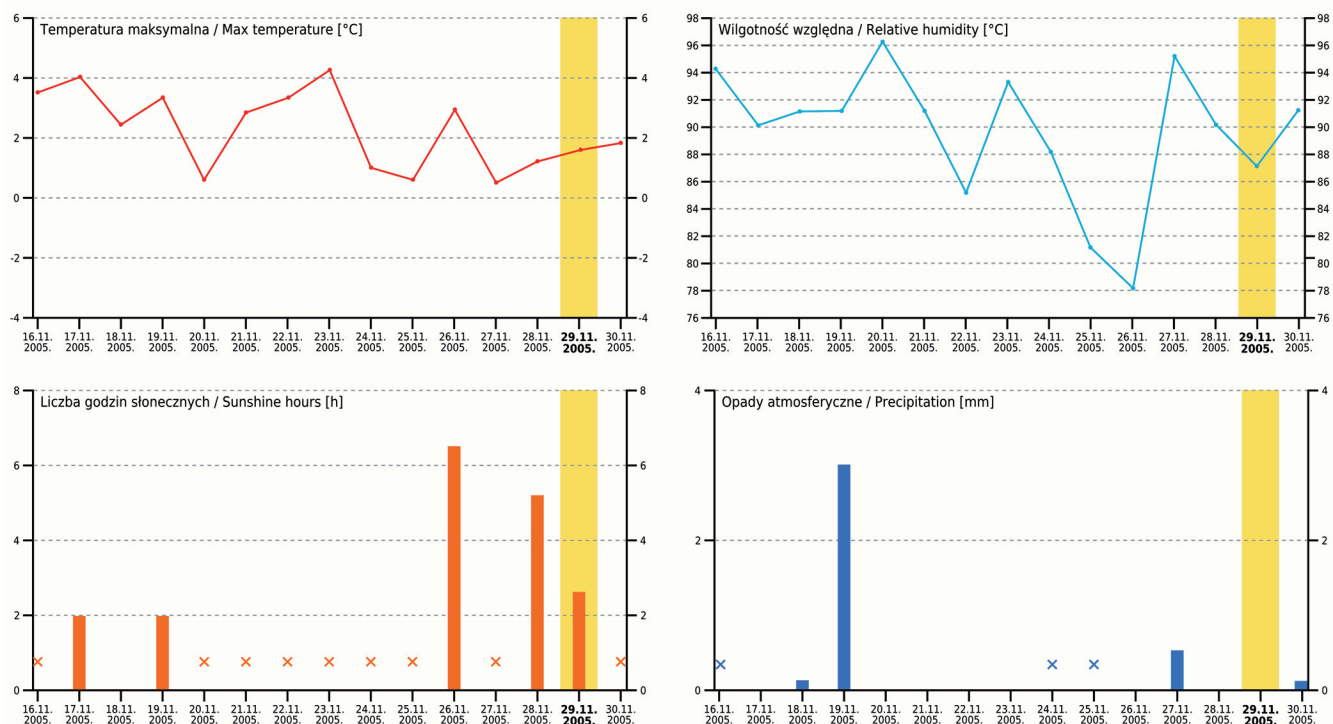
śmigłowca. Wpływ na to miała także jakość taśmy, a zapewne również brak możliwości pełnego wyeliminowania wpływu wibracji na pracę magnetowidu podczas lotu (Józków, 2005).

Łącznie zarejestrowano około 60 minut obrazowań, zarówno w paśmie termicznym, jak i widzialnych. Sam materiał charakteryzował się dużą zmiennością w zakresie kątów i pola obserwacji. Podczas analizy wykonano szereg stop-klatek zarówno w paśmie termowizyjnym, jak i widzialnym, na których widoczne były miejsca potencjalnego składowania odpadów zwierzęcych (doły, naruszenia gruntu itp.). Ich dokładną lokalizację ustalono korelując czas rejestracji punktu GPS z czasem wykonania ujęcia zarejestrowanym na obrazie. Ze względu na niską rozdzielczość obrazów, duży udział obrazów o niskim kącie pionowym oraz brak punktów kontrolnych możliwych do ustalenia na mapach nie wykonano kalibracji i georeferencji obrazów.

Analiza obszaru na podstawie dostępnych źródeł geoinformacji

Właściwa interpretacja pozyskanych obrazów wymagała zgromadzenia zasobu geoinformacyjnego obejmującego mapy topograficzne, tematyczne oraz inne opracowania o charakterze przestrzennym dotyczące analizowanego obszaru. Zebrano następujące materiały:

- *Topographische Karte* 1:25 000: 2767 Krojanke, 2867 Schmilau (1941)



Ryc.2. Warunki meteorologiczne w dniu wykonania nalotu termalnego (29.11.2005.) oraz w dniach poprzedzających; żółty pas oznacza dzień nalotu (źródło: <http://weatheronline.co.uk>).

Fig. 2. Meteorological conditions in the day of thermovision flight (29.11.2005.) and previous days; yellow strip marks the day of flight (source: <http://weatheronline.co.uk>).

- Mapa topograficzna w skali 1:10 000 (PUWG-65): 403.113 Śmiłowo, 403.131 Kaczory, 403.111 Skórka, GUGiK Warszawa 1977.
- Mapa topograficzna w skali 1:50 000 (PUWG-92): N-33-106-D Piła Wschód, GUGiK Warszawa 2000.
- Mapa hydrogeologiczna w skali 1:50 000 (Stanisław Dąbrowski 2006).
- Mapa hydrograficzna Polski skala 1:50 000, arkusz N-33-106-D Piła Wsch., autor komentarza: Z. Ziętkowiak. GUGiK, Warszawa 2003.
- Mapa sozologiczna Polski skala 1:50 000, arkusz N-33-106-D Piła Wsch., autorzy komentarza: G. Karwacka, J. Kijowska, A. Kijowski, S. Żynda. GUGiK, Warszawa 2001.
- Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie skala 1:500 000. Kierownik zadania: Jarosław Kudłacik, Redaktor mapy: Stanisław Witczak. Ministerstwo Środowiska, Wrocław 2005.

Już krótki przegląd tych źródeł (dostępnych głównie w formie analogowej bądź jako obrazów rastrowych) wskazuje na ich niską aktualność, a także nieadekwatność skal (szczególnie w przypadku map tematycznych) do wykonywanego zadania. Pomimo tych zastrzeżeń wykorzystano ich treść do lokalizacji miejsc składowania (szczególnie mapy topograficzne 1:10 000), ale także do określenia możliwych oddziaływań odpadów na wody podziemne, powierzchniowe i inne komponenty środowiska przyrodniczego.

Wyniki

Podczas wykorzystania termowizji (lotniczej) w poszukiwaniu miejsc składowania odpadów zwierzęcych dostrzeżono szereg różnic w porównaniu z typowymi jej zastosowaniami. Podczas wykonywania zobrazowania, którego celem jest kontrola przebiegu rurociągów (także podziemnych) lub sieci energetycznych obserwowany jest liniowy element infrastruktury o najczęściej znanym przeznaczeniu i położeniu. Tymczasem poszukiwanie opisywanych w niniejszym artykule miejsc wymagało wzięcia pod uwagę szeregu dodatkowych czynników utrudniających jednoznaczność ich identyfikację:

- bieżące prace polowe,
- wylewanie gnojówki lub gnojowicy na pola (także rozsypywanie mączki kostnej),
- likwidacja oczek wodnych i wysp leśnych na obszarach pól uprawnych,
- systemy melioracyjne (także nieczynne).

Wszystkie z wyżej wymienionych manifestowały się w różnicach temperatur widocznych na zobrazowaniach termowizyjnych. W przypadku punktu trzeciego użytecznymi okazały się nieunacześnione mapy, na których możliwa była identyfikacja nieistniejących współcześnie fragmentów lasów i niektórych zagłębień bezodpływowych. Rozpoznanie obszarów intensywnie zmeliorowanych w czasach historycznych było możliwe dzięki wy-

korzystaniu niemieckich map topograficznych 1:25 000 z lat 40. XX stulecia.

Pomimo wszystkich powyższych zastrzeżeń zidentyfikowano 36 miejsc, w których spodziewano się odnaleźć szczątki zwierzęce. Szczególnie zwracało uwagę nieczynne składowisko odpadów o dużej aktywności termalnej. Z wymienionej liczby wybrano osiem miejsc do weryfikacji terenowej, biorąc pod uwagę następujące kryteria:

- wcześniejsze doniesienia o składowaniu odpadów w danej lokalizacji,
- jednoznaczność określenia lokalizacji,
- możliwość określenia lokalizacji w terenie (szczególnie w przypadku identyfikacji na podstawie zobrazowań termowizyjnych),
- inne prace polowe i ziemne prowadzone w sąsiedztwie wskazanej lokalizacji.

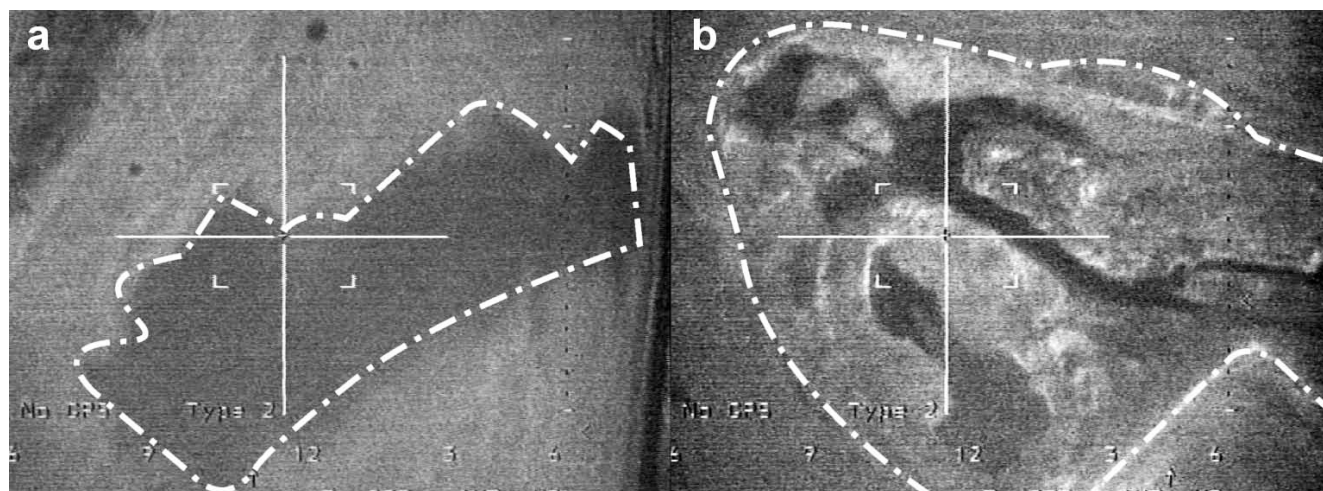
Podczas interpretacji obrazów zaobserwowano także szereg anomalii termicznych związanych z wpływem człowieka na środowisko. Na uwagę zwróciły szczególną uwagę rowy i kanały prowadzące podgrzane ścieki, bardzo wyraźne (jasne fototony) miejsca wylewania na pola gnojowicy, zlikwidowane oczka wodne i wyspy leśne.

Wyniki weryfikacji terenowej

Podczas wizji terenowej (około pół roku po wykonaniu zobrazowań) dokonano oględzin powierzchni terenu oraz wykonano odwierty do głębokości 2,5 m p.p.t. Na obszarze dwóch z ośmiu przeznaczonych do sprawdzenia miejsc odnaleziono szczątki zwierzęce w dużych ilościach.

Pierwsze z miejsc (ryc. 3a) to fragment pola uprawnego zlokalizowanego pomiędzy drogą a niewielkim ciekim i lasem. Szacuje się, że powierzchnia terenu, na której dokonywano depozycji odpadów wynosiła około 50 x 20 m. Strop warstwy odpadów napotkano tuż pod powierzchnią gruntu (ok. 15 cm), natomiast miąższość charakteryzowała się dużym zróżnicowaniem (od ok. 40 cm do ok. 240 cm). Czas zalegania materiału biologicznego w gruncie wynosił około 3-4 miesięcy.

Drugim miejscem (ryc. 3b), na terenie którego stwierdzono występowanie odpadów pochodzenia zwierzęcego, ale także przeterminowanych leków weterynaryjnych (należących do kategorii odpadów niebezpiecznych) oraz opakowań po nich było wspomniane już wcześniej nieczynne składowisko odpadów. Jego całkowita powierzchnia wynosi około 160 x 130 m, jednakże deponowania odpadów dokonywano na obszarze o wymiarach 10 x 2,5 m, ale także w jego otoczeniu (powierzchnia 4,3 x 19 m). Szczątki zalegały w wierzchniej warstwie gruntu (do ok. 30 cm p.p.t.) i charakteryzowały się dużą niejednorodnością. Zidentyfikowano zarówno kości i fragmenty tkanek, jak i duże fragmenty zwłok zwierząt hodowlanych (np. klatki piersiowe). Czas zalegania odpadów wynosił od kilku miesięcy do nawet 15 lat. Depozycja materiału biologicznego na powierzchni gruntu lub tuż pod nią jest prawdopodobną



Ryc. 3. Zobrazowanie termalne miejsc składowania odpadów zwierzęcych w gruncie: a – fragment pola, b – nieczynne składowisko odpadów.

Fig. 3. Thermal imagery of places of dumping of animal waste in the ground: a – fragment of field, b – inactive landfill.

przyczyną wysokiej aktywności składowiska czytelnej na obraz termowizyjnych.

W obu omówionych przypadkach zidentyfikowane odpady zwierzęce można podzielić na szczątki kostne, tkanki i sierść. Nie stwierdzono przypadków deponowania zwłok zwierząt w całości.

W pozostałych sześciu przypadkach w rdzeniach odwiertów nie stwierdzono występowania substancji organicznych. Przyczyny uzyskania negatywnych wyników mogą być następujące:

- wskazanie niewłaściwych miejsc wynikające z braku szczegółowych informacji o zmianach użytkowania terenu,
- brak możliwości precyzyjnej lokalizacji obserwowanych miejsc ze względu na kąt pionowy sensora,
- brak możliwości identyfikacji miejsca na ziemi z dostateczną dokładnością (także przy użyciu odbiorników GPS).

Wnioski

Doświadczenia zdobyte podczas wykonywania opisanego zadania są przyczynkiem do rozważań nad rzeczywistym wykorzystywaniem metod teledetekcyjnych – w omawianym przypadku termowizji lotniczej – w ochronie środowiska. Autorzy pragną zwrócić uwagę na następujące kwestie:

- termowizja lotnicza jest metodą o bardzo dużym potencjale w działaniach związanych z ochroną środowiska przyrodniczego, szczególnie w zadaniach wymagających szybkiej reakcji na pojawiające się zagrożenie,

- niezbędny jest dalszy rozwój badań nad takimi zastosowaniami oraz wdrażanie ich wyników do praktyki.,
- ograniczeniem w stosowaniu termowizji lotniczej (podobnie jak innych metod teledetekcyjnych) są koszty,

Zastosowany system *FLIR ULTRA 4000* (i jemu podobne) może być stosowany w identyfikacji zagrożeń środowiska, monitoringu zrzutów ścieków i podobnych zadaniach, jednak ze względu na swój charakter (ruchoma głowica kamery) pozyskane obrazy są trudne do precyzyjnego zlokalizowania na powierzchni ziemi, szczególnie w przypadku zjawisk termicznych niewidocznych z powierzchni (np. podziemne rurociągi). Skuteczność działania często jest uzależniona od dostępu do aktualnej geoinformacji o środowisku geograficznym (geologii, hydrogeologii, hydrografii, ukształtowaniu terenu, zmianach użytkowania terenu, zagrożeniach i formach ochrony) w odpowiednio dużej skali.

Literatura

- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1999, *Interpretacja zdjęć lotniczych*. PWN, Warszawa.
- Józków G., 2005, Potencjał kartograficzny lotniczych obrazów video. *Acta Scientiarum Polonorum Geodesia et Descriptio Terrarum*, 4(2), s. 79-90.
- Kozacki L., 1980, *Przeobrażenia środowiska geograficznego spowodowane głębokim górnictwem węgla brunatnego na obszarze Środkowego Poodrza*. Seria Geografia Nr 21. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Stockton G. R., 2004, *Advances in Applications and Methodology for Aerial Infrared Thermography*. SPIE Thermosense 2004. <http://www.stocktoninfrared.com/PUBLISHED/>.



mgr Wojciech Mania (ur. 1980). Przedstawiciel młodego pokolenia geografów; absolwent kształtowania środowiska przyrodniczego, a aktualnie doktorant w Zakładzie Geografii Kompleksowej. Jego zainteresowania naukowe zmieniały się, poczynając od geomorfologii, poprzez sozologię, kartografię, GIS, aż po ekologię miast. Obecnie prowadzi transdyscyplinarne badania nad fenomenem krajobrazu małych, wykorzystując do tego również zdjęcia lotnicze. Autor bloga Shrinking City Syndrom (www.wojman.blog.pl). e-mail: wojman@amu.edu.pl, telefon: 061 829 6249.



dr Andrzej Kijowski (ur. 1951). Absolwent Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, a obecnie starszy wykładowca w Zakładzie Geografii Kompleksowej. Jego zainteresowania naukowe od początku były związane z interpretacją i wykonywaniem zdjęć lotniczych. Posiada w swoich zasobach 14 000 negatywów zdjęć lotniczych z całej Polski, które mają wszechstronne zastosowania naukowe i praktyczne w różnych dziedzinach takich jak: planowanie przestrzenne, monitoring środowiska przyrodniczego czy archeologia. Członek The Aerial Archaeology Research Group oraz Komitetu Badań Kosmicznych PAN. Autor wielu ekspertyz z zakresu ochrony środowiska przyrodniczego. E-mail: kij@amu.edu.pl, telefon: 061 829 6251