

POSZUKIWANIE OSÓB ZAGINIONYCH W TERENACH OTWARTYCH

Przegląd stosowanych metod

Mirosława Jurecka i Tomasz Niedzielski



Poszukiwanie osób zaginionych w terenach otwartych

Przegląd stosowanych metod

Mirosława Jurecka i Tomasz Niedzielski

Searching for lost persons in the wilderness

Review of applied methods

Mirosława Jurecka and Tomasz Niedzielski

Poszukiwanie osób zaginionych w terenach otwartych

Przegląd stosowanych metod

Mirosława Jurecka i Tomasz Niedzielski

Redaktor serii
Zdzisław Jary

Redaktor techniczny
Kacper Jancewicz

Recenzenci tomu
dr hab. Maciej Trzciński, profesor Uniwersytetu Wrocławskiego
mgr Marek Lisowicz, szef Podkomisji Poszukiwania Osób Zaginionych GJ GPR

Skład komputerowy
Tomasz Niedzielski

Korekta
Waldemar Spallek

Projekt graficzny okładki
Mirosława Jurecka

Ilustracja na okładce
Bezzałogowy statek powietrzny, mapa tradycyjna, komputer i telefon jako narzędzia wspierające działania poszukiwawcze

Zalecane cytowanie
Jurecka Mirosława, Niedzielski Tomasz, 2020, Poszukiwanie osób zaginionych w terenach otwartych: przegląd stosowanych metod. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego 47, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.

Afiliacje autorów
Mirosława Jurecka, Tomasz Niedzielski
– SARUAV sp. z o.o., pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław
e-mail: mirosława.jurecka@saruav.pl, tomasz.niedzielski@saruav.pl
– Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, pl. Uniwersytecki 1
50-137 Wrocław, e-mail: tomasz.niedzielski@uwr.edu.pl

©Copyright 2020 by Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego

ISBN 978-83-62673-74-2

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Uniwersytet Wrocławski
Plac Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław



Druk i oprawa
Sowa sp. z o.o., www.sowadruk.pl, tel. 22 431 81 40

Spis treści

1	Wstęp	7
2	Poszukiwanie osób zaginionych – podstawowe pojęcia . . .	11
3	Procedury poszukiwania osób zaginionych w terenach otwartych na przykładzie Stanów Zjednoczonych	17
4	Poszukiwanie osób zaginionych w Polsce	22
4.1	Poszukiwanie osób zaginionych przez Policję	22
4.2	Poszukiwanie osób zaginionych przez Państwową Straż Pożarną i Ochotniczą Straż Pożarną	30
4.3	Poszukiwanie ludzi zaginionych przez Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe i Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe	35
4.4	Poszukiwanie ludzi na obszarach wodnych przez Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe	40
4.5	Fundacja Itaka i inne instytucje wspierające poszukiwanie osób zaginionych	42
4.6	Detektywi w poszukiwaniu osób zaginionych	44
4.7	Poszukiwanie zwłok ludzkich	45
5	Modele opisujące zachowania ludzi zaginionych	46
5.1	Cechy osób zaginionych używane w modelach ich zachowań	46
5.2	Modele bazujące na okręgach	49
5.3	Modele nawiązujące do podziału hydrograficznego	53
5.4	Modele mobilności	53
5.5	Modele bayesowskie	57
6	Poszukiwanie osób zaginionych wspierane narzędziami systemów informacji geograficznej	61
7	Poszukiwanie osób zaginionych wspierane pracą bezzałogowych statków powietrznych	69
7.1	Przykłady wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w ratownictwie	73
7.2	Przykłady dedykowanych systemów wspierających poszukiwanie osób zaginionych z użyciem dronów	75
7.3	Automatyczna detekcja osób na zobrazowaniach lotniczych	79

7.4	Integracja bezzałogowych statków powietrznych z istniejącymi procedurami	83
7.5	Praktyczne aspekty poszukiwania ludzi z udziałem bezzałogowych statków powietrznych	85
8	Podsumowanie	91
	Wykaz skrótów	93
	Literatura	95
	Dokumenty urzędowe	113
	Streszczenie	115
	Summary	116

1. Wstęp

Prawdopodobieństwo przeżycia osoby zaginionej maleje wraz z upływem czasu (Frost, 2000). Długość czasu przeżycia (*survival time*) zależy zarówno od warunków zewnętrznych, jak i cech indywidualnych osoby zaginionej (Tikuissis, 1995; Koester, 2008). Najważniejszymi czynnikami środowiskowymi wpływającymi na czas przeżycia są: temperatura powietrza (lub temperatura wody, jeśli osoba jest w niej zanurzona) oraz prędkość wiatru. Wśród cech personalnych osoby zaginionej najczęściej wyróżniane są: wiek, ogólny stan zdrowia, budowa ciała, ubiór i pozycja ciała, jaką osoba przyjmuje (Koester i Stooksbury, 1995; Tikuissis, 1995; Donaldson i in., 2001; Adams i in., 2007; Stevenson i in., 2013; Koester, 2008). Z tych powodów misje poszukiwawczo-ratownicze mają na celu zlokalizowanie osób zaginionych w najkrótszym możliwym czasie, by osoba poszukiwana została odnaleziona bez uszczerbku na zdrowiu. Adams i in. (2007) wskazują, że, jeśli osoba nie zostanie odnaleziona w ciągu 51 godzin od momentu zaginięcia, prawdopodobieństwo jej przeżycia znacząco maleje. Analogiczny okres dla osób cierpiących na chorobę Alzheimera może być o wiele krótszy i wynosić 24 godziny (Koester i Stooksbury, 1995).

Procedury terenowego poszukiwania osób są czasochłonne, wymagają zaangażowania dużej liczby ludzi oraz sprzętu, stanowią ryzyko dla osób poszukujących, a ich koszt jest wysoki (Cooper i in., 2003; Hung i Townes, 2007; Koester, 2008; Goodrich i in., 2008, 2009; Heggie i Amundson, 2009). Koszty te zależą od wielu czynników, wśród których należy wymienić m.in. geograficzne cechy obszaru i rodzaj incydentu. W skali wszystkich parków narodowych Stanów Zjednoczonych, których łączna powierzchnia nieznacznie przekracza 210 000 km², notowanych jest rocznie średnio 3000–4000 incydentów wymagających interwencji służb poszukiwawczo-ratowniczych. Roczne całkowite koszty poszukiwania i ratowania ludzi na niezagospodarowanych terenach parków narodowych Stanów Zjednoczonych są w przybliżeniu równe 5 mln dolarów amerykańskich. W tab. 1 zestawiono łączne statystyki dla wszystkich parków narodowych oraz podano dane dla wybranych grup i wybranych parków narodowych o różnym charakterze. Pozwoli to czytelnikowi na ocenę kosztów akcji w zależności od pola powierzchni obszaru i liczby incydentów.

Średni koszt akcji poszukiwawczo-ratunkowej i średni roczny koszt działań poszukiwawczo-ratowniczych przeliczony na 1 km² zależy m.in. od cech obszaru (tab. 1). Dla przykładu Hung i Townes (2007) wykazali, że średni koszt misji w Parku Narodowym Yosemite wynosił w latach 1990–1999 około 4400 USD. W 2005 roku wzrósł do 5317 USD (Heggie i Amundson, 2009).

Tab. 1. Koszty działań poszukiwawczo-ratowniczych we wszystkich parkach narodowych Stanów Zjednoczonych wraz ze statystykami dla wybranych parków narodowych.

Park narodowy	Pow. [km ²]	Średnia roczna liczba akcji	Średni roczny koszt całkowity [USD]	Średnie koszty roczne na 1 km ² [USD]	Średni koszt jednej akcji [USD]	Źródło [kod]
Wszystkie (2012)	211 000	4 080	5 300 000	25	1 375	SA16
Wszystkie* (2000–2012)	210 892*	4 104	4 772 863	23*	1 163	SA16
Wszystkie* (2003–2006)	210 892*	3 084	4 138 013	20*	1 339	HH09
Wszystkie* (1992–2007)	210 892*	4 090	3 660 760	17*	895	HA09
Parki narodowe Alaski** (2002)	66 182**	25	156 314	2**	6 253	H08
Parki narodowe Utah*** (2001–2005)	8 472***	238	1 363 920	161***	1 146	HH08
Yellowstone (2005)	8 983	52	280 757	31	5 339	HA09
Sequoia & Kings Canyon (2005)	3 504	79	476 159	135	6 027	HA09
Yosemite (1990–1999)	3 083	219	963 600	313	4 400	HT07
Yosemite (2005)	3 083	231	1 228 238	398	5 317	HA09
Great Smoky Mountains (2005)	2 114	63	132 943	63	2 110	HA09
Rocky Mountain (2005)	1 076	168	416 260	387	2 478	HA09
Mount Rainier (2005)	957	26	236 606	247	9 100	HA09
Zion (2005)	596	43	139 869	235	3 253	HA09

* Przyjęto powierzchnię wszystkich parków narodowych w latach 2006, 2007, 2012.

** Incydenty miały miejsce w czterech z ośmiu parków narodowych Alaski – powierzchnię i pozostałe statystyki podano dla tych czterech obszarów.

*** Uwzględniono sześć obszarów w stanie Utah, wśród których pięć to parki narodowe, a jeden to narodowy obszar rekreacji – powierzchnię i pozostałe statystyki podano dla tych sześciu obszarów. Kody źródeł: SA16 – Sava i in. (2016), HH09 – Heggie i Heggie (2009), HA09 – Heggie i Amundson (2009), H08 – Heggie (2008), HH08 – Heggie i Heggie (2008), HT07 – Hung i Townes (2007).

Wzrost średnich kosztów akcji widoczny jest również dla wszystkich parków narodowych. Potwierdza to zmiana średniego kosztu jednej akcji z 1163 USD w latach 2000–2012 na 1375 USD w 2012 roku (Sava i in., 2016). Należy zaznaczyć, że na koszty akcji składają się liczne elementy, takie jak m.in. koszty: personelu, operacji prowadzonych z użyciem pojazdów naziemnych, załogowych i bezzałogowych operacji lotniczych, operacji prowadzonych na wodzie, szkoleń personelu, materiałów, sprzętu, szkolenia i utrzymania psów ratowniczych.

W Polsce liczba osób zaginionych zgłoszonych w ciągu roku na policję od ponad dziesięciu lat wynosi około 15–20 tysięcy. W roku 2014 liczba ta wyniosła nawet 20 845 osób, natomiast w roku 2017 zaginionych zgłoszonych na policję było 19 563 osób¹. Statystyki policyjne dotyczące dzieci pokazują, że od roku 2012 (w tym roku rozszerzyła się definicja zaginięcia, co odzwierciedla się w większej liczbie osób zgłoszonych jako zaginione) w ciągu roku zgłaszanych jest jako zaginione około 7 tys. dzieci w wieku do lat 17. Wśród nich znaczącą liczbę stanowią nastolatki w wieku 14–17 lat, których dotyczy ok. 5–6 tys. zgłoszeń rocznie². Obserwowany jest również wzrost liczby zaginięć dwudziestoparolatków, którzy nie radzą sobie z kryzysem na rynku pracy (Momot, 2017). W 2015 roku funkcjonariusze Centrum Poszukiwań Osób Zaginionych (CPOZ) Komendy Głównej Policji (KGP) podali, że rocznie w Polsce odnotowywanych jest około 6 tys. zgłoszeń zaginięcia osób, które nagle opuściły ostatnie miejsce pobytu, a okoliczności ich zaginięcia uzasadniają podejrzenie, że ich życie, zdrowie lub wolność mogą być zagrożone (dobowo od 4 do 27 zgłoszeń). Spośród tych zgłoszeń do poszukiwań prowadzonych w terenie otwartym kwalifikuje się zazwyczaj jedna sprawa dziennie (Raport Itaka, 2015).

Od wielu lat poszukiwania osób zaginionych w terenach otwartych wspierane są przez śmigłowce, co ma miejsce zarówno w kraju (Wentkowska, 2016), jak i za granicą (Grissom i in., 2006). Rozwój i upowszechnienie bezzałogowych statków powietrznych (*unmanned aerial vehicles* – UAV), nazywanych nieformalnie dronami, otworzył nowe możliwości polegające na zastąpieniu niektórych działań poszukiwawczych z wykorzystaniem śmigłowców (Graham-Rowe, 2010). Poszukiwania z użyciem UAV stanowią uzupełnienie standardowych procedur ze względu na stosunkowo niski koszt tych urządzeń, a także niewielkie ryzyko zagrożenia życia lub zdrowia członków ekip poszukiwawczych (Doherty i Rudol, 2007; Goodrich i in., 2008; Rudol i Doherty, 2008; Adams i in., 2009; Habib i Baudoin, 2010; Bernard i in., 2011; Molina i in., 2012; Gaynor i Coore, 2014; Agcayazi i in., 2016; Sun i in., 2016; Claesson i in., 2017; Silvagni i in., 2017; Van Tilburg, 2017). Bezzałogowe statki powietrzne są w stanie w krótkim czasie i z dużą dokładnością monitorować duże obszary, dzięki czemu ich znaczenie dla wspierania procedur poszukiwania osób zaginionych stale wzrasta. Ponadto istnieją metody komputerowej analizy obrazowań lotniczych umożliwiające automatyczne wykrywanie osób zaginionych, co również daje możliwość skrócenia czasu poszukiwań bez konieczności angażowania dodatkowych zasobów ludzkich.

¹www.statystyka.policja.pl/st/wybrane-statystyki/zaginieni/50885,Zaginieni.html, data dostępu: 24.09.2019.

²*Ibidem.*

Celem monografii jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy z zakresu metod poszukiwania osób zaginionych, ze szczególnym uwzględnieniem geograficznego aspektu podejmowanej problematyki. Nauki geograficzne, a przede wszystkim szeroko pojęta geoinformacja czy geoinformatyka, oferują bowiem nowe metody obserwacji terenu i geoprzetwarzania, które są z powodzeniem stosowane do wspierania procesu poszukiwania osób zaginionych. Przykładami takich metod są: wzbogacanie procedur poszukiwawczych poprzez zastosowanie systemów informacji geograficznej (*geographic information system* – GIS), pozyskiwanie danych przestrzennych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, czy też analiza obrazów cyfrowych.

W rozdziale 2 wprowadzono podstawowe pojęcia z zakresu poszukiwania osób zaginionych z uwzględnieniem matematycznych podstaw formalnej teorii poszukiwań. Rozdział 3 przedstawia procedury poszukiwawcze stosowane w terenach nieurbanizowanych na przykładzie Stanów Zjednoczonych Ameryki. W rozdziale 4 omówiono uwarunkowania formalne poszukiwania osób zaginionych w Polsce. W rozdziale 5 przedstawiono modele zachowań ludzi w przestrzeni geograficznej, wykorzystywane w poszukiwaniu osób zaginionych. W rozdziale 6 omówiono systemy wspierające poszukiwania osób zaginionych, w których stosuje się narzędzia systemów informacji geograficznej. Rozdział 7 przedstawia możliwości wsparcia poszukiwań dzięki obserwacjom terenu prowadzonym kamerami zainstalowanymi na bezzałogowych statkach powietrznych. Zawiera też przegląd najważniejszych algorytmów do automatycznej detekcji osób na zdjęciach lotniczych, a także metody przetwarzania obrazu przydatne w poszukiwaniu osób zaginionych. Podsumowanie zamieszczone jest w rozdziale 8.

2. Poszukiwanie osób zaginionych – podstawowe pojęcia

Procedury poszukiwania i ratowania osób zaginionych (*search and rescue* – SAR) składają się z trzech zależnych od siebie, ale odrębnych aktywności: poszukiwania, ratowania i regeneracji (*search, rescue, recovery*). Są one głównymi komponentami systemu reagowania w nagłych wypadkach (Cova, 1999; Pfau, 2013). System reagowania na katastrofy prezentowany jest szeroko w literaturze (Cova, 1999; Cutter, 2003; Rose, 2015) w postaci cyklu (*emergency response cycle*) składającego się z trzech elementów: *event* – zdarzenie, *response* – reakcja (w skład której wchodzi takie elementy jak: *rescue* – ratunek, *relief* – pomoc, ulga w cierpieniu, *recovery* – poprawa, regeneracja) oraz *mitigation* – łagodzenie (składające się z dwóch elementów: *reconstruction* – odtworzenie wydarzeń oraz *preparedness* – dalsza gotowość).

W sytuacji zaginięcia osoby ekipy poszukiwawczo-ratownicze uczestniczą we wszystkich etapach tego cyklu (Rose, 2015). Polega to zarówno na zlokalizowaniu osoby, dotarciu do niej, ustabilizowaniu jej stanu zdrowia, jak również jej odtransportowaniu w bezpieczne miejsce (*rescue* oraz *relief*). Przykłada się przy tym szczególną uwagę do działań realizowanych po zakończeniu akcji (*preparedness*), takich jak odtwarzanie i analiza oraz próba zapobiegnięcia podobnym zdarzeniom w przyszłości. Działania te realizowane są na przykład poprzez poprawę oznakowania danego terenu, czy też reorganizację ścieżek w problematycznych obszarach. Wchodzi one w zakres działań prewencyjnych (*preventive search and rescue* – PSAR) (Koester, 2008; Doherty, 2013).

W ogólnym ujęciu proces poszukiwania osób zaginionych jest zazwyczaj dwutorowy i składa się z czynności strategicznych oraz taktycznych. Aspekt strategiczny polega na planowaniu misji poszukiwawczej, koordynacji przedsięwzięcia (zawiera również koordynację działań robotów), organizacji sieci komunikacyjnych oraz wsparcia logistycznego. Część taktyczna, prowadzona często niezależnie od działań strategicznych, obejmuje sposób, w jaki zespoły faktycznie operują w terenie (Murphy i in., 2008a; Macwan i in., 2014; Shin i in., 2019).

Formalną, matematyczną teorią poszukiwań zajmowano się w Stanach Zjednoczonych już w czasach II wojny światowej, podczas której głównym obiektem zainteresowania było poszukiwanie łodzi podwodnych przeciwnika (Frost, 1999a). Autorem podstaw tej teorii był B.O. Koopman, członek *Navy's Operations Evaluation Group* (Koopman, 1979, 1980). W drugiej połowie XX wieku dostrzeżono możliwość zastosowania teorii poszukiwań w działaniach cywilnych i szybko znalazła ona akceptację w agencjach zaj-

mujących się poszukiwaniem na morzu (Frost i Stone, 2001). Zauważono też, że teoria ta może znacząco poprawiać efektywność poszukiwań na lądzie (Cooper i in., 2003; Hansen i in., 2007). Najważniejszymi pojęciami w teorii poszukiwań są: szerokość przeczesywania (*sweep width*), wysiłek (*effort*), wysiłek poszukiwań (*search effort*), pokrycie (*coverage*), prawdopodobieństwo detekcji (*probability of detection* – POD), prawdopodobieństwo zawierania (*probability of containment* – POC, określane również w języku angielskim jako *probability of area* – POA), prawdopodobieństwo sukcesu (*probability of success* – POS) oraz rozkład prawdopodobieństwa (*probability density distribution* – PDD) i funkcja gęstości prawdopodobieństwa tego rozkładu (*probability density function* – PDF).

Szerokość przeczesywania (zwana również efektywną szerokością przeczesywania – *effective sweep width*) charakteryzuje średnią zdolność (potencjał) danego czujnika do wykrycia poszukiwanego obiektu w określonych warunkach środowiskowych. Dowolna kombinacja czynników – takich jak sensor, obiekt poszukiwań czy warunki środowiskowe – odpowiada konkretnej szerokości przeczesywania. Szerokość ta jest miarą służącą do oceny wykrywalności obiektu w danym scenariuszu poszukiwań. Może być określona na podstawie analizy danych pochodzących z poprawnie zaprojektowanego i przeprowadzonego eksperymentu terenowego (Koester i in., 2004). Razem z ilością wysiłku włożonego w poszukiwania na danym obszarze oraz informacją o rozmiarze tego obszaru, szerokość przeczesywania jest wykorzystywana do obiektywnego szacowania prawdopodobieństwa detekcji (Frost, 1999a; Cooper i in., 2003; Koester i in., 2004). Z szerokością przeczesywania związana jest również prędkość efektywnego przeczesywania (*effective sweep rate* lub *effective search rate*), zdefiniowana jako iloczyn szerokości przeczesywania oraz prędkości przeszukiwania odpowiadającej danej szerokości przeczesywania (*sweep speed* lub *search speed*). Prędkość efektywnego przeczesywania mierzona jest w jednostkach powierzchni przypadających na daną jednostkę czasu i zależy od niej (oraz od gęstości prawdopodobieństwa) optymalna alokacja wysiłku (Frost, 2000).

Wysiłek jest miarą wykorzystania zasobów do przeszukania danego sektora poszukiwań, czyli ograniczonego obszaru geograficznego, który dana ekipa lub sensor miały za zadanie przeszukać (Cooper i in., 2003). Jest on miarą odległości przebytej przez poszukiwaczy podczas przeczesywania konkretnego terenu lub może być też zdefiniowany jako czas spędzony przez sensor na obszarze pomnożony przez średnią prędkość jego poruszania się. Jeśli na danym obszarze wykorzystywanych jest więcej niż jeden sensor, wysiłek jest odpowiednio zwielokrotniony (Frost, 1999b; Cooper i in., 2003).

Wysiłek poszukiwań, zwany również powierzchnią efektywnie przeczesaną (*area effectively swept*), to miara efektywności poszukiwań przeprowadzonych przez sensor, który porusza się na danym obszarze poszukiwań. Wyrażony jest iloczynem szerokości przeczesywania sensora i odległości, jaką przemierzył na danym obszarze (Frost, 1999b; Cooper i in., 2003).

Pokrycie, zwane też pokryciem efektywnym (*effective coverage*), jest względną miarą dokładności, z jaką przeszukany został dany obszar (Cooper i in., 2003). Zdefiniowane jest jako stosunek powierzchni efektywnie przeczesanej do rzeczywistego rozmiaru przeszukanego obszaru (Frost, 1999b). Pokrycie wiąże się proporcjonalnie z poziomem wysiłku, jaki został włożony w poszukiwanie, więc aby podwoić pokrycie należy podwoić wysiłki. Zachodzi również związek pomiędzy pokryciem a prawdopodobieństwem detekcji – im wyższe jest pokrycie, tym wyższe będzie prawdopodobieństwo detekcji, jednak zależność ta nie jest liniowa. Pokrycie o wartości 1 oznacza, że obszar został przeszukany z najwyższą dokładnością, co nie gwarantuje jednak, że każdy kawałek przestrzeni został przeskanowany, ani też, że prawdopodobieństwo detekcji jest równe lub bliskie 100% (Cooper i in., 2003).

Prawdopodobieństwo detekcji zdefiniowane jest jako prawdopodobieństwo warunkowe, że obiekt poszukiwań zostanie odnaleziony podczas pojedynczego epizodu poszukiwań, pod warunkiem, że jest on obecny na przeszukiwanym obszarze (Cooper i in., 2003). Innymi słowy jest to szansa na lokalizację obiektu poszukiwań na konkretnym obszarze podczas konkretnego poszukiwania, uwzględniająca wszelkie możliwe ograniczenia detekcji (Koester i in., 2004; Phillips i in., 2014).

Skumulowane prawdopodobieństwo detekcji (*cumulative probability of detection* – PODCum) to łączne prawdopodobieństwo detekcji obiektu poszukiwań na danym obszarze, w którym przeprowadzono serię kolejnych epizodów poszukiwawczych, pod warunkiem, że obiekt ten znajduje się na przeszukiwanym obszarze. Prawdopodobieństwo detekcji, podobnie jak pokrycie, jest miarą określającą, jak dokładnie dany teren został przeszukany (Cooper i in., 2003).

Prawdopodobieństwo zawierania jest wielkością określającą, jakie są szanse, że geograficznie ograniczony obszar zawiera obiekt poszukiwań. Nie jest to wielkość, jaką można wyznaczyć na podstawie eksperymentu, natomiast istotną rolę w jej szacowaniu pełni obiektywna analiza historycznych danych dotyczących zachowania osób zaginionych. W poszukiwaniach prowadzonych na lądzie wielkość tę wyznacza się subiektywnie na podstawie doświadczenia osób planujących poszukiwania, wiedzy o lokalnych warunkach terenowych, roślinności i pogodzie, a także na bazie zachowań osób o podobnym statusie i kondycji fizycznej (Frost, 2000; Cooper i in., 2003).

Gęstość prawdopodobieństwa jest zdefiniowana jako iloczyn prawdopodobieństwa zawierania oraz powierzchni obszaru poszukiwań. Jeśli funkcja rozkładu gęstości prawdopodobieństwa jest znana, prawdopodobieństwo zawierania może zostać określone poprzez pomnożenie średniej gęstości prawdopodobieństwa na tym obszarze przez powierzchnię obszaru. I odwrotnie, jeśli prawdopodobieństwo zawierania jest znane, średnią gęstość prawdopodobieństwa można obliczyć dzieląc prawdopodobieństwo zawierania przez powierzchnię obszaru (Cooper i in., 2003).

Prawdopodobieństwo sukcesu, będące miarą efektywności poszukiwań, to prawdopodobieństwo, że wydatkowanie określonego poziomu wysiłków na danym obszarze doprowadzi do pomyślnego zlokalizowania obiektu poszukiwań (Frost, 2000). Prawdopodobieństwo znalezienia obiektu jest iloczynem prawdopodobieństwa, że obiekt był obecny na przeszukiwanym obszarze w trakcie poszukiwań (prawdopodobieństwa zawierania), oraz prawdopodobieństwa, że gdyby tam był, to zostałby znaleziony (prawdopodobieństwa detekcji). Techniki optymalnego planowania poszukiwań dążą do maksymalizacji prawdopodobieństwa sukcesu, a podstawowym celem planowania poszukiwań jest wskazanie nie tylko obszaru, gdzie szukać, ale też gdzie skierować dostępne zasoby w najbardziej efektywny sposób (Shin i in., 2019). Kluczowym czynnikiem w podejmowaniu decyzji o tym, ile zasobów umieścić na każdym fragmencie obszaru poszukiwań jest określenie, w jaki sposób rozkłada się na tym obszarze gęstość prawdopodobieństwa (Frost, 2000; Cooper i in., 2003).

Rozkład gęstości prawdopodobieństwa jest zazwyczaj prezentowany w postaci mapy prawdopodobieństwa (*probability map*) składającej się z regularnej sieci komórek. Każdej komórce przypisana jest wartość POA. Ponieważ wszystkie komórki są równej wielkości, wartość POA w każdej z nich zależy od rozkładu prawdopodobieństwa. Taki sposób prezentacji ma dwie zalety – prezentuje wartość prawdopodobieństwa w każdej komórce oraz obrazuje obszary o najwyższej gęstości prawdopodobieństwa (Frost, 2000; Cooper i in., 2003).

Podczas poszukiwania osoby zaginionej informacje uzyskiwane są z różnych źródeł i często nie są ze sobą spójne. Takie dane często tworzą szereg zestawów, z których każdy opowiada inną historię o tym, co mogło się zdarzyć i gdzie może się znajdować zaginiona osoba. Te historie nazywane są scenariuszami (*scenarios*), a dokładna analiza każdego ze scenariuszy jest niezbędna do szacowania prawdopodobnej lokalizacji osoby zaginionej zgodnej z tym scenariuszem. Szacunki te są później prezentowane na mapach prawdopodobieństwa, tworząc rozkład gęstości prawdopodobieństwa danego scenariusza. Scenariusze następnie, w sposób subiektywny, są wa-

żone w oparciu o doświadczenie osoby planującej poszukiwania, która ocenia ich dokładność, ważność, niezawodność, itp. Mapy prawdopodobieństwa wygenerowane dla różnych scenariuszy są ze sobą zwykle łączone poprzez obliczenie dla każdej komórki na obszarze (wystarczająco dużej, aby uwzględnić wszystkie scenariusze) średniej ważonej wielkości prawdopodobieństwa komórki z każdego scenariusza, z zastosowaniem wag określonych wcześniej przez osobę planującą poszukiwania (Frost, 2000; Cooper i in., 2003). Formalna teoria poszukiwań nie instruuje precyzyjnie, w jaki sposób należy zamienić niespójne przesłanki i dane z różnych źródeł w liczby i mapę prawdopodobieństwa. Tworzenie scenariuszy i ich analiza to bardzo złożone zadania, wymagające koncentracji i dyscypliny. Specjalny zespół lub konkretna osoba powinny zostać przydzielone do realizacji tych działań, najlepiej w oderwaniu od innych aktywności poszukiwawczych (Frost, 2000; Cooper i in., 2003).

Głównym celem stosowanej teorii poszukiwań jest taka alokacja dostępnych zasobów, która w warunkach panujących w określonym czasie i miejscu zapewni najwyższe prawdopodobieństwo pomyślnej lokalizacji poszukiwanego obiektu w jak najkrótszym czasie (Koopman, 1979; Frost, 2000; Frost i Stone, 2001; Shin i in., 2019). Maksymalizacja prawdopodobieństwa sukcesu POS daje możliwość ocalenia większej liczby ludzi poprzez szybsze odnalezienie oraz dostarczenie pomocy osobom potrzebującym. Redukuje to też koszty poszukiwań i ryzyko, na które narażony jest personel poszukiwawczy w trakcie akcji (Cooper i in., 2003; Koester i in., 2004; Doherty, 2013). Celem poszukiwania ludzi jest odnalezienie osoby zaginionej tak szybko, jak to tylko możliwe, co jest w zgodne z pojęciami skuteczności (*effectiveness*) i wydajności (*efficiency*) poszukiwań oraz optymalnej alokacji wysiłku (*optimal effort allocation*), wywodzącymi się z formalnej teorii poszukiwań (Frost, 1999a; Cooper i in., 2003). Sposobem na uniknięcie błędnych decyzji dotyczących alokacji wysiłku – kiedy zasoby poszukiwawcze są marnowane i odnalezienie osoby opóźnione jest w czasie – jest opracowanie obiektywnych metod podejmowania decyzji. Teoria poszukiwań zapewnia narzędzia umożliwiające wypracowanie takich metod (Cooper i in., 2003; Koester i in., 2004; Hansen i in., 2007; Doherty, 2013).

W ramach działań poszukiwawczo-ratowniczych wyróżnia się kilka specjalności (Murphy i in., 2008a):

- poszukiwania prowadzone w terenach zurbanizowanych (*urban search and rescue* – US&R lub USAR), realizowane najczęściej w reakcji na zawalenie się budynków, w których przebywali ludzie (w wyniku powodzi, huraganów, trzęsień Ziemi, czy też ataków terrorystycznych),

- poszukiwania prowadzone w terenach nieurbanizowanych (*wilderness search and rescue* – WiSAR), dotyczące osób przebywających na odludnych terenach otwartych (np. zaginieni turyści górscy, ofiary lawin, zaginione osoby chore, zaginione dzieci),
- poszukiwania na wodzie (*water-based search and rescue*), dotyczące osób porwanych przez prądy morskie, ofiar powodzi, osób uwięzionych w samochodach, które wpadły do rzeki lub zbiornika wodnego.

Poszukiwanie osób zaginionych składa się z czterech następujących po sobie etapów (Pfau, 2013):

- zgłoszenie (*initial trigger*), w którym odpowiednie służby zostają poinformowane o zaginięciu osoby,
- wywiad środowiskowy (*information gathering*) będący fazą gromadzenia podstawowych informacji na temat osoby zaginionej, np. jaką aktywność planowała wykonywać, dokąd zmierzała, gdzie pozostawiła samochód, jakie na obszarze jej prawdopodobnego zaginięcia panują warunki pogodowe (etap ten kończy się często decyzją o podjęciu lub niepodjęciu poszukiwań oraz trybie ich prowadzenia),
- podjęcie poszukiwań (*conduct a search*) – gdy zapadnie decyzja o prowadzeniu poszukiwań, ekipy poszukiwawcze kontynuują gromadzenie szczegółowych informacji, które są użyte do planowania poszukiwań oraz ich realizacji aż do momentu odnalezienia osoby zaginionej lub decyzji o zaprzestaniu dalszych poszukiwań (na tym etapie zastosowanie ma formalna teoria poszukiwań oraz wiedza na temat zachowań osób zaginionych),
- zakończenie (*completion*) – po zakończeniu poszukiwań następuje wprowadzenie wszystkich informacji o akcji do bazy danych oraz analiza tych danych w celu usprawnienia przyszłych misji poszukiwawczych.

3. Procedury poszukiwania osób zaginionych w terenach otwartych na przykładzie Stanów Zjednoczonych

Organizacja poszukiwań osób zaginionych w Stanach Zjednoczonych jest dobrze udokumentowana w literaturze naukowej. W praktyce po zgłoszeniu zaginięcia osoby w terenie nieurbanizowanym poszukiwania rozpoczynają się zazwyczaj od tzw. działań inicjalnych (*initial actions*), w skład których wchodzi wymienione i opisane niżej elementy (Phillips i in., 2014).

- Dochodzenie (*investigation*) to etap, na którym członkowie ekipy poszukiwawczej gromadzą informacje zarówno o osobie zaginionej, jak również dotyczące osoby zgłaszającej zaginięcie. W zakresie zainteresowania są wszystkie szczegóły na temat zdarzenia, takie jak PLS (*point last seen*), czyli miejsce, gdzie po raz ostatni była widziana zaginiona osoba, potwierdzone przez naocznego świadka, lub LKP (*last known point*), czyli miejsce wynikające z pozostawionego znaku obecności poszukiwanej osoby (np. samochód tej osoby pozostawiony na parkingu lub podpis w schronisku, świadczący o obecności w tym miejscu osoby zaginionej). Informacje o zamierzeniach i planach osoby zaginionej gromadzone są również na tym etapie.
- Powstrzymywanie (*containment*) to uszczelnienie obszaru poszukiwań w celu zapobiegnięcia sytuacji, w której osoba zaginiona opuści wyznaczony obszar poszukiwań. Na tym etapie uwzględnione są przykładowo takie działania, jak rozmieszczenie członków ekip poszukiwawczych w strategicznych lokalizacjach (np. drogi, kluczowe skrzyżowania szlaków lub ścieżek). Ponadto analiza rozmów przychodzących i wychodzących lub logowań telefonu komórkowego osoby zaginionej czy też badanie rejestru ostatnich zakupów opłaconych kartą płatniczą lub kredytową mogą wskazywać, czy osoba ta opuściła obszar poszukiwań lub mogą umożliwić jej lokalizację.
- Pospieszne przeszukiwanie (*hasty search*), czyli szybkie zorganizowanie poszukiwań w terenie. Aby zrealizować ten etap poszukiwań, wyznacza się (tak szybko, jak to tylko możliwe – stąd termin *hasty*) grupy poszukiwawcze lub zespoły terenowe, które będą realizować poszukiwania osoby zaginionej w terenie. Grupy te mogą realizować poszukiwania pieszo lub z użyciem innych form transportu, takich jak na przykład jazda konna, samochód terenowy, skuter śnieżny, czy też helikopter.

Równolegle podczas trwania działań inicjalnych realizuje się też dwa inne zadania (Phillips i in., 2014).

- Ustanowienie systemu dowodzenia incydem (*establishing the incident command system* – ICS) jest etapem, w którym osobom z kwalifikowanego personelu poszukiwawczego przydzielane są role, określające zakres ich zadań i odpowiedzialności. Dowódca incydentu (*incident commander* – IC) bierze odpowiedzialność za wszystkie działania związane z reagowaniem. Jeśli jest to konieczne, każdej ze standardowych funkcji menedżerskich odpowiedzialnych za operacje planowania, logistykę, administrację lub finanse może być przypisany kierownik sekcji. Stacja dowodzenia incydem (*incident command post* – ICP) to lokalizacja, z której koordynowane są wszystkie operacje. Okresy operacyjne (*operational periods*), trwające zazwyczaj 12 lub 24 godziny, są używane w celu nadania struktury poszczególnym aktywnościom w czasie. Działania inicjalne często wchodzi w skład pierwszego okresu operacyjnego.
- Definiowanie obszaru poszukiwań (*defining the search area*) realizowane jest z zastrzeżeniem, że osoba poszukiwana może również przebywać poza jego granicami. Na tym etapie wykorzystywany jest początkowy punkt planowania (*initial planning point* – IPP), który w zależności od dostępnej informacji odpowiada punktowi PLS lub LKP i stanowi często centrum prowadzonych działań. W celu wyznaczenia obszaru poszukiwań można się posłużyć czterema metodami, które często wykorzystywane są jedna po drugiej: teoretyczna, statystyczna, metoda oparta na czynnikach subiektywnych oraz wnioskowanie dedukcyjne. **Metoda teoretyczna** pozwala wyznaczyć obszar poszukiwań wokół punktu IPP na podstawie czasu, jaki upłynął od zaginięcia osoby, a także poziomu jej mobilności. **Metoda statystyczna** pozwala na wyznaczenie obszaru poszukiwań w oparciu o dane statystyczne pochodzące z poprzednich incydentów prowadzonych w podobnym terenie. **Metoda oparta na czynnikach subiektywnych** uwzględnia uwarunkowania specyficzne dla konkretnego incydentu poszukiwawczego i terenu, w którym incydent ten ma miejsce. Czynniki te mogą uwzględniać warunki terenowe i środowiskowe, historię poprzednich poszukiwań prowadzonych w danym terenie, przeczuć członków ekipy poszukiwawczej oraz fizyczne lub psychiczne ograniczenia osoby zaginionej. **Metoda wnioskowania dedukcyjnego** polega na systematycznym analizowaniu okoliczności typowych dla konkretnej osoby, która jest poszukiwana (np. osoba ta może być

znana z wędrówek poza szlakami lub też znane jest miejsce, do którego osoba ta podążała, zatem podczas wyznaczania obszaru poszukiwań należy uwzględnić tę wiedzę). Po wyznaczeniu obszaru poszukiwań jest on następnie dzielony na segmenty możliwe do przeszukania w terenie przez określone grupy poszukiwawcze.

Działania inicjalne często wystarczają, aby osoba zaginiona została odnaleziona (Phillips i in., 2014; Rose, 2015), jednak w wyjątkowych sytuacjach dodatkowe zasoby i personel muszą zostać zorganizowane w celu kontynuowania akcji. Gdy poszukiwania trwają dłużej niż pierwszy okres operacyjny, osoby odpowiedzialne za planowanie akcji poszukiwawczej mogą korzystać z formalnej teorii poszukiwań jako podstawy do dalszej alokacji zasobów (Koester, 2008). W tym celu wykorzystuje się trzy główne komponenty tej teorii (Koopman, 1979, 1980; Meloche, 1995; Doherty, 2013; Doherty i in., 2014a): prawdopodobieństwo sukcesu POS, prawdopodobieństwo zawierania POA oraz prawdopodobieństwo detekcji POD. Wartości prawdopodobieństwa zawierania (czyli prawdopodobieństwa, że obiekt poszukiwany znajduje się na danym obszarze) mogą być przypisywane poszczególnym segmentom poszukiwawczym subiektywnie, w wyniku tzw. konsensusu Mattsona (*Mattson consensus*). Konsensus Mattsona to matematyczne podejście do agregowania zbiorczych opinii, w którym kilku doświadczonych specjalistów z dziedziny poszukiwania osób zaginionych, znających okoliczności danego incydentu, przypisuje wartości POA każdemu z segmentów obszaru poszukiwań niezależnie. Wszystkie te wartości są następnie uśredniane, a segmenty z najwyższym średnim POA traktowane są priorytetowo w procesie przydziału zasobów terenowych (Mattson, 1980; Goodrich i in., 2007; Koester, 2008).

Dodatkowym wsparciem w procesie alokacji zasobów są wyniki badań nad zachowaniami osób zaginionych. Dane statystyczne z przeszłych incydentów poszukiwawczych używane są do określenia typowych zachowań osób należących do konkretnych grup użytkowników przestrzeni, takich jak na przykład turyści górscy, osoby uprawiające wspinaczkę, czy też myśliwi (Goodrich i in., 2007; Koester, 2008). Na tej podstawie mogą być podejmowane konkretne decyzje poszukiwawcze (np. przypisanie wartości POA do segmentu).

Kiedy segmenty poszukiwawcze są wyznaczone i przypisano im wartości POA, ekipy poszukiwawcze wysyłane są w teren. Po ich powrocie, gdy osoba zaginiona nie została zlokalizowana, członkowie ekip dokonują oceny, jak dobrze teren został przez nich przeszukany (pokrycie). Ocena ta może być mało precyzyjna ze względu na jej subiektywny charakter, jednak po-

jęcie pokrycia, wywodzące się z formalnej teorii poszukiwań, pozwala na jej obiektywizację. W praktyce nie istnieje możliwość przeszukania terenu ze 100% skutecznością, gdyż możliwość detekcji osoby zaginionej zależy od wielu czynników, takich jak np. kompetencje osoby poszukującej, prędkość jej poruszania się, odległość pomiędzy osobami przeczesującymi teren, roślinność, topografia terenu, oświetlenie. Mając na uwadze powyższe ograniczenia, osoby, które uczestniczyły w poszukiwaniach terenowych, mogą swoją ocenę stopnia przeszukania terenu dokonać w określonym przedziale ufności, odpowiadającym innemu pojęciu pochodzącemu z formalnej teorii poszukiwań – prawdopodobieństwu detekcji POD. Gdy segment został przeszukany i przypisano mu wartość POD, obliczana jest dla tego segmentu nowa wartość POA. Po upływie czasu wartości POA przeszukanych segmentów będą malały, natomiast wartości nieprzeszukanych segmentów będą rosły. Po kilku okresach operacyjnych i wielokrotnym relokowaniu ekip poszukiwawczych w kolejne segmenty, sytuacja staje się coraz bardziej klarowna, co umożliwia podjęcie kolejnych decyzji o alokacji zasobów w dalszych okresach operacyjnych (Phillips i in., 2014).



Ryc. 1. Działania w warunkach nocnych prowadzone przez ratowników Grupy Jurajskiej GOPR. Fot. Przemysław Banaś.

Poszukiwanie kończy się w momencie odnalezienia osoby zaginionej w konkretnej lokalizacji (*found location*) niezależnie od tego, czy osoba jest chora, czy też zdrowa, żywa, czy też nie. W sytuacji gdy osoba przez dłuższy czas nie zostaje odnaleziona, mogą zostać podjęte decyzje o ograniczeniu lub zaprzestaniu dalszej akcji poszukiwawczej, ze względu na zbyt duże ryzyko dla personelu poszukiwawczego lub wyczerpanie dostępnych zasobów (Goodrich i in., 2007; Rose, 2015). Działania poszukiwawcze często są prowadzone w nocy, w trudnym terenie, a zatem w warunkach niebezpiecznych dla ratowników (ryc. 1).

4. Poszukiwanie osób zaginionych w Polsce

Za poszukiwanie osób zaginionych w Polsce odpowiada Policja, która w sytuacjach zaginięć może się zwrócić z prośbą o pomoc do innych instytucji, takich jak np. Państwowa Straż Pożarna (PSP), Ochotnicza Straż Pożarna (OSP), Straż Graniczna (SG), straże miejskie, straże gminne, Wojsko Polskie (WP), Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (WOPR), Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (GOPR), Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (TOPR) oraz cywilne grupy poszukiwawczo-ratownicze. Wspólne działania odbywają się na podstawie porozumień oraz wytycznych zawartych między Policją a powyższymi podmiotami (Wentkowska, 2016).

4.1. Poszukiwanie osób zaginionych przez Policję

Policja, jako służba wiodąca podczas realizacji poszukiwań osób zaginionych, dowodzi i koordynuje pracę wszystkich instytucji. Jest odpowiedzialna za przebieg i rezultaty akcji.

Pojęcie **zaginięcia osoby** zdefiniowane jest w § 2 ust. 1 pkt 1 Zarządzenia nr 48 Komendanta Głównego Policji z dnia 19 lipca 2018 roku w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanych zwłok oraz szczątków ludzkich (dalej nazywane Zarządzeniem nr 48) opublikowanego w Dzienniku Urzędowym Komendy Głównej Policji (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018). Zaginięcie osoby zdefiniowane jest tam jako zaistnienie zdarzenia, które uniemożliwia ustalenie miejsca pobytu osoby fizycznej i wymaga jej odnalezienia lub udzielenia pomocy w celu zapewnienia ochrony życia, zdrowia lub wolności tej osoby. W treści Zarządzenia nr 48 określono również szczegółowo metody i formy zadań wykonywanych przez Policję w sytuacji poszukiwania osób zaginionych.

Zarządzenie w § 2 ust. 1 pkt 3 wprowadza do procedur poszukiwań osób zaginionych pojęcie **poziomu poszukiwania**, określającego stopień niezwłoczności zdarzenia i zakres czynności poszukiwawczych, jakie należy podjąć w zależności od ryzyka zagrożenia dla życia, zdrowia lub wolności osoby zaginionej, które w danej sytuacji stwierdzono. Wyróżnia się trzy poziomy poszukiwania (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

- **Poziom I** dotyczy osób, których zaginięcie związane jest z **realnym, bezpośrednim występowaniem zagrożenia dla ich życia, zdrowia lub wolności**. Dla ratowania tych osób wymagane jest „bepośrednie i natychmiastowe podjęcie czynności poszukiwawczych z zaangażowaniem znacznych sił i środków ze strony Policji”. Ludzie, któ-

rych poziom ten może dotyczyć, to na przykład: osoby małoletnie w wieku do 10 lat; osoby małoletnie w wieku od 11 do 13 lat, zaginione po raz pierwszy; osoby niezdolne do samodzielnej egzystencji; osoby wymagające stałego przyjmowania leków, których nieprzyjęcie w odpowiednim czasie stanowi zagrożenie ich życia; osoby zaginione w związku z realnym podejrzeniem popełnienia na ich szkodę przestępstwa przeciwko życiu lub wolności; osoby, których zachowanie w realny sposób wskazywało na bezpośredni zamiar popełnienia samobójstwa, a natychmiastowe podjęcie czynności poszukiwawczych oraz zaangażowanie znacznych sił i środków z dużym prawdopodobieństwem przyczyni się do zapobieżenia zamachu samobójczego; osoby zaginione w warunkach atmosferycznych zagrażających ich życiu w przypadku niezwłocznego nieodnalezienia.

- **Poziom II** dotyczy osób, których zaginięcie związane jest z **uzasadnionym podejrzeniem wystąpienia ryzyka zagrożenia ich życia, zdrowia lub wolności**. Poziom ten może dotyczyć na przykład: osób, które deklarują po raz kolejny zamiar popełnienia samobójstwa, lub których deklaracja zamiaru popełnienia samobójstwa nie stanowiła realnych przesłanek jej spełnienia; osób małoletnich w wieku od 14 do 18 lat zaginionych po raz pierwszy; osób zdolnych do samodzielnej egzystencji, ale wymagających opieki i stałego przyjmowania leków, których nieprzyjęcie może spowodować zagrożenie ich zdrowia; osób zaginionych za granicą Rzeczypospolitej Polskiej, wobec których istnieje uzasadniona potrzeba udzielenia pomocy w celu ochrony ich życia, zdrowia lub wolności.
- **Poziom III** dotyczy osób, których zaginięcie **nie jest związane z bezpośrednim oraz uzasadnionym zagrożeniem dla ich życia, zdrowia lub wolności**. Mogą to być na przykład: osoby wyrażające wolę zerwania kontaktów z rodziną, osobami najbliższymi lub środowiskiem, w którym ostatnio przebywały; osoby, które w wyniku nieporozumień rodzinnych oddaliły się z miejsca zamieszkania; osoby, co do których nie jest możliwe ustalenie przyczyn lub okoliczności zaginięcia; osoby, z którymi nie ma kontaktu, a które deklarowały chęć wyjazdu lub ich zaginięcie związane jest z wyjazdem lub pobytem za granicą Rzeczypospolitej Polskiej; osoby niewymagające stałej opieki medycznej lub stałego przyjmowania leków, które samowolnie oddaliły się z placówki opiekuńczej, leczniczej lub innej placówki; osoby małoletnie w wieku od 11 do 13 lat zaginione po raz kolejny.

Do roku 2018 zamiast poziomów poszukiwań stosowane były pojęcia trzech kategorii osób zaginionych, dla których niezwłocznie po otrzymaniu informacji o zaginięciu realizowano odrębne procedury postępowania. Kategorie te zostały zdefiniowane w § 2 ust. 1 pkt 2–4 Zarządzenia nr 124 Komendanta Głównego Policji z dnia 4 czerwca 2012 roku (Dz. Urz. KGP, poz. 29, z poz. zm., 2012), później nowelizowanego. Kategoria I obejmowała osoby, które nagle opuściły ostatnie miejsce pobytu, a okoliczności ich zaginięcia uzasadniały podejrzenie, że ich życie, zdrowie lub wolność mogły być zagrożone. W szczególności były to: osoby, dla których istniała realna możliwość, że popełniły lub zamierzały popełnić samobójstwo; osoby małoletnie do 15 lat, których zaginięcie zgłoszono po raz pierwszy; osoby, które ze względu na swój wiek, chorobę, upośledzenie lub inne zakłócenia czynności psychicznych nie mogły kierować swoim postępowaniem i wymagały opieki. Kategoria II obejmowała osoby, które opuściły ostatnie miejsce pobytu w okolicznościach, które nie uzasadniały niezwłocznej potrzeby zapewnienia ochrony ich życia, zdrowia lub wolności, lub konieczności udzielenia pomocy. Były to szczególnie zdarzenia dotyczące osób, które: nie kwalifikowały się do kategorii I lub III; okazywały wcześniej niezadowolenie z własnej sytuacji życiowej i zamierzały ją zmienić, oraz zabrały ze sobą rzeczy osobiste; z własnej woli opuściły ostatnie miejsce swojego pobytu. Do kategorii III należały osoby małoletnie, których zaginięcie było kolejnym już samowolnym oddaleniem się z domu rodzinnego, domu dziecka lub ośrodka opiekuńczego bądź innej tego rodzaju placówki; osoby pełnoletnie, które w związku z przymusowym umieszczeniem w szpitalu psychiatrycznym, domu pomocy społecznej, środowiskowym domu samopomocy lub innej tego rodzaju placówce samowolnie oddaliły się ze wskazanego miejsca pobytu; osoby małoletnie zaginione w wyniku tzw. „porwania rodzicielskiego”.

Zarządzenie nr 48 definiuje odrębnie pojęcia poszukiwania opiekuńczego oraz porwania rodzicielskiego, a także zawiera opis procedur stosowanych przez Policję w sytuacji ich wystąpienia. Za **poszukiwanie opiekuńcze** uważa się poszukiwanie osoby małoletniej i nieletniej prowadzone w związku z:

- decyzją sądu rodzinnego o umieszczeniu nieletniego w schronisku dla nieletnich, zakładzie poprawczym lub innej wskazanej placówce,
- samowolnym oddaleniem się nieletniego ze schroniska dla nieletnich lub zakładu poprawczego albo innej placówki, w której nieletni był umieszczony na mocy decyzji sądu rodzinnego, albo gdy w wyznaczonym terminie nieletni nie wrócił z przepustki lub urlopu,

- samowolnym oddaleniem się małoletniego w wieku od 14 lat z domu rodzinnego, placówki opiekuńczo wychowawczej, młodzieżowego ośrodka socjoterapii lub innej tego typu placówki zapewniającej pieczę zastępczą, albo gdy w wyznaczonym terminie taka osoba małoletnia nie powróciła z przepustki do tych ośrodków i placówek.

Porwanie rodzicielskie to zdarzenie, w wyniku którego jedno z rodziców lub opiekunów prawnych posiadających władzę rodzicielską, pod pretekstem krótkotrwałego pobytu, bez woli i wiedzy drugiego rodzica lub opiekuna, wywozi lub zatrzymuje osobę małoletnią na stałe, pozbawiając tym samym drugiego rodzica lub opiekuna możliwości utrzymywania kontaktu z małoletnim w przysługującym mu zgodnie z prawem zakresie (§ 2 ust. 1 pkt 5, Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

W KGP od 2013 roku działa CPOZ, odpowiedzialne za koordynację, analizę i bezpośrednie poszukiwanie osób zaginionych w całym kraju (Dz. Urz. KGP, poz. 36, 2013). Do jego zadań należy monitorowanie i analiza spraw dotyczących zaginięć osób, prowadzonych przez jednostki Policji, jak i wsparcie eksperckie i analityczne w sprawach dotyczących osób zaginionych o najwyższym priorytecie, w sprawach wielowątkowych, o dużym stopniu skomplikowania lub będących przedmiotem szczególnego zainteresowania środków masowego przekazu.

CPOZ prowadzi nadzór nad prowadzonymi poszukiwaniami dotyczącymi zaginięć osób małoletnich oraz zapewnia bezpośredni udział ekspertów w poszukiwaniach tych osób. Centrum zajmuje się również wdrażaniem oraz obsługą techniczną i merytoryczną platformy przesyłu informacji w ramach systemu *Child Alert*. Jego celem jest natychmiastowe zaalarmowanie społeczeństwa o prowadzonych poszukiwaniach zaginionego dziecka, gdy z okoliczności zaginięcia wynika, że może być zagrożone jego życie, zdrowie lub wolność. CPOZ wspiera jednostki Policji w prowadzonych działaniach poszukiwawczych w zakresie technicznym, osobowym i informacyjno-logistycznym, w szczególności przez Mobilne Centrum Wsparcia Poszukiwań. Współpracuje też z osobami wyznaczonymi w komendach wojewódzkich Policji oraz Komendzie Stołecznej Policji, a także z organizacjami pozarządowymi zajmującymi się problematyką zaginięć oraz ochroną życia i zdrowia ludzkiego. Centrum inicjuje i prowadzi też współpracę z policyjnymi jednostkami do spraw zaginięć, które funkcjonują w innych państwach. Pracuje też nad przygotowaniem i realizacją szkoleń obejmujących problematykę zaginięć ludzi, a także opracowywaniem i doskonaleniem procedur lub algorytmów postępowania w sprawach dotyczących prowadzenia przez Policję poszukiwań osób zaginionych. Zajmuje się również problemami

postępowania w przypadkach ujawnienia osób o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanymi zwłok albo szczątków ludzkich (Dz. Urz. KGP, poz. 36, 2013).

CPOZ dysponuje nowoczesnym sprzętem i oprogramowaniem. Do poszukiwań wykorzystuje systemy zarządzania mapami oraz bezzałogowy wielowirnikowiec, wyposażony w odbiornik GPS (*Global Positioning System*) i szerokokątną kamerę Full HD. Centrum jest też członkiem inicjatywy eksperckiej *Amber Alert Europe*, tworzącej europejską sieć policji w zakresie poszukiwań zaginionych dzieci – *AMBER Alert Europe's Police Expert Network*. Sieć ta składa się z ekspertów z takich krajów jak: Holandia, Irlandia, Wielka Brytania, Słowacja, Czechy, Francja, Luksemburg, Polska, Estonia, Szwajcaria i Włochy. Jej celem jest umożliwienie, w przypadku zaginięcia osoby, natychmiastowego nawiązania kontaktu organom ścigania z organami innych państw członkowskich Unii Europejskiej. Jest również platformą wymiany dobrych praktyk. *Amber Alert Europe* prowadzi bieżący rejestr zaginięć, powiadamia o nowych przypadkach i jako jedyna organizacja w Europie gromadzi i publikuje dane na temat zaginionych dzieci i ogłoszonych w Europie alarmów (Wentkowska, 2016)³.

Aby zgłosić zaginięcie człowieka, nie ma obowiązku czekania do momentu upłynięcia 24 godzin od ostatniego kontaktu z tą osobą. Zgodnie z Zarządzeniem nr 48 Policja podejmuje poszukiwania niezwłocznie po otrzymaniu informacji o zaginięciu, natomiast odstępuje od przyjęcia zawiadomienia, jeśli jest ono złożone po upływie 5 lat od daty zaginięcia osoby. Od przyjęcia zawiadomienia o zaginięciu osoby odstępuje się również w sytuacji, gdy z informacji wynika, że osoba mogła zostać uprowadzona lub pozbawiona wolności w celu wymuszenia okupu. W tym przypadku dalsze czynności podejmuje właściwa komórka służby śledczej. Podstawą do odstąpienia od przyjęcia zawiadomienia o zaginięciu osoby nie jest jednak ustalenie informacji, że osoba ta jest poszukiwana w związku z prowadzonym postępowaniem karnym.

Zawiadomienie o zaginięciu osoby przyjmuje dyżurny jednostki Policji, w której nastąpiło zgłoszenie lub wyznaczony przez niego policjant z tej samej jednostki. Jeżeli informację o zaginięciu przekazano innemu policjantowi, do jego obowiązków należy jej przyjęcie i niezwłoczne przekazanie do dyżurnego najbliższej jednostki Policji oraz podjęcie zarządzonych przez niego czynności, a także sporządzenie notatki służbowej z wykonanych czynności i przekazanie jej dyżurnemu. Jednostką Policji właściwą miejscowo do prowadzenia poszukiwań jest jednostka działająca na obsza-

³www.amberalert.eu/police-expert-network, data dostępu: 14.03.2018.

rze miejsca zamieszkania osoby zaginionej, przy czym jeśli z dostępnych informacji wynika, że przed zaginięciem osoba ta mogła przebywać na terenie działania innej jednostki Policji, powiadamia się tę jednostkę i to ona realizuje czynności poszukiwawcze zmierzające do ustalenia miejsca pobytu i odnalezienia osoby zaginionej. Również w przypadku, gdy istnieje realna możliwość szybkiego odnalezienia osoby (szczególnie małoletniej lub wymagającej opieki, albo gdy istnieje obawa bezpośredniego zagrożenia życia, zdrowia lub wolności tej osoby) działania realizowane są przez jednostkę, w której nastąpiło zgłoszenie. Gdy nie można ustalić miejsca zamieszkania osoby zaginionej, jednostką właściwą do prowadzenia poszukiwań jest jednostka Policji, na której obszarze znajdowało się ostatnie znane miejsce zameldowania na pobyt stały lub czasowy osoby zaginionej. Jeśli żadna z powyższych informacji nie jest możliwa do ustalenia, jednostką właściwą do prowadzenia poszukiwań jest jednostka Policji, na której obszarze osoba zaginęła. W przypadku kiedy odnalezienie osoby wymaga zaangażowania dodatkowych sił i środków z innych jednostek Policji, a także sił i środków pozapolicyjnych, dyżurny nadrzędnej komendy wojewódzkiej wspiera jednostkę Policji prowadzącą poszukiwania dysponując niezbędnymi siłami i środkami, a także koordynując przebieg czynności realizowanych z ich udziałem (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Policjant sporządzający zawiadomienie o zaginięciu osoby, po dokonaniu analizy i oceny podanych faktów i okoliczności, określa stopień poziomu poszukiwań, który następnie zatwierdzany jest przez kierownika jednostki Policji. W przypadku poszukiwań poziomu I jednostką prowadzącą czynności poszukiwawcze przez pierwsze siedem dni od zgłoszenia zaginięcia jest jednostka Policji, na której obszarze zaginięcie miało miejsce. Jednostka Policji, która przyjęła zawiadomienie o zaginięciu osoby, po akceptacji kierownika jednostki Policji lub osoby przez niego upoważnionej, może zmienić poziom poszukiwań na niższy, w ciągu 24 godzin od rejestracji w Krajowym Systemie Informacyjnym Policji (KSIP) lub na poziom wyższy na każdym etapie poszukiwań, jeśli nowe okoliczności i ustalenia na to wskazują. Również w sytuacji, gdy sprawę poszukiwań przejmuje miejscowa jednostka Policji, po dokonaniu analizy ma ona możliwość zmiany poziomu poszukiwania (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Niezwłocznie po przyjęciu zawiadomienia o zaginięciu, osobę poszukiwaną i zawiadomienie o jej zaginięciu rejestruje się w KSIP, natomiast gdy zaginięcie zakwalifikowane jest do poszukiwań poziomu I, notatkę służbową niezwłocznie przekazuje się do CPOZ oraz nadrzędnej komendy wojewódzkiej Policji. Dyżurny nadrzędnej komendy wojewódzkiej przekazuje informację koordynatorowi wojewódzkiemu ds. zaginięć oraz dyżurnemu

Komendy Głównej Policji, który przekazuje ją dalej koordynatorowi CPOZ. Koordynator wojewódzki ds. zaginięć, po otrzymaniu informacji o prowadzeniu poszukiwań poziomu I, pełni rolę konsultacyjno-doradczą i w razie potrzeby wnioskuje do koordynatora CPOZ o udzielenie wsparcia osobowego lub technicznego. Jeżeli osoba, której dotyczy zgłoszenie, jest już zarejestrowana w KSIP przez inną jednostkę Policji, lub w przypadku gdy zaginięcie dotyczy obcokrajowca zarejestrowanego w Systemie Informacyjnym Schengen (SIS) lub w bazie danych Interpol, odstępuje się od przyjęcia zawiadomienia. Następuje wówczas sporządzenie notatki służbowej z informacjami o zaginięciu i jej przekazanie do jednostki Policji, która dokonała wcześniejszej rejestracji danej osoby jako zaginionej, lub do biura KGP właściwego do koordynacji poszukiwań międzynarodowych (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Jeżeli osoba zaginiona kwalifikuje się do **I poziomu**, oprócz opisanych wyżej etapów procedury policyjnej, które realizuje się niezależnie od ustalonego poziomu, czynności poszukiwawcze obejmują również: niezwłoczne zorganizowanie i przeprowadzenie penetracji terenu ostatniego miejsca pobytu osoby zaginionej i innych ustalonych miejsc, sprawdzenie jej obecności w szpitalach, zabezpieczenie ujawnionych śladów i dowodów związanych z zaistniałym zdarzeniem (w tym materiału biologicznego umożliwiającego oznaczenie profilu DNA osoby zaginionej), wykorzystanie technicznych środków wsparcia poszukiwań, dokonanie ustaleń telekomunikacyjnych, poinformowanie i wykorzystanie do poszukiwań sił i środków ze stanu innych jednostek Policji, w tym jednostki nadrzędnej i CPOZ, poinformowanie o poszukiwaniach jednostek dysponujących pozapolicyjnymi siłami i środkami oraz wykorzystanie ich do prowadzenia poszukiwań, w miarę możliwości zabezpieczenie i analiza zapisów monitoringu w rejonie miejsca zaginięcia oraz lokalizacji, w których po raz ostatni osoba zaginiona mogła być widziana. Ponadto dąży się do uzyskania zgody na publikację wizerunku osoby zaginionej, a po jej uzyskaniu następuje publikacja informacji w internetowej policyjnej bazie osób zaginionych oraz – w uzasadnionych przypadkach – na głównej stronie portalu internetowego KGP, właściwej komendy lub komend wojewódzkich Policji oraz w środkach masowego przekazu. Dokonuje się również lub zleca dokonanie typowania osoby zaginionej, które polega na porównaniu jej rysopisów i znaków szczególnych z zarejestrowanymi w KSIP informacjami o osobach i zwłokach o nieustalonej tożsamości (NN osoby, NN zwłoki). Zleca się też oznaczenie profilu DNA pochodzącego od osoby zaginionej i NN osób oraz NN zwłok, w terminie do 90 dni od dnia przyjęcia zawiadomienia o zaginięciu osoby. Zleca się również rejestrację zabezpieczonych śladów linii papilarnych w automatycznym systemie

identyfikacji daktyloskopijnej AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*) celem wykonania analiz porównawczych. Ponadto podejmuje się inne dodatkowe czynności uzasadnione okolicznościami prowadzonej sprawy, mające na celu ustalenie miejsca pobytu lub odnalezienie osoby zaginionej. O kolejności wykonywania opisanych wyżej czynności decydują okoliczności zdarzenia i efekty podjętych działań (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

W sytuacji, gdy zaginięcie kwalifikuje się do poszukiwań **poziomu II** powyższą procedurę realizuje się w podobnym zakresie, z wyłączeniem kilku czynności. Dla poziomu II należy rozważyć zorganizowanie dodatkowych sił i środków ze stanu jednostki Policji i innych jednostek Policji, w tym jednostki nadrzędnej oraz CPOZ, a także środków i sił pozapolicyjnych, w celu ich wykorzystania w czynnościach poszukiwawczych, które to siły w przypadku poszukiwań poziomu I są od razu informowane i organizowane. W poszukiwaniach poziomu II nie powiadamia się o zaginięciu koordynatora wojewódzkiego ds. zaginięć, właściwej nadrzędnej jednostki Policji oraz CPOZ, a penetracja terenu ostatniego miejsca pobytu osoby zaginionej i innych ustalonych miejsc nie odbywa się w trybie niezwłocznym, tak jak to ma miejsce w procedurze towarzyszącej poszukiwaniom poziomu I (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Gdy zaginięcie zakwalifikowane jest do poszukiwań **poziomu III**, procedura policyjna jest mniej obszerna i nie uwzględnia takich elementów jak rozważenie i organizacja dodatkowych sił i środków policyjnych oraz pozapolicyjnych. O takich poszukiwaniach nie powiadamia się również koordynatora wojewódzkiego ds. zaginięć, właściwej nadrzędnej jednostki Policji, ani też CPOZ. Penetracja terenu ostatniego miejsca pobytu osoby zaginionej i innych ustalonych miejsc nie odbywa się w trybie niezwłocznym. Nie wykorzystuje się też technicznych środków wsparcia poszukiwań i nie dokonuje się ustaleń telekomunikacyjnych, a oznaczenie profilu DNA zleca się w terminie do 180 dni od dnia przyjęcia zawiadomienia o zaginięciu (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Policjant prowadzący poszukiwania poziomu I i II powinien uwzględnić konieczność: udziału w czynnościach poszukiwawczych zarządzonych przez dyżurnego jednostki Policji w sytuacji, gdy istnieje realna możliwość szybkiego odnalezienia osoby zaginionej, w szczególności gdy jest to osoba małoletnia, osoba wymagająca opieki, lub gdy zachodzi obawa bezpośredniego zagrożenia życia, zdrowia lub wolności osoby zaginionej; udziału w czynnościach dochodzeniowo-śledczych prowadzonych zgodnie z procedurą karną; sprawdzenia informacji podanych przez osobę uprawnioną w zawiadomieniu o zaginięciu; w uzasadnionym przypadku uzyskania wykazu połączeń telefonicznych osoby zaginionej i weryfikacji ich przydatności w poszukiwaniach;

ustalenia prawnej i faktycznej sytuacji rodzinnej osoby małoletniej lub ubezwłasnowolnionej; dokonania przeglądu akt spraw prowadzonych wobec lub z udziałem tej osoby w celu ustalenia dodatkowych okoliczności, które mogłyby wyznaczyć kierunek poszukiwań; dokonania penetracji miejsc pobytu osoby zaginionej innych niż ostatnie; udziału w czynnościach operacyjno-rozpoznawczych w środowisku tej osoby (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

Policjanci prowadzący czynności poszukiwawcze zobowiązani są utrzymywać kontakt z osobą uprawnioną, która zgłosiła zaginięcie i udzielać jej dozwolonych prawem i nieobjętych klauzulą tajności informacji o stanie i przebiegu poszukiwań (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018). Zarządzenie nr 48 w § 16–19 zawiera też procedury dedykowane poszukiwaniom obywateli polskich poza granicami Polski, a także procedury poszukiwania obcokrajowców. Zarządzenie to w § 20–24 zawiera szczegółowe ramy postępowania policyjnego w ramach systemu *Child Alert*, w § 25–28 określa formę i zakres dokumentowania czynności poszukiwawczych (co również zależne jest od poziomu poszukiwań) oraz w § 29–30 precyzuje okoliczności zakończenia poszukiwań osób zaginionych i opisuje czynności z tym związane (Dz. Urz. KGP, poz. 77, 2018).

4.2. Poszukiwanie osób zaginionych przez Państwową Straż Pożarną i Ochotniczą Straż Pożarną

Wsparcie dla Policji może stanowić PSP, która dysponuje nowoczesnym sprzętem, psami ratowniczymi i metodami poszukiwań (Tuśnio i Wolny, 2017), wśród których są tzw. szybkie trójki poszukiwawcze (STP)⁴ opisane przez Chrustka (2015). Dnia 12 czerwca 2001 r. pomiędzy Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej a Komendantem Głównym Policji podpisano porozumienie o współdziałaniu PSP i Policji. W zakresie organizowania i prowadzenia działań na miejscu zdarzenia współdziałanie obejmuje: wzajemne alarmowanie i ostrzeganie oraz zapewnienie obiegu informacji o zdarzeniu, bieżące koordynowanie działań tych służb, maksymalne ograniczenie wzajemnego utrudniania realizacji zadań w ramach działań ratowniczych PSP i czynności dochodzeniowo-śledczych Policji, udzielanie wzajemnej pomocy w bezpośrednich i pomocniczych czynnościach ratowniczych w zakresie sił i środków, jakimi dysponują obydwie instytucje.

Aby założenia porozumienia wprowadzić w życie, opracowano i z dniem 1 grudnia 2014 roku wdrożono „Procedury i algorytmy dysponowania Specjalistycznych Grup Poszukiwawczo-Ratowniczych Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego do działań poszukiwawczych prowadzonych w terenie”

⁴www.old.gopr-podhale.pl/strona.php/m.2/s.9, data dostępu: 18.04.2020.

(Wentkowska, 2016). Zgodnie z porozumieniem do działań poszukiwawczych prowadzonych w terenie na wnioszek Policji mogą być dysponowane specjalistyczne grupy poszukiwawczo-ratownicze (SGPR) Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG). Do działań zadysponowani mogą być przede wszystkim przewodnicy z psami poszukiwawczymi, posiadający ważną terenową specjalność ratowniczą klasy I, jak również nawigatorzy wspomagający pracę zespołów poszukiwawczych. Ich praca powinna być skoordynowana z działaniami innych służb i podmiotów ratowniczych. Aktualna sieć, organizacja oraz zasady dysponowania jednostek gotowych do podjęcia działań poszukiwawczo-ratowniczych zawarte są w wojewódzkich i powiatowych planach ratowniczych (Wentkowska, 2016).

Aby ujednolicić zasady prowadzenia działań poszukiwawczo-ratowniczych na terenie całego kraju, w 2013 roku opracowano dokument „Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w Krajowym Systemie Ratowniczo Gaśniczym”, którego obowiązująca wersja datowana jest na listopad 2016 roku (Zasady działań poszukiwawczo-ratowniczych KSRG, 2016). Zgodnie z tym dokumentem – ze względu na posiadany sprzęt, wykształcenie oraz możliwość realizacji zadań – działania poszukiwawczo-ratownicze wykonywane są przez odrębne jednostki w trzech zakresach: podstawowym, specjalistycznym oraz specjalistycznym w pomocy międzynarodowej, prowadzonej poza granicami kraju.

Zakres podstawowy działań poszukiwawczo-ratowniczych obejmuje: rozpoznanie i identyfikację zagrożeń, określenie wielkości strefy zagrożenia, wstępne ustalenie liczby osób zaginionych, zabezpieczenie i oświetlenie miejsca zdarzenia, lokalizację osób znajdujących się w miejscach niedostępnych, dotarcie do poszkodowanych, udzielenie pierwszej pomocy, ewakuacja osób poszkodowanych i zagrożonych, zabezpieczenie konstrukcji dla zapewnienia bezpieczeństwa ratowników prowadzących działania oraz dla ewakuacji osób, zabezpieczenie instalacji technicznych, zapewnienie dostępu do zlokalizowanych poszkodowanych (niewymagające wykonywania złożonych prac rozbiórkowych i przekopów), ewakuacja zwierząt i mienia, współdziałanie z innymi podmiotami ratowniczymi. Działania te realizowane są przy zaangażowaniu wszystkich jednostek ratowniczo-gaśniczych (JRG) PSP, a także innych jednostek ochrony przeciwpożarowej lub innych podmiotów deklarujących gotowość operacyjną i zdolność do realizacji powyższych zadań w systemie całodobowym i całorocznym⁵.

Działania w zakresie specjalistycznym realizowane są przez SGPR organizowane przez PSP oraz inne podmioty, których wyposażenie i wykształcenie

⁵www.straz.gov.pl, data dostępu: 24.01.2020.

ratowników pozwala realizować podstawowe czynności ratownicze na terenie kraju w systemie całodobowym i całorocznym. Zadania w zakresie specjalistycznym uwzględniają w szczególności: lokalizację osób z zastosowaniem urządzeń nasłuchowych i technicznego sprzętu lokalizacyjnego, poszukiwanie osób z wykorzystaniem psów ratowniczych, udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy (w tym w ograniczonych, małych przestrzeniach w strefie zagrożenia), stosowanie technik alpinistycznych do ewakuacji ludzi oraz podnoszenia i opuszczania elementów, a także szereg czynności technicznych, takich jak kruszenie, przebijanie się przez gruzy, ściany betonowe, podłogi, stal, belki, drewno, itp., stabilizacja elementów konstrukcji budowlanych, wykonywanie olinowania oraz unoszenie i poruszanie betonowych elementów strukturalnych i słupów, przy użyciu sprzętu pneumatycznego, hydraulicznego, wyciągarek, czy innych urządzeń ręcznych, a także przy użyciu dźwigu lub innego sprzętu ciężkiego. Ponadto wśród zadań z zakresu specjalistycznego znajduje się również realizacja zadań określonych dla działań poszukiwawczo-ratowniczych w zakresie podstawowym, a także kontrola bezpieczeństwa działań i prowadzenie statystyk zniszczonych konstrukcji budowlanych⁶.

Załącznik nr 5 do dokumentu „Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym” (Zasady działań poszukiwawczo-ratowniczych KSRG, 2016) określa szczegółowe zadania SGPR i zasady współdziałania tych grup z innymi jednostkami i służbami poszukiwawczo-ratowniczymi. Według tego dokumentu SGPR odpowiedzialne są za stworzenie odpowiednich warunków prowadzenia akcji ratowania poszkodowanych. SGPR dokonuje oceny sytuacji na miejscu zdarzenia poprzez:

- rozpoznanie za pomocą własnych zmysłów oraz w oparciu o własne doświadczenie i przez wywiad z innymi służbami, świadkami, czy mieszkańcami,
- rozpoznanie wstępne, czyli określenie rozmiaru zdarzenia, topografii, struktury zabudowy i obiektów budowlanych, systemów komunikacyjnych, infrastruktury itp.,
- rozpoznanie właściwe, dotyczące osób zaginionych, zasięgu zniszczeń, ich rodzaju i skutków, uwzględniające również identyfikację dodatkowych zagrożeń, określenie potrzeb związanych z akcją ratowniczą, rozpoznanie dotychczasowych działań ratowniczych i poszukiwawczych oraz określenie zadań bieżących i priorytetowych.

⁶ *Ibidem.*

Do zadań SGPR należy też podejmowanie decyzji o wielkości sił i środków (własnych i innych) do zastosowania w działaniach poszukiwawczych oraz decydowanie o przyjętej taktyce poszukiwawczej, lokalizacja osób zasypanych i dotarcie do nich z zastosowaniem specjalistycznego sprzętu, a także udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy. Ponadto w zakresie obowiązków SGPR znajduje się m.in. dokumentowanie i meldowanie o wynikach rozpoznania do sztabu akcji, organizowanie współpracy ze sztabem akcji, kierującym działaniem ratowniczym (KDR), jednostkami poszukiwawczymi oraz innymi służbami i organizacjami, doradzanie KDR i jednostkom ratowniczym w zakresie prowadzenia akcji, opis sytuacji i jego bieżąca aktualizacja oraz składanie raportów do kierownictwa, oznakowywanie i dokumentowanie stref przeszukanych, prowadzenie ewidencji osób ewakuowanych i wydobytych, czy też działania organizacyjne mające na celu zapobieganie panice⁷.

Bezpośrednim przełożonym SGPR na miejscu akcji jest dowódca grupy, który podlega KDR. Kierujący wydaje polecenia dowódcy SGPR, który decyduje o sposobie realizacji zadania przez grupę. Dowódca SGPR w celu efektywnego wykonania zadań ma prawo: podzielić obszar poszukiwań na mniejsze sektory, określić kolejność i metody ich przeszukiwania; wnioskować o wsparcie dodatkowymi siłami i środkami lub wstrzymać działania SGPR w przypadku zbyt dużego zagrożenia dla ratowników lub psów oraz w przypadku zbyt dużego zmęczenia lub kontuzji psów; żądać wycofania ekip ratowniczych i obserwatorów z obszaru poszukiwań oraz wstrzymania ruchu kołowego, pracy urządzeń i instalacji, aby ograniczyć zakłócenia pracy psów i stosowanych urządzeń; żądać usunięcia lub zabezpieczenia elementów stwarzających zagrożenie dla ratowników i psów poszukiwawczych; żądać wyłączenia maszyn lub urządzeń na terenie prowadzonych działań ratowniczych, jeśli nie spowoduje to wystąpienia dodatkowych zagrożeń; na podstawie wyników poszukiwań określać priorytety, kolejność i sposoby dotarcia oraz ewakuacji; stosować poszukiwania potwierdzające z zastosowaniem kolejnych psów; w konsultacji ze sztabem akcji dążyć do zapewnienia na miejscu akcji właściwej pomocy weterynaryjnej, a także doradzać kierownictwu akcji w zakresie taktyki działań i zapotrzebowania na sprzęt⁸.

W przypadku wspomagania przez SGPR działań organizowanych i prowadzonych przez inne służby, SGPR podporządkowuje się kierownictwu tych służb. Na przykład w działaniach poszukiwawczych prowadzonych w terenie (w tym na akwenach) SGPR podporządkowuje się dowódcy z ramienia Policji, w działaniach prowadzonych na terenach kopalni – Kierowni-

⁷ *Ibidem*, s. 31.

⁸ *Ibidem*, s. 31.

kowi Ruchu Zakładu Górniczego, w działaniach poszukiwawczych w górach i na lawinisku – dowódcy z ramienia ratownictwa GOPR lub TOPR⁹.

Innym przykładem kooperacji służb, która w częściowym zakresie dotyczy również poszukiwania osób zaginionych, jest współpraca rozpoczęta w 2008 roku między PSP a Samodzielnym Publicznym Zakładem Opieki Zdrowotnej Lotnicze Pogotowie Ratunkowe (SP ZOZ LPR). Instytucje te opracowały szczegółowy „Plan Ratowniczy do porozumienia z dnia 31 lipca 2008 roku pomiędzy PSP a SP ZOZ LPR”, który ustala ramy współdziałania tych podmiotów (Plan Ratowniczy do porozumienia PSP z SP ZOZ LPR, 2009). Dokument ten reguluje współpracę PSP z instytucją świadczącą usługi ratownictwa medycznego z wyłączeniem terenu szpitala, zajmującą się również transportem sanitarnym chorych pomiędzy zakładami opieki zdrowotnej, transportem specjalistów, krwi i wyrobów medycznych, gdy ich dostarczenie może znacząco wpłynąć na przeżycie pacjenta, a także transportem zespołu transplantologów i organów do przeszczepów. W strukturze SP ZOZ LPR znajdują się filie i oddziały, zlokalizowane w 18 większych miastach Polski. Dysponują one pojedynczymi śmigłowcami, a w jednym przypadku również dodatkowo dwoma samolotami (Warszawa).

Bez ponoszenia zobowiązań finansowych PSP może wezwać śmigłowiec SP ZOZ LPR w przypadkach: stanu nagłego zagrożenia zdrowia; gdy czas transportu osoby w stanie nagłego zagrożenia zdrowia drogą lotniczą jest krótszy niż w przypadku użycia innych środków transportu i może on przynieść korzyści w dalszym procesie leczenia; w sytuacji wystąpienia okoliczności, które mogą uniemożliwić lub znacząco opóźnić dotarcie do osoby w stanie nagłego zagrożenia zdrowia. W sytuacji, gdy inne środki transportu nie gwarantują skuteczności działania, po uzyskaniu zgody osoby upoważnionej do zaciągania zobowiązań finansowych (np. komendantów wojewódzkich, powiatowych lub miejskich PSP, Komendanta Głównego PSP) PSP może odpłatnie zadysponować śmigłowiec SP ZOZ LPR do lotów specjalnych. Sytuacje te obejmują: prowadzenie działań poszukiwawczych, kiedy użycie śmigłowca zwiększa szansę odnalezienia i uratowania poszukiwanych; okoliczności, w których zastosowanie śmigłowca zwiększy skuteczność działań ratowniczych; okoliczności, w których konieczny jest transport na miejsce zdarzenia strażaków-ratowników, psów ratowniczych PSP, sprzętu specjalistycznego, produktów leczniczych, wyrobów medycznych, itp. Do lotów specjalnych, realizowanych we współpracy z grupami poszukiwawczo-ratowniczymi PSP, na pokład śmigłowca możliwe jest zabranie jednorazowo: dwóch strażaków, psa i sprzętu o masie do 35 kg.

⁹ *Ibidem*, s. 31.

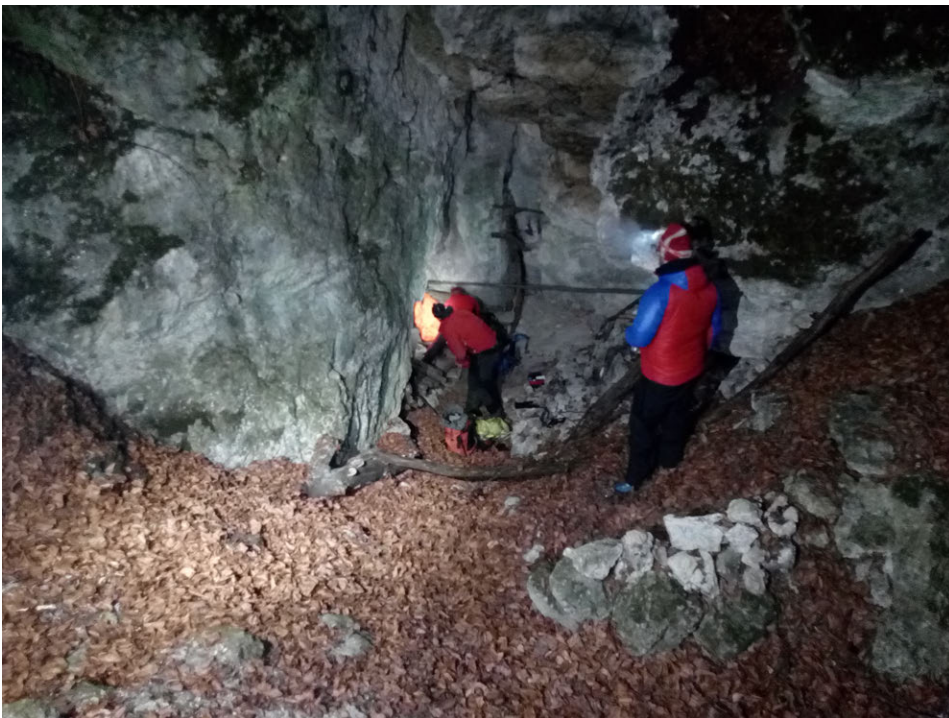
Bardzo aktywne w działaniach poszukiwawczych są jednostki ochotnicze OSP. Niektóre z nich specjalizują się w szczególności w poszukiwaniu ludzi zaginionych i posiadają odpowiednie wykształcenie analityczne (np. GIS, GPS) i praktyczne (np. UAV, psy ratownicze).

4.3. Poszukiwanie ludzi zaginionych przez Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe i Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe

Policja w swoich działaniach poszukiwawczo-ratowniczych podejmuje współpracę z GOPR oraz TOPR. Podstawą działania GOPR i TOPR jest ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie i ratownictwie w górach i na zorganizowanych terenach narciarskich (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1241), która m.in. zawiera wykaz podmiotów odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa w górach oraz reguluje sposób wykonywania ratownictwa górskiego i narciarskiego. W Polsce za zapewnienie bezpieczeństwa w górach odpowiada minister właściwy do spraw wewnętrznych, organy jednostek samorządu terytorialnego na terenie, gdzie ratownictwo górskie jest realizowane oraz dyrekcje parków narodowych i krajobrazowych położonych na terenie gór, a także osoby fizyczne, prawne i jednostki organizacyjne niemające osobowości prawnej, prowadzące w górach zorganizowaną działalność w zakresie sportu, rekreacji i turystyki (art. 3 ust. 1, Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1241). Na mocy art. 7 ustawy do obowiązków tych podmiotów należą m.in.: organizowanie, kierowanie, koordynowanie i **bezpośrednie prowadzenie działań ratowniczych** z dziedziny ratownictwa górskiego, a także organizacja oraz prowadzenie szkoleń ratowników górskich i narciarskich, psów ratowniczych (w tym lawinowych) i ich przewodników; nadawanie uprawnień ratowniczych i instruktorskich w zakresie ratownictwa górskiego, ratownictwa narciarskiego, ratownictwa z użyciem psów oraz ratownictwa podwodnego w akwenach górskich i jaskiniach; prowadzenie dokumentacji działań ratowniczych; prowadzenie działalności profilaktycznej i edukacyjnej dotyczącej bezpieczeństwa w górach i na terenach narciarskich. Ponadto mogą również: prowadzić ewakuację osób z kolei linowych; zabezpieczać imprezy sportowe oraz imprezy turystyczne; wydawać opinie dotyczące warunków bezpieczeństwa osób uprawiających sport, rekreację lub turystykę w górach lub na terenach narciarskich; organizować, kierować, koordynować i bezpośrednio prowadzić działania ratownicze na zorganizowanych terenach narciarskich na podstawie umowy z zarządzającym zorganizowanym terenem narciarskim; organizować i prowadzić szkolenia wysokościowe z ewakuacji osób z unieruchomionych kolei linowych, w szczególności dla pracow-

ników zorganizowanych terenów narciarskich, na których te urządzenia się znajdują; prowadzić rejestr wypadków; **brać udział w działaniach ratowniczych poza obszarem gór** ze szczególnym uwzględnieniem klęsk żywiołowych i katastrof na wezwanie właściwych służb i sztabów kryzysowych; organizować i prowadzić szkolenia dla osób uprawiających sport, rekreację lub turystykę w górach i na zorganizowanych terenach narciarskich ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień bezpieczeństwa (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1241).

W myśl art. 54 ustawy za ratownictwo górskie odpowiadają konkretnie określone podmioty: GOPR i TOPR oraz inne, jeśli uzyskały zgodę ministra właściwego do spraw wewnętrznych i stały się podmiotami uprawnionymi do wykonywania ratownictwa górskiego przez wpis do rejestru jednostek współpracujących z systemem Państwowego Ratownictwa Medycznego (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1241). Ratownicy GOPR odbywają szkolenia z zakresu poszukiwania osób zaginionych, w tym manewry obejmujące wykorzystanie metod opisujących zachowania ludzi zaginionych (ryc. 2).



Ryc. 2. Nocne manewry poszukiwawcze zorganizowane przez Grupę Jurajską GOPR w ramach seminarium „Zarządzanie działaniami terenowymi i koordynacja poszukiwań osób zaginionych” w dniach 1–2 grudnia 2018 w Podlesicach. Fot. Tomasz Niedzielski.

Działania ratownicze realizowane w ramach ratownictwa górskiego polegają w szczególności na: przyjmowaniu zgłoszeń o wypadku lub innym zdarzeniu, docieraniu na miejsce wypadku z wyposażeniem ratowniczym, udzielaniu kwalifikowanej pierwszej pomocy, zabezpieczaniu i ewakuacji osób znajdujących się w górach z miejsc stanowiących zagrożenie dla ich życia lub zdrowia, transporcie osób, które uległy wypadkowi lub są narażone na niebezpieczeństwo do miejsca, gdzie możliwe jest podjęcie działań medycznych przez jednostki systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego, **poszukiwaniu osób zaginionych** w górach, transporcie zwłok z gór (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1241).

Współpraca Policji z GOPR odbywa się na mocy porozumienia podpisanego w dniu 5 lutego 2008 roku pomiędzy Komendantem Głównym Policji oraz Prezesem Zarządu Głównego GOPR i Naczelnikiem GOPR (Dz. Urz. KGP nr 3, poz. 28, 2008). Strony porozumienia zobowiązały się do współpracy w podejmowaniu działań zapobiegawczych, przygotowawczych, organizacyjnych i likwidujących zagrożenie dla życia, zdrowia i bezpieczeństwa osób przebywających w górach oraz ich mienia. Porozumienie uwzględnia również współdziałanie w ramach prowadzenia szkoleń i doskonalenia zawodowego, a także wymianę doświadczeń w dziedzinie technik wysokościowych. Współdziałanie polega w szczególności na: inicjowaniu i organizacji wspólnych z Policją działań mających na celu zapobieganie przestępstw i wykroczeń w górach; udostępnianiu podczas wspólnych działań specjalistów, sprzętu i urządzeń wraz z obsługą; dostosowaniu stanowisk kierowania i systemów łączności do realizacji wspólnych działań; wzajemnym alarmowaniu i ostrzeganiu oraz zapewnieniu sprawnego obiegu informacji o zdarzeniach; powoływaniu sztabów kryzysowych do bieżącego koordynowania działań obu służb w sytuacji zagrożeń; inicjowaniu i dokonywaniu zmian aktów prawnych, które przyczynią się do zwiększenia skuteczności wspólnych działań (Wentkowska, 2016; Mazur i Sanetra-Półgrabi, 2018).

Grupy regionalne GOPR zawarły dodatkowe porozumienia z Policją na poziomie wojewódzkim, które dostosowują zakres wspólnych działań do miejscowych uwarunkowań. Szczególną rolę w komunikacji pomiędzy GOPR a Policją pełni siedem Centralnych Stacji Ratunkowych GOPR, które dyżurują przez cały rok w systemie całodobowym (Lisowicz, 2019). Struktura organizacyjna GOPR obejmuje siedem grup regionalnych: Beskidzką, Bieszczadzką, Jurańską, Karkonoską, Krynicką, Podhalańską i Sudecką. W pracy GOPR zaangażowani są zarówno ratownicy zawodowi, jak również ochotnicy. Każda z grup regionalnych GOPR opracowuje własne procedury poszukiwawcze z uwzględnieniem specyfiki terenu i wyposażenia.



Ryc. 3. Pojazdy wykorzystywane w akcjach poszukiwawczych przez Grupę Jurajską GOPR. Fot. Przemysław Banaś.

Procedury poszukiwania osób zaginionych realizowane w GOPR można zaprezentować na przykładzie Grupy Jurajskiej GOPR (ryc. 3). W tej jednostce wyróżnia się pięć etapów prowadzonych działań: przyjęcie zgłoszenia, przygotowanie do działań, zaangażowanie dodatkowych sił i środków, działania w terenie, czynności po powrocie z akcji.

Podczas **przyjmowania zgłoszenia** gromadzone są podstawowe informacje dotyczące osoby zaginionej, szczegółów jej zaginięcia i okoliczności zgłoszenia. W ramach **przygotowania do akcji** informacje o zaginięciu przekazywane są do kierownika działań ratowniczych i ratowników. Kierownik przekazuje te informacje do Szefa Podkomisji Poszukiwawczej i uzgadnia, jakie siły i środki należy zadysponować do zdarzenia. O akcji informowany jest również Szef Służby oraz Policja i PSP, jeśli zgłoszenie następuje bezpośrednio do GOPR. Kierownik działań ocenia też stopień zagrożenia osoby zaginionej, klasyfikując go jako bardzo wysoki, średni lub niski, co implikuje sposób i zakres prowadzonych dalej czynności. **Zaangażowanie dodatkowych sił i środków** polega na zorganizowaniu zespołów wyjazdowych i wyposażenia, po wcześniejszej weryfikacji dyspozycyjności ratowników (Lisowicz, 2019).

Działania w terenie rozpoczynają się od potwierdzenia szczegółów dotyczących zaginięcia (m.in. PLS lub LKP). Na podstawie wyników pracy Koestera (2008) ustalona zostaje kategoria użytkownika przestrzeni geograficznej (zob. rozdział 5). Kategoria ta pozwala przypuszczać, co mogło się wydarzyć z osobą poszukiwaną od momentu jej zaginięcia i gdzie należy jej szukać w pierwszej kolejności. Podczas działań w terenie tworzona jest specjalna struktura organizacyjna obejmująca następujące piony: operacyjny, planowania i logistyki. Pion planowania określa POA (zob. rozdział 2) i wyznacza sektory poszukiwań, opracowuje zadania wykonywane następnie przez pion operacyjny. Ponadto prowadzi odprawy, analizuje ścieżki przejść terenowych realizowanych przez poszczególne zespoły oraz ocenia stopień przeczesania terenu. Pion operacyjny składa się z zespołów poszukiwawczych, które przeszukują teren dostępnymi metodami, oraz zespołów ratowniczych, które dysponowane są na miejsce odnalezienia osoby zaginionej. Pion logistyki odpowiada za zaplecze organizacyjne akcji, w szczególności optymalizuje transport ludzi i sprzętu oraz miejsce ich pracy. Gwarantuje też obsługę techniczną i wyżywienie personelu (Lisowicz, 2019).

W ramach **czynności po powrocie z akcji** sporządza się dokumentację, którą kierownik działań przekazuje do Szefa Służby. Sprzęt używany podczas akcji jest sprawdzany i przygotowywany do następnego użycia. Kierownik działań dokonuje również odprawy ratowników, którzy brali udział w akcji (Lisowicz, 2019).

4.4. Poszukiwanie ludzi na obszarach wodnych przez Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe

Podstawą działania WOPR jest ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240), zawierająca m.in. wykaz podmiotów uprawnionych do wykonywania ratownictwa wodnego, zakres ich obowiązków i uprawnień oraz zasady finansowania ich działalności. Określa ona również podmioty odpowiedzialne za zapewnienie bezpieczeństwa osobom korzystającym z obszarów wodnych. Zgodnie z art. 4 tej ustawy za zapewnienie bezpieczeństwa odpowiadają „zarządzający obszarem wodnym”, czyli: dyrektor parku narodowego lub krajobrazowego, jeśli obszar wodny znajduje się na terenie parku; osoba fizyczna, osoba prawna i jednostka organizacyjna nieposiadająca osobowości prawnej, która prowadzi działalność w zakresie sportu i rekreacji, w miejscach, gdzie taką działalność się prowadzi; właściwy miejscowo wójt lub burmistrz czy też prezydent miasta – na pozostałych obszarach (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240). W myśl art. 2 pkt 4 ustawy przez ratownictwo wodne rozumie się prowadzenie działań ratowniczych, polegających w szczególności na organizowaniu i udzielaniu pomocy osobom, które uległy wypadkowi lub są narażone na niebezpieczeństwo utraty życia lub zdrowia na obszarze wodnym (Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240). Podmiotami uprawnionymi do wykonywania ratownictwa wodnego są podmioty, które uzyskały zgodę ministra właściwego do spraw wewnętrznych na wykonywanie ratownictwa wodnego oraz wpis do rejestru jednostek współpracujących z systemem Państwowego Ratownictwa Medycznego (art. 12 ust. 1, Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240). Do takich podmiotów należy WOPR.

Podobnie jak w przypadku ratownictwa górskiego, ratownictwo wodne obejmuje działania, które w szczególności polegają na: przyjmowaniu zgłoszenia o wypadku lub zagrożeniu, docieraniu na miejsce wypadku z odpowiednim sprzętem ratunkowym, udzielaniu kwalifikowanej pierwszej pomocy, zabezpieczaniu miejsca wypadku lub zagrożenia, ewakuacji osób z miejsca stanowiącego zagrożenie dla życia lub zdrowia, transporcie osób, które uległy wypadkowi lub są narażone na niebezpieczeństwo na obszarze wodnym do miejsca, gdzie jest możliwe podjęcie czynności ratunkowych przez jednostki systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego oraz **poszukiwaniu osób zaginionych na obszarze wodnym** (art. 13, Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240). Do obowiązków podmiotów uprawnionych do wykonywania ratownictwa wodnego należy organizacja, kierowanie, koordynacja i **bezpośrednie prowadzenie działań ratowniczych**, prowadzenie działalności profilaktycznej i edukacyjnej dotyczącej bezpieczeństwa

na obszarach wodnych, prowadzenie dokumentacji działań ratowniczych, ujawnianie zagrożenia w zakresie bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych i przekazywanie informacji o tych zagrożeniach właściwej radzie gminy (art. 14 ust. 1, Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240). Podmioty uprawnione do wykonywania ratownictwa wodnego mogą również organizować i prowadzić szkolenia ratowników wodnych i instruktorów w zakresie ratownictwa wodnego, a także psów ratowniczych i ich przewodników.

Wykonywane przez ratowników wodnych **działania ratownicze** obejmują: obserwowanie wyznaczonego obszaru wodnego; niezwłoczne reagowanie na sygnały wzywania pomocy oraz podejmowanie akcji ratowniczej; zapobieganie skutkom zagrożeń; przegląd stanu urządzeń i sprzętu wykorzystywanego do ratownictwa wodnego; określanie głębokości wyznaczonego obszaru wodnego; kontrola stanu urządzeń oraz sprzętu, które zapewniają bezpieczeństwo osób na obszarach wodnych; wywieszanie na maszcie odpowiednich flag informacyjnych; sygnalizowanie naruszeń zasad korzystania z wyznaczonego obszaru wodnego w szczególności granicy strefy dla umiających pływać, a w kąpieliskach także sygnalizowanie nadchodzącej burzy; reagowanie na przypadki naruszania zasad korzystania z obszaru wodnego; wpisywanie na tablicy informacyjnej temperatury wody, powietrza oraz innych aktualnych informacji; niezwłoczne informowanie zarządzającego oraz swojego przełożonego o zagrożeniach bezpieczeństwa osób przebywających na obszarze wodnym; bieżące dokumentowanie prowadzonych działań ratowniczych (art. 16, Dz. U. 2011 nr 208, poz. 1240).

Współpraca Policji z WOPR odbywa się na mocy porozumienia podpisanego w dniu 20 czerwca 2007 roku pomiędzy Komendantem Głównym Policji oraz Prezesem Zarządu Głównego WOPR (Dz. Urz. KGP nr 13, poz. 106, 2007). Współdziałanie ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa i porządku publicznego na wodach i terenach przywodnych oraz ograniczenie liczby osób tonących. Strony porozumienia zobowiązały się w zakresie swoich kompetencji do całorocznej współpracy w ramach organizacji pomocy oraz ratowania osób, które uległy wypadkowi lub są narażone na niebezpieczeństwo utraty zdrowia lub życia na wodach. Ponadto wspólne działania mają uwzględniać likwidację zagrożeń dla mienia oraz środowiska naturalnego.

Realizacja postanowień porozumienia obejmuje zarówno działania ratownicze, zapobiegawcze, rozpoznawcze, informacyjne oraz organizacyjne, jak również szkolenia i doskonalenie zawodowe. Strony porozumienia zobowiązały się do wspólnych działań w zakresie: ratowania życia i zdrowia ludzkiego na wodach śródlądowych i w kąpieliskach morskich; podejmowania akcji w celu ratowania mienia oraz środowiska naturalnego; prowadzenia

działań profilaktycznych w zakresie bezpieczeństwa nad wodą; organizowania akcji informacyjnych na temat zagrożeń środowiska naturalnego; prowadzenia rozpoznania zmian ukształtowania brzegów, nurtów i dna akwenów dla potrzeb określenia warunków kąpieli oraz nawigacji i wskazania miejsc niebezpiecznych; kontrolowania jednostek pływających; kontrolowania kąpielisk w zakresie odpowiedniego wyposażenia technicznego oraz przestrzegania przepisów o wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi; ujawniania i ścigania sprawców wykroczeń i przestępstw na wodach i terenach przywodnych; realizacji szkoleń ze znajomości aktualnych przepisów obowiązujących na wodach i przepisów ratownictwa wodnego (Wentkowska, 2016; Mazur i Sanetra-Półgrabi, 2018).

4.5. Fundacja Itaka i inne instytucje wspierające poszukiwanie osób zaginionych

Szczególną rolę w poszukiwaniu osób zaginionych w Polsce pełni również pozarządowa organizacja porządku publicznego – Fundacja Itaka. Centrum Poszukiwań Ludzi Zaginionych Itaka działa od marca 1999 roku. Na podstawie porozumienia z dnia 25 maja 2009 roku fundacja ta podejmuje współpracę z Komendą Główną Policji w zakresie poszukiwań osób zaginionych, ustalania ich tożsamości, przeciwdziałaniu zaginięciom oraz zmniejszaniu negatywnych konsekwencji wynikających z tego zjawiska. W ramach swojej działalności prowadzi internetową bazę danych osób zaginionych, całodobową linię wsparcia dla zaginionych i ich rodzin oraz telefon w sprawie zaginionego dziecka. Itaka prowadzi poszukiwania ludzi zaginionych w kraju i za granicą oraz udziela pomocy w identyfikacji osób o nieustalonej tożsamości. Celem działalności Fundacji Itaka jest zapobieganie zaginięciom osób z grup zagrożonych, szczególnie dzieci, młodzieży, osób chorych i starszych, a także osób wyjeżdżających do pracy za granicę. Itaka podejmuje się również informowania opinii publicznej o problemach społecznych, które mogą prowadzić do zaginięcia, a także o konsekwencjach zaginięć dla rodzin osób zaginionych. Zapewnia pomoc dla rodzin tych osób, udziela im porad i prowadzi grupy wsparcia. Należy do federacji *Missing Children Europe* (Wentkowska, 2016).

W 2015 roku Itaka opublikowała raport z projektu „Monitoring działań Policji w poszukiwaniach zaginionych na otwartym terenie” dotyczący wykorzystania przez Policję do poszukiwań osób zaginionych na otwartym terenie organizacji poszukiwawczo-ratowniczych, takich jak: SGPR PSP, grupy poszukiwawczo-ratownicze działające przy OSP, stowarzyszenia cywilne zajmujące się poszukiwaniem osób zaginionych w terenie (Stowarzy-

szenie Cywilnych Zespołów Ratowniczych z Psami – STORAT, Poszukiwawcze Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe – POPR), grupy ratownictwa specjalnego działające przy Polskim Czerwonym Krzyżu (PCK) oraz grupy GOPR. Projekt miał na celu wypracowanie procedur dysponowania i zasad współpracy Policji z tymi organizacjami (Raport Itaka, 2015). Projekt był realizowany od września 2014 roku do listopada 2015 roku i zakładał przeprowadzenie badań ankietowych zarówno wśród funkcjonariuszy Policji, jak również wśród członków organizacji poszukiwawczo-ratowniczych współpracujących z Policją. Miały one na celu określenie skali i zakresu trudności poszukiwań prowadzonych w terenie otwartym. Ponadto gromadzono informacje o prowadzonych przez Policję akcjach poszukiwawczo-ratowniczych pochodzące od rodzin osób zaginionych. W ramach projektu zorganizowano również szereg spotkań przedstawicieli Fundacji Itaka i partnera projektu, Grupy Poszukiwawczo-Ratowniczej OSP Kęty, z przedstawicielami regionalnych organizacji poszukiwawczo-ratowniczych, funkcjonariuszami Policji odpowiedzialnymi za poszukiwania w danych województwach, a także z funkcjonariuszami CPOZ KGP oraz przedstawicielami PSP. Zebrane informacje zostały przeanalizowane i przedstawione na warszawskim spotkaniu podsumowującym projekt. Fundacja Itaka podjęła się również zgromadzenia danych adresowych i kontaktowych organizacji poszukiwawczo-ratowniczych oraz inwentaryzacji zasobów tych organizacji, a także zobrazowania aktualnego zaplecza poszukiwawczego w Polsce (Raport Itaka, 2015).

Ankieta przeprowadzona wśród funkcjonariuszy Policji, zajmujących się poszukiwaniem osób zaginionych, służyła uzyskaniu informacji, jak często różne jednostki prowadzą poszukiwania w terenie otwartym i czy podczas takich akcji policjanci korzystają z pomocy innych organizacji. Z ankiety wynika, że 90% badanych policjantów ma do czynienia z poszukiwaniami w terenie otwartym, a 97% ankietowanych poparło konieczność pomocy oferowanej przez organizacje poszukiwawczo-ratownicze w terenowych poszukiwaniach osób zaginionych. Niestety z ankiety wynika również, że prawie 30% ankietowanych policjantów nie wie o istnieniu organizacji poszukiwawczo-ratowniczych w ich województwie, a znaczna część respondentów nie zna sposobu, w jaki może się postarać o skorzystanie z pomocy tych organizacji. Wśród trudności, jakie Policjanci dostrzegają we współpracy z organizacjami poszukiwawczo-ratowniczymi, często pojawiała się znaczna odległość grupy od miejsca poszukiwań, długa procedura ich zadysponowania, a także brak decyzyjności na wyższych szczeblach zarządzania i brak jasnych procedur postępowania w takich wypadkach. Odnotowano również, że możliwość bezpośredniego kontaktu z grupą, zamiast realizowania złożonej procedury biurowej, przygotowania szczegółowej dokumentacji i przesyłania informacji

do wszystkich szczebli, może stanowić ułatwienie tej współpracy. Trudności pojawiające się podczas pracy terenowej dotyczyły słabej koordynacji wspólnych działań, a także niedostatecznej wymiany informacji. Ponadto wskazywano na problem zaangażowania w poszukiwania osób cywilnych, gdyż funkcjonariusze nie mają wpływu na wykonywanie przez nich poleceń, a jednocześnie odpowiadają za nadzór nad ich bezpieczeństwem. Odnotowano potrzebę prowadzenia wspólnych szkoleń oraz uregulowania kwestii finansowania przez Policję działań podejmowanych przez organizację poszukiwawczo-ratowniczą (Raport Itaka, 2015). Wyniki ankiet przeprowadzonych wśród członków ochotniczych grup poszukiwawczo-ratowniczych działających przy OSP, PCK i jako grupy cywilne wskazują, że udział tych grup w działaniach poszukiwawczych bardzo się zwiększył, jednak pomimo ich wysokiej gotowości do pomocy Policji, ich faktyczne wykorzystanie jest nieznaczące (Raport Itaka, 2015).

W Polsce funkcjonuje ponadto szereg instytucji, które obok pomocy poszukiwawczej oferują również wsparcie psychologiczne, prawne i socjologiczne dla rodzin osób poszukiwanych. Należą do nich m.in.: Stowarzyszenie Cztery Pory Roku, Stowarzyszenie Bez Śladu, Biuro Informacji i Poszukiwań Polskiego Czerwonego Krzyża, fundacja La Strada. Niektóre osoby poszukujące swoich bliskich decydują się również na korzystanie z usług oferowanych przez jasnowidzów (Momot, 2017).

4.6. Detektywi w poszukiwaniu osób zaginionych

W Polsce poszukiwaniem osób zaginionych zajmować się mogą również prywatni detektywi, w zakresie określonym przez ustawę o usługach detektywistycznych z dnia 6 lipca 2001 roku (Dz. U. 2002 nr 12, poz. 110). Zgodnie z ustawą usługi detektywistyczne to czynności polegające na uzyskiwaniu, przetwarzaniu i przekazywaniu informacji o osobach, przedmiotach i zdarzeniach, realizowane na podstawie umowy zawartej ze zlecniodawcą, w formach i w zakresach niezastrzeżonych dla organów i instytucji państwowych na mocy odrębnych przepisów. Wśród tych czynności wyszczególnione jest m.in. **poszukiwanie osób zaginionych lub ukrywających się**.

Detektyw przy wykonywaniu swoich usług zobowiązany jest do przestrzegania przepisów prawa i odmowy wykonania czynności niezgodnej z prawem lub nieetycznej oraz do zachowania należytej staranności i rzetelności oraz sprawdzenia uzyskanych informacji pod kątem ich zgodności z prawdą. W myśl ustawy wykonywanie usług detektywistycznych w ramach prowadzonej działalności gospodarczej wymaga posiadania licencji detektywa. Z wykonanych w danej sprawie czynności detektyw ma obo-

wiązek sporządzić i przekazać zatrudniającemu go przedsiębiorcy końcowe pisemne sprawozdanie. Obejmuje ono: opis stanu faktycznego, datę rozpoczęcia czynności, określenie zakresu i przebiegu przeprowadzonych czynności oraz datę zakończenia czynności (Dz. U. 2002 nr 12, poz. 110). Agencje detektywistyczne nawiązują niekiedy współpracę z innymi podmiotami, np. przewodnikami psów ratowniczych, i biorą udział w akcjach prowadzonych przez Policję, PSP oraz osoby cywilne (Momot, 2017).

4.7. Poszukiwanie zwłok ludzkich

Odrębnym tematem, związanym z poszukiwaniem osób zaginionych, jest poszukiwanie zwłok ludzkich, które prowadzi się w przypadku podejrzenia popełnienia zabójstwa, samobójstwa lub też niewyjaśnionego zaginięcia osoby, kiedy z okoliczności sprawy wynika, że osoba najprawdopodobniej nie żyje (Stojer-Polańska i in., 2015). O ile jednak procedura poszukiwania osób zaginionych została prawnie uregulowana, o tyle kwestia prowadzenia profesjonalnych poszukiwań ukrytych zwłok jest słabo ugruntowana metodologicznie oraz prawnie (Trzcíński, 2018). W poszukiwaniach zwłok ludzkich wykorzystuje się specjalistyczne psy, wyszkolone do odnajdywania zapachu zwłok ludzkich – zarówno na lądzie, jak i w środowisku wodnym – a także szereg metod właściwych dla różnych dyscyplin naukowych. Wśród nich są: metody geofizyczne (detektor metalu, georadar, magnetometr, sonar do poszukiwań w wodzie, metoda elektrooporowa), archeologiczne (wkopy sondażowe), geologiczne (odwierty), chemiczne (metoda fosforanowa), czy też profilowanie kryminalistyczne – zarówno sprawcy, jak i ofiary (Bodziak, 2005; Stojer-Polańska i in., 2015; Trzcíński, 2018).

5. Modele opisujące zachowania ludzi zaginionych

Wyznaczanie obszaru poszukiwań wymaga szerokiej wiedzy, umiejętności i doświadczenia ratowników. Planowanie często rozpoczyna się od analizy dostępnych materiałów kartograficznych (ryc. 4), co coraz częściej jest wspierane przez modele, które w sposób ilościowy przedstawiają możliwe obszary przebywania osoby zaginionej.



Ryc. 4. Analiza mapy w terenie prowadzona przez ratowników Grupy Jurajskiej GOPR.
Fot. Przemysław Banaś.

5.1. Cechy osób zaginionych używane w modelach ich zachowań

Osoba może zostać uznana za zaginioną z czterech głównych powodów. Pierwszym z nich jest sytuacja, w której osoba tymczasowo utraciła orientację w terenie (na przykład w efekcie wyboru złego kierunku poruszania się osoba nie wie, gdzie się znajduje), ale chce zostać odnaleziona. Drugim powodem może być celowe ukrywanie się danej osoby, która podjęła decyzję o samobójstwie, ucieczce z domu lub ucieczce z domu opieki. Kolejnym powodem zaginięcia może być wpływ kogoś innego, gdy osoba zaginiona znajduje się w tym stanie wbrew własnej woli (na przykład jest ofiarą porwania lub morderstwa). Osoba może być również zaginiona w wyniku nagłego wypadku, urazu lub choroby, co może się wiązać z nagłą utratą świadomości (Gibb i Woolnough, 2007).

Indywidualne cechy personalne osoby zaginionej i czynniki środowiskowe mogą wpływać na stan fizyczny i mentalny osoby zaginionej oraz jej zachowanie w terenie (Hill, 1998; Ciolli i in., 2006; Gibb i Woolnough, 2007; Goodrich i in., 2007; Lin i Goodrich, 2010; Doke, 2012; Doherty i in., 2014a; Wentkowska, 2016). Nie bez znaczenia pozostaje też aktywność, jaką osoba wykonywała lub planowała wykonywać zanim zaginęła. Definiuje ona sposób poruszania się osoby w przestrzeni geograficznej (Heth i Cornell, 1998; Koester, 2008). Czynniki te determinują miejsce, gdzie osoba zaginiona może z dużym prawdopodobieństwem przebywać i tym samym wskazują lokalizację obszaru, gdzie należy skierować grupy poszukiwawcze.

Do częstych praktyk stosowanych podczas poszukiwania osób zaginionych należy profilowanie zachowań dzieci i osób dorosłych, ze szczególnym uwzględnieniem osób przejawiających dysfunkcje (np. zaburzenie afektywne jedno- lub dwubiegunowe, schizofrenia, upośledzenie umysłowe, demencja, autyzm, zespół Aspergera i inne). Profilowanie polega na wnioskowaniu o podjętych przez osobę decyzjach i realizowanych zamierzeniach w oparciu o wiedzę psychologiczną, socjologiczną, antropologiczną, biologiczną, medyczną i o dane statystyczne (Stevenson i in., 2013; Gibb i Woolnough, 2007; Wentkowska, 2016; Momot, 2017).

W procesie poszukiwania osób zaginionych określenie cech psychofizycznych osoby zaginionej wyznacza zakres pytań zadawanych w wywiadzie dotyczącym tej osoby. Powinno mieć też wpływ na sposób postępowania z osobą zaginioną w sytuacji jej odnalezienia, tak aby jej nie przestraszyć lub nie wyprowadzić z równowagi i tym samym nie utrudnić podjęcia dalszych działań ratunkowych (Gibb i Woolnough, 2007)¹⁰. Profilowanie zachowań osób przejawiających dysfunkcje jest istotne z punktu widzenia danych statystycznych, które pokazują stały wzrost występowania zaburzeń psychicznych w społeczeństwie krajów rozwiniętych. Problem poważnych chorób psychicznych dotyczy ponad 50 milionów ludzi na całym świecie, natomiast w ciągu roku w Europie ponad 27% osób dorosłych doświadcza co najmniej jednego rodzaju choroby psychicznej (Wentkowska, 2016).

Oprócz cech personalnych, takich jak wiek oraz stan zdrowia danej osoby, na zachowanie w przestrzeni geograficznej mają również wpływ czynniki geograficzne mogące ograniczać ruch lub go przyspieszać. Należą do nich: ukształtowanie terenu, sposób użytkowania terenu, pokrycie roślinnością, gęstość sieci drogowej, gęstość sieci rzecznej, obecność zbiorników wodnych lub bagien, inne bariery topograficzne, sytuacja pogodowa (Heth i Cornell, 1998; Ciolli i in., 2006; Koester, 2008; Doherty i in., 2014a).

¹⁰Broszura informacyjna „Zaginienia. Profil zachowań osób z dysfunkcjami psychicznymi”, www.zaginieni.pl, data dostępu: 23.09.2019.

Informacje dotyczące człowieka i środowiska, w jakim zaginął, są pomocne w inicjalnej fazie poszukiwawczej, znanej jako faza priorytetowa – *priority search phase* (Goodrich i in., 2008; Lin i Goodrich, 2009), w której określane jest POA. W połączeniu z subiektywną oceną ekspertów informacje te służą do stworzenia mapy rozkładu prawdopodobieństwa (*probability distribution map*), przedstawiającej lokalizacje, w których z określonym prawdopodobieństwem może przebywać człowiek zaginiony (Castle, 1998; Cooper i in., 2003; Söylemez i Usul, 2006; Ferguson, 2008; Goodrich i in., 2008; Lin i Goodrich, 2009, 2010; Doherty i in., 2014a; Lin, 2014). Mapa ta znana jest również pod nazwą mapy prawdopodobieństwa (*probability map*) (Cooper i in., 2003) lub mapy POA (*probability of area map* – POA map) (Doherty i in., 2014a). Kluczową informacją zawartą na mapie jest położenie PLS lub LKP. Istotna jest również informacja o tym, w jakie miejsce osoba zaginiona planowała się udać (*intended destination* – ID) oraz aktywność, jaką wykonywała w terenie (*wilderness users category, subject category*).

Aktywność, jaką osoba wykonywała lub planowała wykonywać, jest jedną z kluczowych informacji mogących wspierać proces poszukiwawczy. W związku z różnicami zachowań wyszczególnia się kategorie osób, które ze względu na odmienną mobilność w sytuacji zaginięcia powinny być poszukiwane w określonych miejscach (Koester, 2008; Stevenson i in., 2013). Przykładowo turysta górski będzie się przemieszczał w określonym kierunku wzdłuż szlaków, rzadko schodząc z wyznaczonych dróg, natomiast osoby, które wybrały się do lasu na polowanie lub w poszukiwaniu jagód będą skłonne do opuszczania dróg i ich ruch odbywać się będzie bez bliżej określonego kierunku (Koester, 2008).

W roku 2008 powstała międzynarodowa baza danych dotyczących incydentów poszukiwania i ratowania osób zaginionych ISRID (*International Search & Rescue Incident Database*) (Koester, 2008). Dzięki przeanalizowaniu ponad 50 tysięcy raportów poszukiwawczych pochodzących z różnych miejsc na świecie baza pozwoliła wskazać, dla poszczególnych kategorii użytkowników przestrzeni geograficznej i z odpowiednim prawdopodobieństwem, w jakich miejscach może zostać odnaleziona osoba zaginiona. Baza ta określa, w jakiej odległości od dróg odnajdywane były osoby, w jakich lokalizacjach szukały schronienia, jak daleko od punktu IPP były odnajdywane, w jakim odchyleniu od zamierzonego kierunku poruszania się były znajdowane, jakie wysokości względne pokonywały i jak długo pozostawały w ruchu (Koester, 2008). Baza danych ISRID dzieli użytkowników na następujące grupy: osoby uprowadzone, osoby z demencją (z chorobą Alzheimera), osoby autystyczne, osoby z opóźnieniem umysłowym, osoby przygnębione/w depresji, osoby chore psychicznie, osoby znajdujące się pod

wpływem alkoholu lub innych substancji odurzających, dzieci w wieku 1–3 lat, dzieci w wieku 4–6 lat, dzieci w wieku 7–9 lat, dzieci w wieku 10–12 lat, dzieci w wieku 13–15 lat, wędkarze, zbieracze owoców leśnych, myśliwi, turyści górscy, alpinisci, osoby wspinające się, grotolazi, osoby uprawiające sporty ekstremalne, biegacze, rowerzyści, jeźdźcy na koniach, osoby poruszające się samochodami kempingowymi, osoby poruszające się na motocyklach górskich, osoby poruszające się pojazdami, osoby poruszające się pojazdami z napędem na cztery koła, osoby poruszające się pojazdami terenowymi, osoby, które porzuciły swój pojazd, osoby poruszające się samolotami, narciarze zjazdowi, narciarze biegowi, snowboardziści, osoby poruszające się skuterami śnieżnymi, osoby w rakietach śnieżnych, osoby poruszające się łodzią z napędem motorowym, osoby poruszające się jednostkami pływającymi, terenowi pracownicy różnych instytucji, osoby uwięzione w przestrzeni miejskiej (np. w ruinach budynków).

Dane pochodzące z bazy ISRID mogą wspierać planowanie poszukiwań, należy jednak pamiętać, że są to dane globalne i mogą nie uwzględniać specyfiki poszukiwań na poziomie lokalnym. Doke (2012) porównał statystyki z bazy ISRID z odpowiadającymi im danymi z Parku Narodowego Yosemite w Stanach Zjednoczonych. Wykazał znaczące rozbieżności pod względem przeciętnej odległości w linii prostej od punktu IPP do lokalizacji, w której osoby zaginione były odnajdywane oraz pod względem odległości tych osób do najbliższej drogi. Przykład ten pokazuje, że znaczący wpływ na rezultat poszukiwań może mieć znajomość lokalnych warunków środowiskowych oraz wiedza uzyskana na podstawie poprzednich incydentów poszukiwawczych prowadzonych w danym terenie. Przykładem lokalnej bazy danych może być broszura informacyjna, zawierająca zbiór informacji zgromadzonych podczas poszukiwań ludzi, które były prowadzone w Wielkiej Brytanii. Dane te po agregacji dla poszczególnych grup ludzi, w zależności od ich wieku, stanu umysłu, zaburzeń lub choroby, sugerują potencjalne miejsca, gdzie należy szukać osób zaginionych (Gibb i Woolnough, 2007). Rzetelnym źródłem brytyjskich statystyk dotyczących dorosłych osób zaginionych mogą być również wyniki badań prowadzonych przez Stevenson i in. (2013). Lokalne statystyki dotyczące zaginięć ludzi gromadzone są również w Stanach Zjednoczonych (Heggie, 2008; Heggie i Heggie, 2009) oraz Australii (Twardy i in., 2006).

5.2. Modele bazujące na okręgach

Dzięki analizie danych dotyczących zachowania osób zaginionych powstał szereg modeli służących za podstawę w procesie przygotowania map POA.

Jednym z najprostszych jest model, który do delimitacji obszaru poszukiwań wykorzystuje odległość w linii prostej od PLS/LKP, w której osoby były odnajdywane w przeszłości. Jest to model okręgu (*ring model*), pojawiający się w literaturze anglojęzycznej pod kilkoma nazwami (*crow's flight distance model*, *distance model*, *Euclidean distance model*, *distance rings model*, *horizontal distance model*). Na podstawie analizy danych lokalnych lub globalnych wykreśla się okręgi ze środkami w punkcie PLS. Wewnątrz nich z określonym prawdopodobieństwem może przebywać osoba zaginiona. Promienie okręgów odpowiadają zwykle prawdopodobieństwu 25%, 50%, 75%, 90/95% i wyznaczane są statystycznie na podstawie odległości od punktu PLS, w jakiej osoby należące do danej kategorii użytkowników były odnajdywane w przeszłych incydentach poszukiwawczych (Heth i Cornell, 1998; Gibb i Woolnough, 2007; Koester, 2008; Doherty i in., 2014a).

Heth i Cornell (1998) w swoich badaniach prowadzonych na incydentach mających miejsce w Kanadzie pokazali, że kategorie użytkowników można połączyć w dwie grupy charakteryzujące się podobnymi zachowaniami. Dla tych grup odległość w linii prostej od punktu ostatniego przebywania możliwa jest do opisanie zgodnie z określonymi parametrami rozkładu prawdopodobieństwa Wakeby. Według autorów badań pierwszą grupę stanowią tzw. uciekinierzy (*walkaways*) i osoby przygnębione (*despondents*), natomiast do drugiej zaliczają się kolejne kategorie: osoby podróżujące samochodami kempingowymi (*campers*), narciarze, turyści górscy, myśliwi, osoby uprawiające górską turystykę rowerową lub motocyklową oraz wszyscy pozostali użytkownicy, niezaklasyfikowani nigdzie indziej. Heth i Cornell (1998) rekomendują użycie opracowanych modeli okręgu dla tych dwóch grup dla tych obszarów Ziemi, których cechy geograficzne są podobne do kanadyjskiej prowincji Alberta, gdzie prowadzili badania. Ten kierunek prac obrali Jurecka i Niedzielski (2017) i pokazali, że w Polsce istnieje przynajmniej jeden obszar o wyraźnym podobieństwie terenu do prowincji Alberta. Jest to Dolny Śląsk. Jednocześnie podobieństwo powierzchni terenu całej Polski do Alberta jest małe, co zmniejsza argumenty za zastosowaniem sparametryzowanych, dostępnych w literaturze (Heth i Cornell, 1998) modeli okręgu dla całego kraju.

Implementację modelu okręgu do warunków polskich zajmowali się Chrustek i in. (2012). Wdrożyli oni dedykowany system informacji geograficznej, bazujący na oprogramowaniu ArcMap, w Grupie Podhalańskiej GOPR. Funkcjonował on przez kilka lat w mobilnym centrum, które wspierało planistów, dostarczając m.in. informacje o POA.

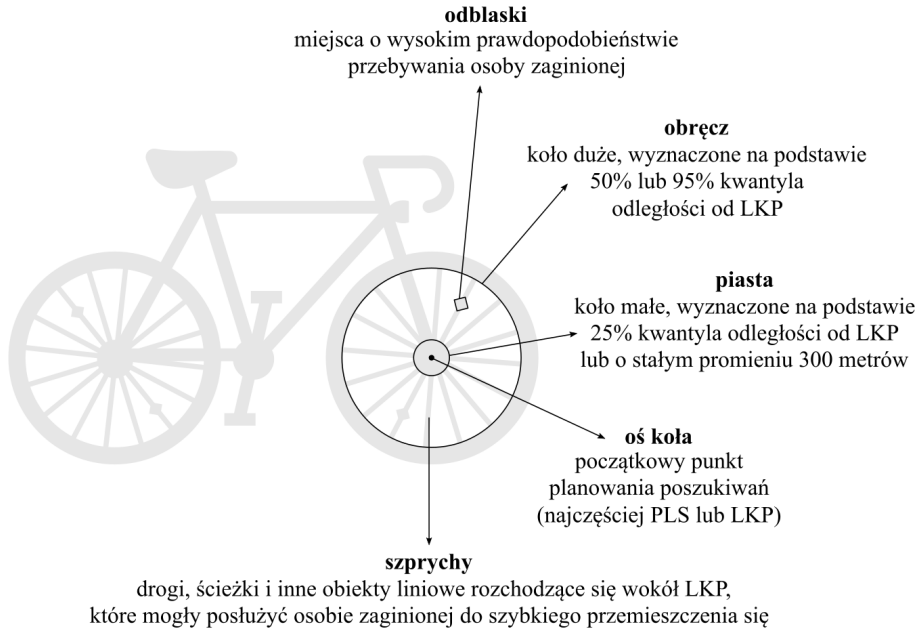
Cawi¹¹ podjął się zadania określenia funkcji, która w dobry sposób odpowiadałaby rozkładowi danych dotyczących mobilności poszczególnych kategorii osób zaginionych, pochodzących z bazy ISRID. Zauważył, że rozkład logarytmiczny normalny odległości od PLS/LKP dobrze dopasowuje się do danych. Przy użyciu modelu LN (*lognormal distance model*) wygenerował mapy POA, które w następnej kolejności poddał ewaluacji. Pozwoliło to porównać model LN z innymi modelami stosowanymi w procedurach poszukiwania osób zaginionych. W tym celu wykorzystał ogólnodostępny program *Map Score* (Sava i in., 2016), służący do oceny modeli opisujących zachowania osób zaginionych poprzez porównanie wygenerowanych na ich podstawie map POA z miejscami odnalezienia osób zaginionych, jakie odnotowano w przeszłości podczas rzeczywistych poszukiwań. Cawi wykazał, że model LN lepiej niż model okręgu opisuje zachowania osób zaginionych, a jego stosowanie może poprawić działanie innych modeli i przyczynić się do lepszego wyznaczenia obszaru, w którym osoba zaginiona powinna być poszukiwana.

Do działań w pierwszej fazie poszukiwań stosuje się model koła rowerowego (*bike wheel model*) (Koester, 2008) przedstawiony na ryc. 5. Zakłada on konstrukcję koncentryczną dookoła punktu IPP (najczęściej PLS lub LKP), który w modelu określany jest jako oś koła. Według Koestera (2008) w IPP wykonuje się konkretne zadania, których zbiór zależy od danej sytuacji. Wśród nich jest niezwłoczne przeszukanie w tym miejscu. Pozostałymi składowymi modelu koła rowerowego są: dwa okręgi (obręcz i piasta), elementy liniowe (szprychy) oraz elementy punktowe (odblaski).

Pierwszy okrąg (mniejszy) odpowiada piastce koła rowerowego i cechuje się mniejszym prawdopodobieństwem przebywania człowieka (zwykle przyjmuje się okręgi o promieniach około 300 m lub promieniach wyznaczonych na podstawie 25- lub nawet 50-procentowego prawdopodobieństwa; Koester (2008) rekomenduje nawet 25% od IPP, jeśli odpowiadający temu promień jest mniejszy od 300 m). Obszar ograniczony przez pierwszy okrąg jest przeszukiwany przez ekipy poszukiwawcze w pierwszej kolejności, co jest realizowane bardzo szybko i dokładnie.

Drugi okrąg (większy) odpowiada obręczy koła rowerowego i charakteryzuje się większym prawdopodobieństwem zawierania osoby, jednak jego obszar jest znacznie rozleglejszy i do jego przeszukania potrzebne jest więcej czasu oraz alokacja w teren dużej liczby zasobów. Promień koła wyznacza się na podstawie statystyk wiążących czas od zaginięcia lub widzenia

¹¹The Lognormal Distance Model by Eric Cawi. SARBayes – Bayesian methods for WiSAR, www.sarbayes.org/projects/lost-person-behavior/the-lognormal-distance-model, data dostępu: 14.06.2019.



Ryc. 5. Schemat koncepcji modelu koła rowerowego wykonany według Koestera (2008).

w PLS/LKP z odległością przebytą przez osobę zaginioną. Przyjmuje się, że odległości te odpowiadają 50- lub 95-procentowym prawdopodobieństwom dla danej kategorii zaginionego.

Linie odpowiadające szprychom obrazują ścieżki, drogi i ciekі, czyli liniowe formy terenowe wychodzące z okolic IPP, wzdłuż których często przemieszczają się osoby zaginione. Osoby poruszające się wzdłuż tych elementów liniowych wędrują na znaczne odległości i są znajdowane nawet poza 75-procentową strefą (Koester, 2008). W praktyce okrąg większy służy do zamknięcia obszaru wyznaczonego na danym etapie poszukiwań przez ekipy poszukiwawcze, co jest pod względem logistycznym najłatwiej wykonalne w punktach przecięcia obwodu ze szprychami. Zamknięcie ma na celu ograniczenie możliwości opuszczenia tak kontrolowanego obszaru przez osobę zaginioną.

Odblaski są charakterystycznymi elementami terenu, które są szczególnie interesujące dla określonych kategorii ludzi zaginionych i do których osoby należące do tych kategorii często zmierzają (rozmowa z Markiem Lisowiczem, szefem Podkomisji Poszukiwania Osób Zaginionych Grupy Jurajskiej GOPR, 17.01.2020). W okolicach odblasków istnieje wysokie prawdopodobieństwo przebywania poszukiwanej osoby.

5.3. Modele nawiązujące do podziału hydrograficznego

Innym podejściem do wyznaczania obszaru przebywania osób zaginionych jest nawiązanie do podziału hydrograficznego. Realizuje to model zlewniowy (*watershed model*) (Doke, 2012). Według jego założeń w przewidywaniu, gdzie osoba zaginiona może zostać odnaleziona, pomocne jest uwzględnienie rzeźby terenu i wynikającego z niej podziału na zlewnie.

W modelu zlewniowym zaproponowano analizę historycznych incydentów poszukiwawczych pod kątem przemieszczenia się osób zaginionych pomiędzy zlewniami, znajdującymi się w otoczeniu PLS. Przejście z jednej zlewni do drugiej oznacza przekroczenie wododziału, co często (zwłaszcza w obszarach górskich) wymaga poruszania się w górę stoku i wymaga zwiększonego wysiłku fizycznego. Granice zlewni stanowią więc barierę terenową, która może mieć wpływ na kierunek poruszania się osoby zaginionej lub jej decyzję o zaprzestaniu ruchu.

Doke (2012) zauważył, że wśród analizowanych przez niego turystów górskich (*hikers*) prawie połowę przypadków stanowiły osoby odnalezione w obrębie tej samej zlewni co miejsce ich ostatniego przebywania odnotowane podczas zgłoszenia o zaginięciu. Kolejną grupę osób (38%) odnaleziono w zlewni sąsiedniej. Tylko 13% osób zostało znalezionych dalej. Sava i in. (2016) przy użyciu aplikacji *Map Score* poddali model zlewniowy ewaluacji. Wykazali, że w porównaniu z modelem okręgu nie jest rozwiązaniem najlepszym, jednak jego stosowanie w połączeniu z modelem okręgu lub innymi modelami może poprawiać skuteczność wyznaczenia obszaru, w którym przebywa poszukiwany człowiek.

5.4. Modele mobilności

Znacznie bardziej złożonymi modelami, użytecznymi w procedurach poszukiwania osób zaginionych, są modele mobilności (*mobility models*), służące do opisywania zachowań ludzi w przestrzeni w zależności od licznych uwarunkowań geograficznych (Doherty i in., 2014a). Modele mobilności koncentrują się na zdolnościach człowieka do osiągnięcia konkretnej lokalizacji – tzw. dostępności (*accessibility*), zależnej od ukształtowania i pokrycia terenu. Uwzględniają szeroki zestaw czynników wpływających na ruch człowieka, np. średnią prędkość poruszania się w funkcji nachylenia terenu, zużycie energii podczas ruchu, opór przestrzeni (*impedance*) związany z przekraczaniem barier lub tendencję do wybierania dróg stawiających najmniejszy opór podczas marszu (Miller i Bridwell, 2009; Doherty i in., 2014a; Johnson, 2016; Danser, 2018).

Jedną z pierwszych osób, która badała mobilność człowieka w przestrzeni geograficznej, był Tobler (1993), który przy użyciu tzw. *hiking function* (Imhof, 1950, za Doherty i in., 2014a) próbował oszacować koszt związany z poruszaniem się człowieka. Funkcja ta nazywana jest w literaturze funkcją Toblera i szacuje prędkość, z jaką turysta górski jest w stanie pokonywać obszary o różnym nachyleniu terenu. Niestety jej stosowanie wiąże się z kilkoma ograniczeniami. Funkcja nie uwzględnia wydatków energetycznych, jakie człowiek ponosi podczas ruchu, pomija możliwość trawersowania stoku, wskazuje prawie identyczną prędkość poruszania się na stoku o nachyleniu ok. 1° niezależnie od tego, czy człowiek porusza się w dół, czy też pod górę, a także nie uwzględnia kosztu związanego z omijaniem przeszkód terenowych, takich jak gęsta roślinność lub ciekі rzeczne.

Atutem podejścia Toblera jest funkcyjny opis zależności między prędkością marszu a nachyleniem stoku, uwzględniający asymetrię prędkości osiągniętych przy podchodzeniu i schodzeniu. W tym kontekście należy wspomnieć dużo starszą praktyczną zasadę szacowania czasu marszu w terenach górskich, nazywaną regułą Naismitha (1892), która jest opisana dalej w tym rozdziale. Innym podejściem do szacowania prędkości marszu w terenach otwartych jest zastosowanie metody MIDE (*the Método de Información de Excursiones*) (París Roche, 2002), która bazuje na rzutowanej odległości, nachyleniu i maksymalnej prędkości na danym odcinku trasy. Metoda MIDE dobrze rekonstruuje rzeczywiste, znane i opisywane przez fizjologów prędkości marszu na płaskim terenie. Największe prędkości (około 4 km/h) rekonstruuje dla obszarów płaskich, jednak nie uwzględnia znanego faktu uzyskiwania większych prędkości wędrówki w dół stoku, w rzeczywistości osiągających maksimum dla nachyleń wynoszących około $-5,71^\circ$ (Minetti i in., 2002). Efekt ten jest częściowo ujęty przez funkcję Toblera, jednak maksymalne tempo marszu osoby jest osiągnięte na podstawie wzoru Toblera dla terenów znacznie bardziej płaskich ($-2,87^\circ$). Z uwagi na przeszacowanie maksymalnej prędkości marszu przez funkcję Toblera (6 km/h), wprowadza się jej modyfikacje, czego przykładem jest wzór, którego autorami są Márquez-Pérez i in. (2017). Zmodyfikowana funkcja Toblera szacuje mniejsze maksymalne prędkości marszu (4,8 km/h), jest asymetryczna i swoje maksimum osiąga dla ujemnych nachyleń stoku.

Jobe i White (2009) zaproponowali model o nazwie *cost-distance*, który umożliwia szacowanie wydatków energetycznych związanych z przemieszczaniem się człowieka w danym terenie w zależności od rodzaju roślinności, rozmieszczenia ścieżek i cieków, a także uwzględnia ruch w dowolnym kierunku na stokach o różnym nachyleniu. Poprzez uwzględnienie kosztu, jaki musi zostać poniesiony podczas ruchu w danym terenie, model

cost-distance pozwala oszacować odległość, którą człowiek jest w stanie pokonać w określonym czasie. Jobe i White (2009) zaproponowali nową funkcję *hiking*, która zamiast na prędkości, jaką człowiek przyjmuje w danych warunkach terenowych, opiera się na zużyciu energii człowieka będącego w ruchu. Autorzy wykazali, że nachylenie stoku ma najistotniejszy wpływ na dostępność terenu, oraz że model energetyczny stanowi udoskonalenie modeli odległości w analizie dostępności terenu. Wadą modelu *cost-distance* jest to, że nie zawsze uwzględnia on wszystkie czynniki wpływające na decyzję człowieka o wyborze danej drogi (nie zawsze niższy wydatek energetyczny stanowi kryterium decyzyjne). Ryzyko zgubienia się, związane z opuszczeniem przez turystę ścieżki, jest na tyle wysokie, że prędzej podejmie on decyzję o marszu w górę stoku, zgodnie z przebiegiem drogi, aniżeli wybierze wędrowkę w dół stoku, jeśli wymaga ona zejścia z wyznaczonej ścieżki. Również Pingel (2010) przestrzega przed bezpośrednim użyciem funkcji Toblera do analizy ruchu ludzi. Wskazuje na tendencję zwalniania ruchu u osób poruszających się na stokach o wysokim nachyleniu, a ponadto podkreśla fakt, że ludzie nieprawidłowo oceniają w terenie odległości, nachylenie stoku oraz niepoprawnie szacują czas (niedoszacowanie) potrzebny na przebycie danej trasy. Model *cost-distance* ma również zastosowanie do poszukiwań ludzi prowadzonych na morzu (Siljander i in., 2015).

Przykładem analizy mobilności używanej na potrzeby poszukiwania osób zaginionych są mapy prezentujące minimalny czas na osiągnięcie danego punktu w otoczeniu PLS (*minimum-reach-time maps*) (Ciolli i in., 2006). W analizie czynników wpływających na prędkość, z jaką człowiek jest w stanie się poruszać i czas, jaki jest potrzebny do przemieszczenia się z jednego miejsca do drugiego, mapy te uwzględniają m.in.: ukształtowanie terenu, obecność dróg, ścieżek oraz barier terenowych.

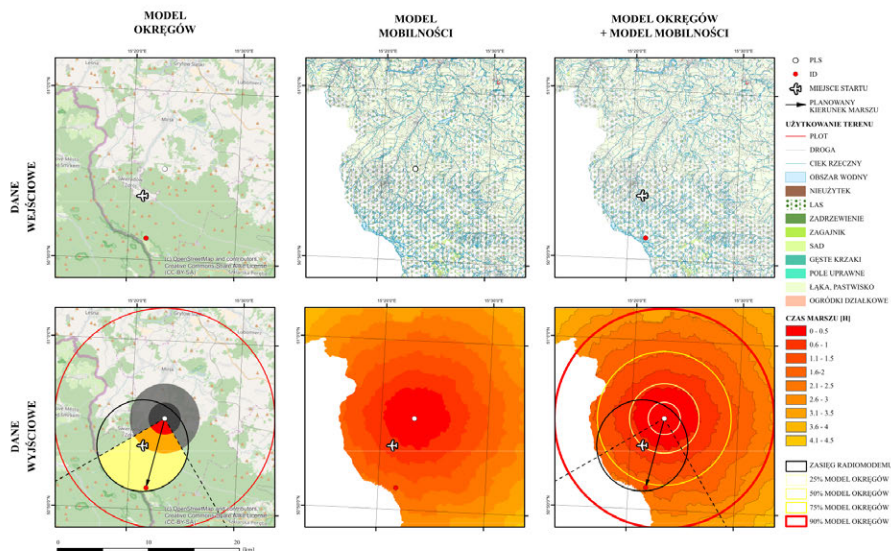
Magyari-Sáska i Dombay (2012) przy zastosowaniu numerycznego modelu terenu przeprowadzili próby wyznaczenia obszarów, na których osoba zaginiona może zostać odnaleziona. Do oszacowania czasu potrzebnego na przebycie określonych odległości w terenie użyli dwóch podejść: funkcji Toblera i reguły Naismitha (z dwoma modyfikacjami). Reguła Naismitha uwzględnia kierunek ruchu na stoku, utrudnienia w ruchu w dół i w górę stoków o nachyleniu większym niż 12°, a także zwiększenie prędkości ruchu w trakcie schodzenia w dół stoków o nachyleniu w przedziale 5–12°. Naismith (1892) szacował jedną godzinę potrzebną na przebycie odległości około 5 km wynikającej z pomiarów na mapie, a dodatkowo w sytuacji marszu pod górę dodatkową godzinę przypadającą na około 600 metrów przewyższenia. Modyfikacja Langmuira koryguje te wartości w następujący sposób: jedna godzina jest potrzebna na przebycie każdych 4 km, natomiast

dla stoków o nachyleniach z przedziału $5\text{--}12^\circ$ każde 300 metrów marszu w dół takiego stoku skraca czas marszruty o 10 minut, a dla stoków o nachyleniu większym niż 12° każde 300 m marszu w dół wymaga dodatkowych 10 minut (Langmuir, 1984, za Magyari-Sáska i Dombay, 2012). Modyfikacja Trantera reguły Naismitha bierze dodatkowo pod uwagę kondycję fizyczną, która może zwiększać lub zmniejszać prędkość ruchu danej osoby. Badania Magyari-Sáska i Dombay (2012) wykazały podobieństwo funkcji Toblera i reguły Naismitha (również w wersjach zmodyfikowanych), które prowadziły do podobnych oszacowań czasu potrzebnego na marszrutę w wybranym terenie.

Doherty i in. (2014a) porównali model okręgu z modelem mobilności i potwierdzili istotną korelację pomiędzy odległością w linii prostej osoby zaginionej od IPP a minimalnym czasem potrzebnym na pokonanie danej odległości (przy założeniu, że osoba porusza się po ścieżce o najmniejszym oporze). Autorzy podjęli się szczegółowej oceny technik szacowania kosztów podróży (*travel-cost techniques*) w kontekście możliwości ich zastosowania do budowy modeli mobilności osób zaginionych. Pokazali, że modele mobilności stanowią dobre narzędzie do wyznaczania granic poszukiwań, szczególnie w obszarach nieurbanizowanych. Wykazali, że w terenie górskim lepsze zastosowanie mają modele mobilności, natomiast w obszarze płaskim, bez pokrywy roślinnej, dają one identyczne efekty, co model okręgu. Pokazali też, że model okręgu oraz modele mobilności, działające w oparciu o lokalne statystyki poszukiwawcze, stanowią skuteczne metody generowania map POA. W sytuacji braku danych lokalnych, statystyki globalne mogą je z powodzeniem zastąpić, jednak należy sobie zdawać sprawę z ich ograniczeń, zwłaszcza w obszarach górskich (Doherty i in., 2014a). Modele mobilności i okręgu dla Gór Izerskich przedstawione są na ryc. 6.

Johnson (2016) pokazał, że model mobilności wyznacza obszary poszukiwań zbyt duże, aby były one użyteczne do planowania obszaru poszukiwań. Zauważył jednocześnie, że dane wyjściowe pochodzące z modelu mogą stanowić dodatkowe źródło informacji przydatnych z perspektywy osób odpowiedzialnych za planowanie poszukiwań terenowych. Przykładowymi zastosowaniami są: określenie kierunku, w którym osoba zaginiona mogła się łatwiej przemieszczać, a w którym miejscu podróżowanie byłoby utrudnione, lub wyznaczenie takich obszarów, które są trudniejsze do przeszukania i wymagają większej liczby osób do skutecznego przeczesania terenu (Johnson, 2016). Ważnym wynikiem badań przeprowadzonych przez Johnsona (2016) jest również obserwacja, że model mobilności nie przeszacowuje znacząco najbardziej oddalonych lokalizacji, w których przewiduje się odnalezienie osób zaginionych. W 25% analizowanych przypadków miejsce odnalezienia

wypadło poza maksymalnym obszarem wskazanym przez model mobilności. Rozważając incydenty, w których osoby zaginione przemieszczały się na małe dystanse, model z powodzeniem pokrywał miejsce ich odnalezienia.



Ryc. 6. Najważniejsze dane wejściowe niezbędne do uruchomienia modeli okręgów i mobilności oraz modelu zintegrowanego (górze) wraz z odpowiadającymi im wynikami modelowania (dół). Przykład pochodzi z Gór Izerskich i zawiera dodatkowo naniesione informacje o możliwości wykorzystania wyników modelowania do planowania obszaru, w którym rekomendowany jest lot poszukiwawczy bezzałogowego statku powietrznego – wg koncepcji Jureckiej i Niedzielskiego (2017).

5.5. Modele bayesowskie

Niektórzy badacze próbują problem poszukiwania osób rozwiązać z zastosowaniem modeli bayesowskich (Bourgault i in., 2003; Lin i Goodrich, 2010; Waharte i Trigoni, 2010; Waharte i in., 2010; Mohibullah i Julier, 2011, 2013). W analizie bayesowskiej nieznana wielkość modelowana jest jako zmienna losowa. Poziom wiedzy na temat tej zmiennej wyrażony jest w formie funkcji gęstości prawdopodobieństwa. Każda nowa informacja na temat zmiennej losowej w postaci pomiaru probabilistycznego (*probabilistic measurement*) lub obserwacji łączona jest z wcześniejszą (poprzednią) informacją (*prior information*) poprzez zastosowanie twierdzenia Bayesa, co ma na celu aktualizację poziomu wiedzy i określenie funkcji gęstości *a posteriori*. Funkcja ta formułuje podstawy ilościowe, na bazie których wyciągane są wnioski i podejmowane są decyzje. W problemach poszukiwawczych nie-

znaną zmienną jest stan poszukiwanego obiektu scharakteryzowany przez wektor stanu (*target state vector*), który opisuje przede wszystkim pozycję obiektu w przestrzeni (może również opisywać jego postawę lub prędkość). Analiza rozpoczyna się przez określenie funkcji gęstości *a priori*, która uwzględnia wszystkie dotychczasowe informacje (również doświadczenie z przeszłości), na przykład w postaci rozkładu Gaussa. Jeśli brak jest jakiegokolwiek dotychczasowej wiedzy, stan zmiennej losowej można odzwierciedlić w postaci jednostajnego rozkładu prawdopodobieństwa. Następnie, po ustaleniu poprzedniego rozkładu, funkcja gęstości stanu obiektu w kolejnym kroku może być oszacowana rekurencyjnie na podstawie wszystkich obserwacji, które w tym kroku zostały wykonane. Szacowanie odbywa się w dwóch etapach: przewidywania i aktualizacji. Etap przewidywania konieczny jest, kiedy w analizie bayesowskiej funkcja gęstości szacowanego stanu zmienia się w czasie (na przykład, gdy obiekt poszukiwany znajduje się w ruchu, lub gdy niepewność na temat jego lokalizacji wzrasta). Przewidywana funkcja gęstości stanu obiektu w danym kroku uzyskiwana jest na podstawie równania Chapmana-Kolmogorowa z użyciem probabilistycznego modelu Markowa. Etap aktualizacji odbywa się z użyciem reguły Bayesa (z założeniem, że wszystkie obserwacje są niezależne), gdy w danym kroku dostępna jest nowa obserwacja. Aktualizacja przebiega poprzez pomnożenie poprzedniej (*prior*) funkcji gęstości przez prawdopodobieństwo obserwacji warunkowej (Bourgault i in., 2003).

Analiza bayesowska może posłużyć do obliczenia prawdopodobieństwa detekcji POD, a strategia wynikająca z przeprowadzenia tej analizy prowadzić może do podjęcia dwóch rodzajów decyzji:

- służących maksymalizacji szans na odnalezienie osoby zaginionej w konkretnym (ograniczonym) czasie poprzez maksymalizację prawdopodobieństwa odnalezienia osoby zaginionej w danym/każdym kroku lub
- służących minimalizacji czasu potrzebnego na odnalezienie osoby zaginionej poprzez minimalizację oczekiwanej liczby kroków, które doprowadzą do detekcji.

Bourgault i in. (2003) przedstawili opisane wyżej postępowanie i prezentują jego zastosowanie na przykładzie poszukiwań pojedynczego obiektu stacjonarnego i ruchomego, prowadzonych z zastosowaniem samolotu. W pracy wykazano, że na bazie analizy bayesowskiej możliwe jest wypracowanie skutecznych planów poszukiwawczych i procedur zgodnych z formalną teorią poszukiwań.

Lin i Goodrich (2010) pokazali, w jaki sposób teoria Bayesa może zostać zastosowana do modelowania zachowań ludzi zaginionych oraz do automatycznego i obiektywnego tworzenia mapy POA. Do modelowania zachowań ludzi autorzy proponują użycie ogólnodostępnych danych o topografii terenu. Ponadto umożliwiają włączenie do analizy dodatkowych czynników mogących mieć wpływ na to zachowanie – zarówno obiektywnych, jak np. pora roku czy panujące warunki pogodowe, jaki i subiektywnych, takich jak np. indywidualna ocena eksperta z dziedziny poszukiwań. Autorzy podkreślają następujące korzyści płynące z zastosowania teorii Bayesa do automatycznego generowania map POA:

- łatwość włączania do analizy różnorodnych danych wejściowych w formie subiektywnych ocen ekspertów z dziedziny poszukiwania osób zaginionych,
- możliwość oceny swojej własnej niepewności przez pracowników ekip poszukiwawczych (z zastosowaniem łatwych do zinterpretowania statystyk: średniej i wariancji),
- możliwość włączenia do analizy informacji o zachowaniach osób zaginionych pochodzących z poszukiwań prowadzonych w danym regionie w przeszłości,
- możliwość dynamicznej aktualizacji mapy na podstawie informacji pozyskiwanych na bieżąco w trakcie trwania poszukiwań,
- uproszczenie procesu generowania mapy POA, które nie wymaga od ekip poszukiwawczych za każdym razem tworzenia jej „od zera”,
- obiektywizacja procesu tworzenia mapy POA, mogąca ograniczyć możliwość przeoczenia przez ekipę poszukiwawczą jakiegoś fragmentu obszaru o wysokim prawdopodobieństwie przebywania osoby zaginionej,
- możliwość włączenia czynnika czasu do analizy oraz obserwacji, jak mapa POA zmienia się w miarę jego upływu – możliwość tej zmiany jest przydatna zwłaszcza w sytuacjach, gdy poszukiwania znacząco się wydłużają.

Wykorzystanie wyników badań naukowych z zakresu modelowania zachowań osób zaginionych w przestrzeni geograficznej umożliwia obiektywizację procesu planowania poszukiwań. Ponadto daje szansę na optymalne zarządzanie ludźmi i zasobami sprzętowymi podczas akcji poszukiwawczej

oraz na skrócenie czasu trwania poszukiwań terenowych. Mając do dyspozycji różnorodne zasoby danych o terenie, środowisku oraz o osobie zaginionej, a także liczne modele opisujące zachowania osób zaginionych, korzystne wydaje się stosowanie podczas akcji poszukiwawczej kombinacji dwóch lub większej liczby modeli (Johnson, 2016; Sava i in., 2016). Mogą się one wzajemnie uzupełniać i w efekcie prowadzić do dokładniejszego wyznaczenia obszaru, w którym osoba zaginiona powinna być poszukiwana, czyli wygenerowania lepszej mapy POA. Efekty działania połączonego modelu okręgów oraz modelu zlewniowego zaprezentowali Sava i in. (2016). Również Cawi¹² wykazał, że model LN może poprawiać działanie innych modeli. Wysokiński i in. (2014) zaprezentowali sposób obliczania prawdopodobieństwa kombinowanego na podstawie różnorodnych statystyk pochodzących z bazy danych ISRID. Prawdopodobieństwo to może uwzględniać statystyki dotyczące np.: zmiany wysokości w stosunku do punktu IPP, mobilności osoby rozumianej jako czas jej poruszania się w terenie, odległości od najbliższej drogi lub ścieżki (*track offset*), czy też odległości horyzontalnej od punktu IPP. Podejście Wysokińskiego i in. (2014) zostało zauważone przez ekspertów z dziedziny poszukiwań osób zaginionych (Drexel i in., 2018; Pfau i Blandford, 2018; Pérez-Carabaza i in., 2019). Jakkolwiek korzystne wydaje się być stosowanie modeli kombinowanych, wybór odpowiednich modeli składowych, mogących polepszać wzajemne działania wymaga szczegółowych badań i testów. Sava i in. (2016) projektując aplikację *Map Score* dostarczyli narzędzie do realizacji tych badań – po pierwsze poprzez możliwość dokonania niezależnego porównania poszczególnych modeli działających osobno, jak również ocenę ich współdziałania. *Map Score* umożliwia testowanie poszczególnych modeli w realnych sytuacjach poszukiwawczych, na podstawie bazy danych o historycznych incydentach, których efekty są znane.

¹² *Ibidem*, s. 51.

6. Poszukiwanie osób zaginionych wspierane narzędziami systemów informacji geograficznej

Poszukiwania osób zaginionych coraz częściej wspierane są przez zastosowanie technologii informatycznych oraz robotów operujących zarówno na ziemi, jak i w powietrzu (Murphy i in., 2008a; Habib i Baudoin, 2010). W związku z tym, że kluczowym narzędziem w procedurach poszukiwania osób zaginionych są mapy, szczególnie istotną rolę pełnią w tym procesie narzędzia informatyczne, jakie oferuje GIS (Söylemez i Usul, 2006; Ferguson, 2008; Durkee i Glynn-Linaris, 2012; Doherty, 2013; Siljander i in., 2015). Systemy informacji geograficznej umożliwiają prezentowanie poszczególnych informacji przestrzennych związanych z incydentem poszukiwawczym na mapie, w sposób, który najlepiej oddaje sytuację, jaka ma miejsce w terenie (Durkee i Glynn-Linaris, 2012; Roscheck i Goodrich, 2012; Siljander i in., 2015). Taki sposób prezentacji pozwala osobom odpowiedzialnym za planowanie i podejmowanie decyzji podczas misji poszukiwawczej koncentrować się wyłącznie na informacjach, które są najważniejsze w danym momencie, co w efekcie wpływa na zwiększenie świadomości sytuacyjnej (*situational awareness*) tych osób. Poszczególne funkcje i narzędzia GIS mogą znaleźć różnorodne zastosowanie jeszcze przed akcją poszukiwawczą, w trakcie jej trwania, jak również po jej zakończeniu (Doherty, 2013).

Grupy odpowiedzialne za prowadzenie poszukiwań na danym terenie mogą przystąpić do przygotowania swoich misji jeszcze zanim nastąpi faktyczne zaginięcie. Na tym etapie narzędzia GIS pozwalają na gromadzenie danych przestrzennych o terenie będącym pod opieką danej grupy poszukiwawczo-ratowniczej (topografia, sieć rzeczna i obszary wodne lub podmokłe, użytkowanie ziemi, roślinność, sieć dróg i ścieżek itp.). Dane te często mają odmienny charakter i pochodzą z różnorodnych źródeł, narzędzia GIS umożliwiają ich integrację.

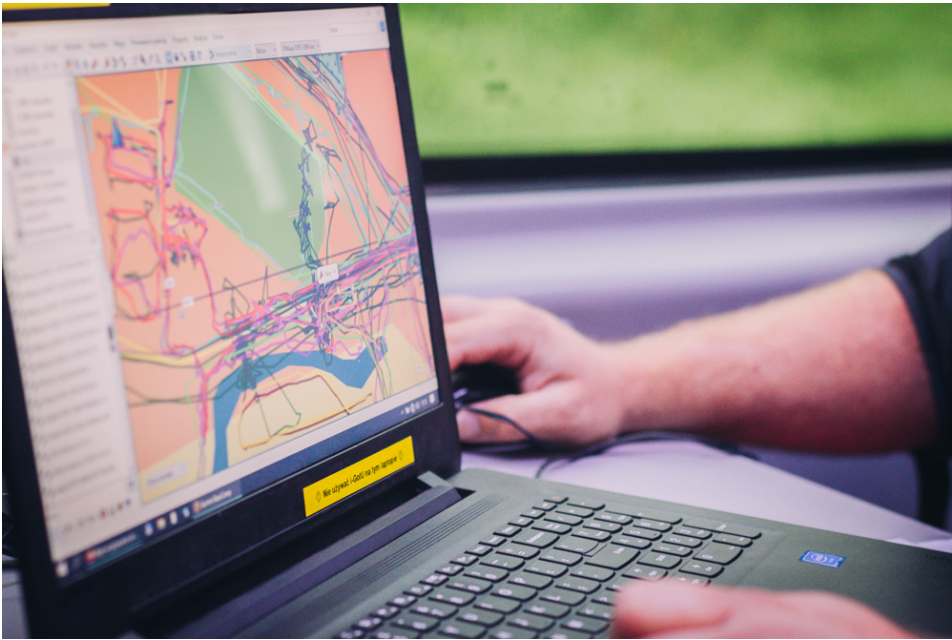
Przykładem zastosowania narzędzi GIS jeszcze w fazie prewencji jest wykorzystanie danych o przeszłych incydentach poszukiwania osób zaginionych do oceny, gdzie podobne incydenty mogą wystąpić w przyszłości (Doherty i in., 2014b). Na tej podstawie możliwe jest takie rozmieszczenie służb poszukiwawczych w terenie, aby znajdowały się w pobliżu miejsc o najwyższym prawdopodobieństwie wystąpienia potencjalnych zdarzeń (Doherty, 2013).

Na etapie prewencji narzędzia GIS umożliwiają również prowadzenie złożonych analiz przestrzennych, których wyniki mogą być wykorzystane w konkretnych misjach poszukiwawczych. Przykładem może być ocena oporu przestrzeni (ograniczeń mobilności człowieka wynikających z utrud-

nień dla ruchu, charakterystycznych dla danego terenu), który decyduje o czasie, jaki jest potrzebny na przebycie przez osobę zaginioną lub ekipy poszukiwawcze danej odległości w terenie (Doherty, 2013; Doherty i in., 2014a). Na podstawie wcześniej przygotowanych informacji w trakcie misji poszukiwawczej decyzje mogą być podejmowane szybciej i skuteczniej.

Innym przykładem może być analiza prędkości przemieszczania się ekip poszukiwawczych różnymi środkami transportu w określonym regionie geograficznym, z uwzględnieniem ukształtowania terenu, jego użytkowania, a także rodzaju, jakości i gęstości występujących tam dróg (Ciesa i in., 2014). Wyniki takiej analizy mogą być podstawą formułowania rekomendacji o tym, jaki sposób przemieszczania się jest w danym terenie najkorzystniejszy, a także mogą wspierać proces podejmowania decyzji o zakupie danych środków komunikacji przez ekipy poszukiwawcze.

Na etapie faktycznej misji poszukiwawczej, kiedy odnotowane jest zaginięcie osoby, narzędzia geoinformatyczne mogą wspierać zarówno planowanie, jak i realizację misji w terenie. Na etapie planowania poszukiwań pozwalają one na szybką wizualizację sytuacji i prezentację statystyk dotyczących zachowań ludzi zaginionych, stworzenie mapy POA i wyznaczenie na tej podstawie obszaru poszukiwań (Koester, 2008). Ponadto umożliwiają podział obszaru na sektory poszukiwawcze (na przykład na podstawie analizy ukształtowania terenu, poprzez identyfikację barier terenowych lub zagrożeń dla personelu) oraz optymalne rozlokowanie zasobów w terenie (łącznie z możliwością wygenerowania konkretnych ścieżek dla personelu w postaci plików o formacie stosownym dla urządzeń GPS). W trakcie poszukiwań terenowych narzędzia GIS pozwalają na dynamiczną aktualizację informacji pochodzących z terenu oraz dowolną wizualizację efektów poszukiwań dopasowaną do potrzeb indywidualnego odbiorcy (Doherty, 2013). Pozwalają na bieżąco kontrolować, które obszary i w jakim stopniu zostały przeszukane (np. prezentacja na komputerze planisty śladów pochodzących z odbiorników GPS ekip poszukiwawczych, co zaprezentowano na ryc. 7), a co za tym idzie usprawniają proces szacowania POD (Roscheck i Goodrich, 2012). Są szczególnie przydatne, kiedy incydent poszukiwawczy wydłuża się w czasie, a nowych informacji wciąż przybywa. Gdy incydent poszukiwawczy zostaje zamknięty lub zawieszony, systemy informacji geograficznej umożliwiają gromadzenie danych oraz ponowną analizę zdarzeń, co może służyć podnoszeniu świadomości służb na temat lokalnych warunków poszukiwawczych oraz zwiększać efektywność kolejnych misji.



Ryc. 7. Wsparcie poszukiwań osób zaginionych poprzez prezentację na mapie śladów pochodzących z odbiorników GPS ekip poszukiwawczych prowadzących działania w terenie. Fot. Mirosława Jurecka.

Przykładami dostępnych na rynku narzędzi geoinformatycznych wspomagających proces planowania poszukiwań oraz podejmowania decyzji o optymalnej alokacji zasobów są:

- CASIE (*Computer Aided Search Information Exchange*) oraz jego nowsza wersja Win CASIE III¹³, wspierające proces planowania poszukiwań w terenach otwartych z zastosowaniem standardowych narzędzi formalnej teorii poszukiwań (Koester, 2008),
- *Incident Commander Pro*¹⁴ do zarządzania różnymi rodzajami misji reagowania kryzysowego, w tym też misjami poszukiwawczo-ratowniczymi,
- *Probability Mapper*¹⁵, niedziałający operacyjnie prototyp oprogramowania do obliczania gęstości prawdopodobieństwa z zastosowaniem

¹³www.wcasie3.com, data dostępu: 22.01.2020.

¹⁴www.sartechtechnology.ca/sartechtechnology/ST_ProgramOverview.htm, data dostępu: 22.01.2020.

¹⁵www.sarbates.org/projects/pmap/instructions-for-probability-mapper-2, data dostępu: 22.01.2020.

modelu Bayesa, z uwzględnieniem czynników takich jak: kategoria osoby poszukiwanej, odległość i rodzaj terenu (Koester, 2008),

- CenWits służący do znajdowania najbardziej prawdopodobnej lokalizacji osoby w terenie nieurbanizowanym przy zastosowaniu fal radiowych oraz pomiarów GPS (Huang i in., 2005),
- SARPlan, który powstał do wspierania poszukiwań ludzi oraz wraków po wypadkach samolotów (Abi-Zeid i Frost, 2005),
- MapSAR, mający za zadanie szybkie tworzenie map do planowania poszukiwań terenowych oraz gromadzenie danych dotyczących poszukiwań osób zaginionych w dedykowanej do tego celu geobazie (Durkee i Glynn-Linaris, 2012),
- System GIS w Podhalańskiej Grupie GOPR, służący do produkcji map POA w oparciu o dane z bazy ISRID (Chrustek i in., 2012),
- IGT4SAR (*Integrated Geospatial Tools for Search and Rescue*) – zestaw narzędziowy do programu ArcGIS rozszerzający funkcjonalności aplikacji MapSAR o elementy formalnej teorii poszukiwań¹⁶,
- SARX (*Search and Rescue Explorer*) – zestaw narzędzi do planowania i zarządzania akcją poszukiwawczą w terenie, dedykowany szczególnie na potrzeby pierwszego okresu operacyjnego, opracowany na podstawie ArcGIS *Desktop Explorer* (AGX) firmy ESRI¹⁷,
- SARTopo.com – internetowy portal mapowy z bogatym zasobem map tematycznych obejmujących przede wszystkim obszar Stanów Zjednoczonych, wspierający zarządzanie misją poszukiwawczą, który posiada również swój odpowiednik działający *offline* – *SARsoft*¹⁸,
- SARApp – aplikacja ułatwiająca planowanie poszukiwań dzięki możliwości przekazywania danych w czasie rzeczywistym pomiędzy urządzeniami mobilnymi a serwerem internetowym¹⁹,
- prototyp oprogramowania służącego do wspierania operacji poszukiwania osób zaginionych na etapie planowania misji (poprzez generowanie kombinowanych map prawdopodobieństwa w oparciu o dane

¹⁶Critical Planning and Analysis using GIS for WiSAR by Don Ferguson, www.wisarandgis.blogspot.com/2013/09/critical-planning-and-analysis-using.html, data dostępu: 14.06.2019.

¹⁷www.sarexplorer.com, data dostępu: 19.02.2018.

¹⁸www.sartopo.com/map.html, data dostępu: 19.02.2018.

¹⁹www.sarapp.com, data dostępu: 19.02.2018.

historyczne, pochodzące głównie z bazy ISRID) oraz jej realizacji w terenie (Wysokiński i in., 2014),

- narzędzie wspierające wyznaczanie obszarów do lądowania helikoptera w misjach ratunkowych prowadzonych w obszarach nieurbanizowanych (Doherty i in., 2013),
- jeden z modułów systemu SARUAV (*Search and Rescue Unmanned Aerial Vehicle*), służącego do kompleksowego wsparcia poszukiwań osób zaginionych z zastosowaniem bezzałogowych statków powietrznych, pozwalający na wyznaczenie maksymalnego zasięgu marszu człowieka w określonym czasie²⁰.

Doherty w swojej rozprawie doktorskiej (Doherty, 2013) na podstawie studiów przypadku z Parku Narodowego Yosemite ocenił przydatność systemów GIS do wspierania procedur poszukiwania osób zaginionych w terenach otwartych. Tematy, które w swojej rozprawie analizował Doherty, obejmują m.in. współrzędne miejsc wystąpienia przeszłych incydentów poszukiwawczych na podstawie danych opisowych oraz statystyki przestrzenne. Uwzględnił też przebieg procesów przestrzenno-czasowych, teorię poszukiwań, naukę o lokalizacji, modelowanie eksperckie oraz algorytmy uczenia maszynowego. Autor rozprawy dowodzi, że wykorzystanie narzędzi GIS może znacznie poprawić dokumentację oraz zrozumienie incydentów poszukiwania osób zaginionych z przeszłości, a także znacząco wesprzeć przyszłe działania prewencyjne, poszukiwawcze i ratunkowe.

Mimo że potencjał narzędzi geoinformatycznych w procedurach poszukiwania osób zaginionych jest bardzo duży, badania ankietowe przeprowadzone przez Pfau w marcu 2012 roku wśród członków państwowej grupy ratowników *Alpine Rescue Team* z Evergreen (Kolorado, Stany Zjednoczone) wskazują, że stosowanie narzędzi GIS (zwłaszcza w grupach ratownictwa ochotniczego) może być utrudnione. Wynika to z wysokich kosztów takiego oprogramowania, trudności jego obsługi, konieczności szkolenia specjalistów oraz czasu, jaki jest wymagany do przeprowadzenia niektórych zaawansowanych analiz przestrzennych. Czas ten niejednokrotnie przekracza czas samej akcji poszukiwawczo-ratowniczej (Pfau, 2013). Badania te pokazują, że większość spośród ankietowanych ratowników preferuje używanie prostych aplikacji mapowych niż stosowanie pełnego oprogramowania GIS. Podobne preferencje w zakresie wykorzystania narzędzi mapowych mają polscy ratownicy (rozmowa z ratownikami Grupy Jurańskiej GOPR przeprowadzona wiosną 2019).

²⁰ www.saruav.pl, data dostępu: 20.03.2020.

Rose (2015) w swej pracy magisterskiej podjęła się analizy wymagań funkcjonalnych (czyli operacji, jakie oprogramowanie powinno realizować), niezbędnych w procesie poszukiwania osób zaginionych. Oceniała też, w jakim stopniu wybrane mapy i związane z nimi technologie geoinformatyczne spełniają to zapotrzebowanie. Autorka pracy zdefiniowała cztery poziomy wymagań funkcjonalnych: (1) informacja geograficzna, (2) reprezentacja wizualna, (3) interakcja kartograficzna oraz (4) funkcje GIS. Informacja geograficzna oraz reprezentacja wizualna to podstawowe elementy mapy, natomiast w środowisku cyfrowym oprogramowanie do przeglądania map może dodatkowo zaoferować narzędzia interaktywne, umożliwiając odbiorcy zarządzanie tym, co i w jaki sposób jest wyświetlane na ekranie. Ponadto w programach komputerowych interaktywność może być rozszerzona o możliwość wykonywania analiz przestrzennych dzięki funkcjom GIS.

Wśród technologii mapowych, jakie podlegały ocenie przeprowadzonej przez Rose, znalazły się: mapy papierowe, ręczne odbiorniki GPS, proste oprogramowanie mapowe na komputery stacjonarne, mapy internetowe, aplikacje mobilne oraz oprogramowanie GIS (wybór za Pfau, 2013). Spośród powyższych materiałów i technologii, wyłącznie oprogramowanie GIS spełnia wszystkie cztery poziomy wymagań funkcjonalnych wyszczególnionych przez Rose. Autorka pracy dokonała również oceny technologii mapowych pod kątem wyzwań i wymagań innych niż funkcjonalne, jak na przykład użyteczność, elastyczność, interoperacyjność, bezpieczeństwo, koszt, spójność i niezawodność. Praca została zrealizowana w oparciu o metodę wywiadu ilościowego, która ma na celu rozpoznanie doświadczeń i opinii ekspertów na temat roli poszczególnych technologii mapowych w procesie poszukiwania osób zaginionych w terenach nieurbanizowanych. Analizie poddano opinie 24 ekspertów ze Stanów Zjednoczonych i Kanady. Osoby te musiały posiadać profesjonalny certyfikat lub być przeszkolone w poszukiwaniu osób zaginionych w terenach otwartych, a także mieć doświadczenie lub obserwować używanie technologii mapowych w prawdziwych misjach poszukiwawczych. Badania pokazały, że pomimo licznych możliwych zastosowań, w praktyce oprogramowanie GIS używane jest przede wszystkim w celu ułatwienia planowania poszukiwań oraz do udokumentowania incydentów. W procesie planowania misji narzędzia GIS używane są głównie do wyznaczania segmentów poszukiwawczych oraz do organizacji danych, zarówno przestrzennych, jak i tych bez odniesienia geograficznego (ścieżki, po których poruszały się ekipy poszukiwawcze, wskazówki, oświadczenia naocznych świadków, zagrożenia i zadania personelu, dane dotyczące informatorów). Według ankietowanych narzędzia GIS ułatwiają szacowanie stopnia przeszukania terenu (*coverage*) i ocenę dokładności poszukiwań, pozwalają też zwrócić uwagę na obszary,

które nie były dotychczas przeszukane, a także umożliwiają wykonywanie zapytań przestrzennych o dane dotyczące incydentu. Dokumentacja prowadzona z użyciem narzędzi GIS stanowi zapis historii lokalnych poszukiwań i ma szczególne znaczenie zwłaszcza po zakończeniu misji. Umożliwia ona dalszą analizę poszukiwań, które nie zakończyły się sukcesem, jak również prezentację wysiłku poczynionego podczas poszukiwań na potrzeby informowania rodzin osób zaginionych lub mediów. Spośród ograniczeń oprogramowania GIS dla potrzeb wspierania poszukiwań osób zaginionych osoby ankietowane wskazywały ich wysoki koszt i ograniczenia efektywności, wynikające z braku doświadczenia danej osoby w pracy z tego typu systemami (oraz trudności lub niechęci do zdobywania takiego doświadczenia).

Kontrowersje wśród osób ankietowanych w badaniach Rose wzbudzało modelowanie zachowań ludzkich oraz mobilności osób z zastosowaniem oprogramowania GIS. Część z ankietowanych odpowiedziała, że używa narzędzi GIS do tworzenia map POA w oparciu o dane pochodzące z bazy ISRID, natomiast część osób podkreśliła, że jest to uzasadnione wyłącznie w oparciu o zachowania osób zaginionych pochodzące z lokalnych baz danych. Część ankietowanych podkreślała konieczność zgromadzenia większej liczby danych o lokalnych incydentach oraz przeprowadzenia większej liczby analiz, inni natomiast byli zdania, że zachowania z przeszłości nie mają związku z nowymi poszukiwaniami i całkowicie zakwestionowali modelowanie POA. Jeszcze inny pogląd zaprezentowali ankietowani, którzy zauważyli, że duża liczba specyficznych dla danej sytuacji czynników wpływa na zachowanie i mobilność osoby zaginionej, stąd liczba założeń jaka stosowana jest w modelowaniu POA i modelowaniu mobilności jest zbyt duża. W związku z licznymi wątpliwościami dotyczącymi takiego modelowania ankietowani podkreślali, że należy pamiętać o tym, że statystyczne modelowanie zachowań ludzi nie określa, co faktycznie wydarzyło się w terenie, stanowi jedynie dodatkową sugestię, która może zostać wykorzystana podczas poszukiwań. Modelowanie to stanowi wartościową perspektywę danej sytuacji, będącą alternatywą dla osobistych przekonań i opinii osób zajmujących się poszukiwaniami. Ankietowani podkreślali, jak istotne jest zrozumienie niepewności, ograniczeń i założeń jakiejkolwiek informacji geograficznej.

Przeszkodą, jaka stoi na drodze do faktycznego stosowania technologii GIS w procedurach poszukiwaniu osób zaginionych, jest brak świadomości na temat możliwości, jakie narzędzia te oferują (Rose, 2015). Johnson (2016) w swojej pracy dyplomowej podjął się oceny użyteczności modelu mobilności funkcjonującego w GIS dla operacji poszukiwawczych i ratunkowych. Jego badania miały na celu odpowiedzenie na trzy podstawowe pytania:

- czy używanie modelu mobilności działającego w oparciu o narzędzia systemów informacji geograficznej jest możliwe bez konieczności przeprowadzenia szeroko zakrojonych szkoleń z zakresu GIS i SAR?
- czy w sytuacji ograniczonych zasobów obliczeniowych model mobilności jest możliwy do zastosowania w krótkim czasie (konfiguracja i wykonanie obliczeń)?
- czy dane wyjściowe z modelu mobilności są wystarczająco dokładne i wiarygodne, aby wesprzeć osoby odpowiedzialne za poszukiwania w procesie planowania granic obszaru poszukiwań?

Wyniki analiz przeprowadzonych przez Johnsona pokazują, że używanie opartego na systemach GIS modelu mobilności w operacjach poszukiwawczych bez wcześniejszego rozległego przeszkolenia nie jest możliwe, natomiast czas, w którym model mobilności możliwy jest do uzyskania, nawet w sytuacji ograniczonych zasobów obliczeniowych, jest zadowalająco krótki (średnio poniżej 15 minut).

Opisane powyżej wyniki pokazują, że oprogramowanie GIS dedykowane wspieraniu poszukiwań osób zaginionych powinno być przede wszystkim proste w obsłudze, a jego interfejs intuicyjny. Niezbędna jest również większa liczba szkoleń personelu z zakresu ich obsługi oraz niższy koszt takiego oprogramowania (Pfau, 2013; Rose, 2015; Johnson, 2016). Nie ma natomiast zgodności pomiędzy ankietowanymi co do tego, czy narzędzia GIS powinny działać w sposób zautomatyzowany (Rose, 2015).

7. Poszukiwanie osób zaginionych wspierane pracą bezzałogowych statków powietrznych

Bezzałogowe statki powietrzne (BSP), określane często skrótem UAV od ich anglojęzycznej nazwy (*unmanned aerial vehicles*) oraz często nieformalnie nazywane dronami, to urządzenia latające (ryc. 8), mogące wykonywać wielokrotne loty bez obecności na pokładzie pilota i bez możliwości transportu pasażerów (Sawicki, 2012). Są urządzeniami powszechnymi. W standardowych konfiguracjach platformy UAV są wyposażone w kamery, które dzięki wysokiej rozdzielczości i przy locie na niskim pułapie rejestrują obraz człowieka (ryc. 9).



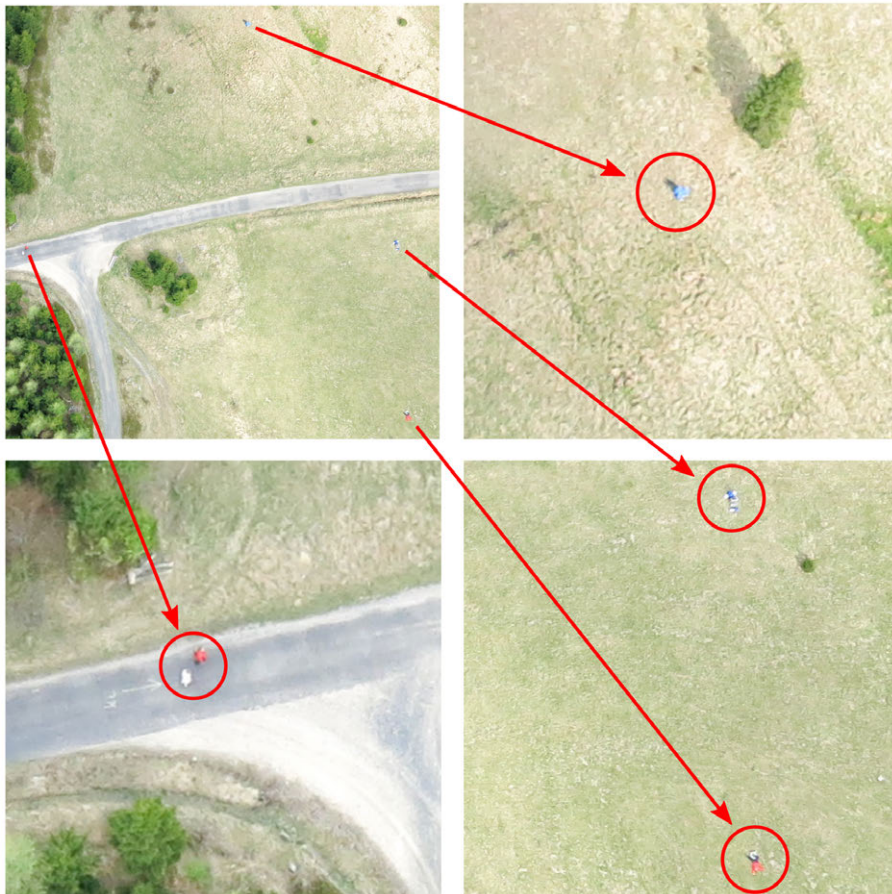
Ryc. 8. Start bezzałogowego statku powietrznego eBee w trakcie warsztatów z zakresu detekcji ludzi na zdjęciach lotniczych przeprowadzonych podczas XXIII Szkoły Kartograficznej w dniach 8–10 czerwca 2016 w Świeradowie-Zdroju. Fot. Jan Krupski.

Bezzałogowe statki powietrzne można sklasyfikować na wiele sposobów, w zależności od przyjętego kryterium, którym mogą być: rodzaj napędu, zasięg, czas i wysokość lotu, ciężar własny, przeznaczenie, ładowność i inne. Jedną z klasyfikacji tych urządzeń jest zaproponowany przez Murphy i in. (2008a) podział w zależności od ich konstrukcji, w którym wyróżnia się pięć kategorii UAV wykorzystywanych w ratownictwie:

- płatowce (*fixed-wing* UAV), czyli urządzenia podobne w swej budowie do standardowych samolotów, posiadające dwa płaskie skrzydła, mogące realizować loty na długie dystanse, jak również krążyć wokół jednego punktu, wymagające zwykle rozległego lądowiska do wykonania manewrów startu i lądowania,
- wielowirnikowce (*rotary-wing* UAV) o różnej liczbie wirników, zdolne do pionowego wznoszenia się i obniżania lotu, niewymagające znacznych obszarów do startu i lądowania,
- lekkie urządzenia podobne do latawców, przymocowane podczas lotu do liny (*lighter-than-air* UAV),
- duże bezzałogowe helikoptery, mogące wykonywać loty na znaczne odległości i zdolne do przenoszenia dużych ładunków,
- platformy hybrydowe, czyli urządzenia o mieszanej konstrukcji, których przykładem są płatowce z możliwością pionowego startu.

Inna klasyfikacja oparta jest na trzech parametrach użytkowych: zasięgu, wysokości i czasie lotu (np. Sawicki, 2012). Wyróżnia pięć rodzajów bezzałogowych statków powietrznych:

- HALE (*high altitude long endurance*) – urządzenia wykonujące długie loty (powyżej 2000 km, do 48 godzin) na dużej wysokości (do 20 km),
- SR (*short range*) – urządzenia wykonujące loty o krótkim zasięgu, od 30 do 70 km, na wysokości poniżej 3 km, w czasie do 6 godzin,
- CR (*close range*) – urządzenia wykonujące lot bliskiego zasięgu, od 10 do 30 km, na wysokości poniżej 3 km, w czasie do 4 godzin,
- Mini UAV – mini bezzałogowe urządzenia latające, których zasięg lotu nie przekracza 10 km, wysokość lotu wynosi do 1 km, a czas nie przekracza 2 godzin,
- Micro UAV – mikro bezzałogowe urządzenia latające, których zasięg lotu nie przekracza 10 km, wysokość lotu wynosi poniżej 250 m, a czas nie przekracza jednej godziny.



Ryc. 9. Wycinek zdjęcia lotniczego wykonanego w zakresie światła widzialnego kamerą Canon S110 zainstalowaną na bezzałogowym statku powietrznym eBee z zarejestrowanymi na nim osobami (po lewej na górze) oraz wskazane strzałkami miejsca przebywania ludzi na powiększonych fragmentach. Skala poszczególnych fragmentów ryciny jest różna.

W procesie poszukiwania osób zaginionych z zastosowaniem platform UAV wyróżnić można trzy strategie postępowania (Goodrich i in., 2007):

- Operacje sekwencyjne – w tym trybie menadżer misji tworzy plan poszukiwań we współpracy z operatorem UAV i operatorem sensora. Następnie operator UAV realizuje plan i przekazuje zobrazowania lotnicze do operatora sensora oraz menadżera misji, którzy weryfikują, czy na przekazanym materiale został zarejestrowany znak pochodzący od osoby zaginionej. Jeśli znak został zarejestrowany, informacja przekazywana jest do zespołu prowadzącego poszukiwania terenowe i członek tego zespołu wyrusza we wskazane miejsce, aby zweryfikować, czy

znajduje się tam osoba zaginiona lub czy osoba zaginiona pozostawiła w tym miejscu ślad swojej obecności. Informacja od osoby sprawdzającej teren przekazywana jest następnie do menadżera misji, który przygotowuje nowy plan poszukiwań. Strategia ta jest właściwa dla poszukiwań prowadzonych w terenach trudnych, przy ograniczonej mobilności, w sytuacjach ograniczonych zasobów ludzi działających w terenie oraz gdy prawdopodobieństwo przebywania osoby zaginionej jest rozłożone równomiernie na dużym obszarze. Wyszukiwanie sekwencyjne umożliwia zespołowi gromadzenie danych za pomocą UAV, przetwarzanie większej ilości informacji jednocześnie, a następnie kierowanie zespołu prowadzącego poszukiwania terenowe w miejsca o najwyższym prawdopodobieństwie przebywania osoby zaginionej.

- Operacje sterowane zdalnie – w tym trybie menadżer misji dołącza do pracy zespołu terenowego rozpoczynając działania od poszukiwań pospiesznych (*hasty search*). Operator UAV pilotuje bezzałogowy statek powietrzny po okręgu, w którego centrum prowadzone są poszukiwania na ziemi, natomiast operator sensora operuje kamerą w sposób umożliwiający pozyskanie materiału zdjęciowego spoza zasięgu wzroku osób prowadzących poszukiwania terenowe. Ten dodatkowy dostęp do potencjalnie istotnych informacji pozwala menadżerowi misji na lepsze kierowanie poszukiwaniami na ziemi. Operacje zdalnie sterowane są odpowiednie w sytuacjach, gdy menadżer misji ma większy dostęp do istotnych informacji przebywając w terenie, aniżeli miałby, gdyby przebywał w stacji bazowej.
- Operacje kierowane z bazy – w tym trybie menadżer misji przebywa tam, gdzie operator UAV i operator sensora. W momencie, gdy operator sensora identyfikuje sygnał o potencjalnym miejscu przebywania osoby zaginionej, menadżer misji aktualizuje swój model prawdopodobnych lokalizacji i kieruje operatora UAV do przeprowadzenia lotów nad obszarami o wysokim prawdopodobieństwie przebywania osoby zaginionej. Osoby prowadzące poszukiwania terenowe znajdują się w pobliżu lotów UAV. Kiedy sygnał o przebywaniu osoby zaginionej zostaje zarejestrowany, mogą oni szybko sprawdzić, czy sygnał jest prawidłowy. Operacje kierowane z bazy są odpowiednie na obszarach zapewniających wysoką mobilność dla zespołu prowadzącego poszukiwania terenowe, przy jednoczesnym braku wystarczającej ilości informacji, potrzebnej do przeprowadzenia poszukiwań pospiesznych (*hasty search*). Informacje zwrotne z terenu umożliwiają menadżerowi misji szybkie dostosowanie planu wyszukiwania.

National Association for Search and Rescue (NASAR) to międzynarodowe stowarzyszenie reprezentujące personel poszukiwawczy i ratowniczy na całym świecie. Korzysta ze standardów uznanych organizacji międzynarodowych i na ich podstawie tworzy edukacyjne materiały szkoleniowe, publikacje i certyfikaty. Agencje rządowe, organizacje pozarządowe, organizacje społecznościowe i zespoły SAR non-profit wykorzystują te materiały do tworzenia własnych programów oraz kształcenia wysoko kwalifikowanych zespołów poszukiwawczych i ratunkowych. Oficjalne stanowisko NASAR na temat udziału bezzałogowych statków powietrznych w misjach SAR potwierdza korzyści płynące z włączenia tych urządzeń do procedur poszukiwania i ratowania ludzi (Kovar i Boyer, 2015). NASAR podkreśla jednak konieczność dostosowania operacji prowadzonych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych zarówno do oficjalnego systemu zarządzania incydentami, jak i do obowiązujących przepisów.

7.1. Przykłady wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w ratownictwie

Bezzałogowe statki powietrzne były dotychczas stosowane w akcjach poszukiwawczo-ratowniczych prowadzonych w reakcji na katastrofy naturalne, takie jak huragany lub trzęsienia ziemi (Murphy i in., 2008a; Kruijff i in., 2012; Qi i in., 2016). Urządzenia te, wraz z oprogramowaniem dedykowanym do przetwarzania gromadzonych przez nie danych, znajdują zastosowanie na przykład w identyfikacji oraz inspekcji stanu technicznego budynków, które uległy zawaleniu w efekcie ruchów sejsmicznych (Kruijff i in., 2012), a także w lokalizacji osób ocalałych, przebywających w takich w budynkach (Qi i in., 2016). Katastrofy naturalne nie są jednak jedynymi zagrożeniami, w których bezzałogowe statki powietrzne mogą być użyteczne. Mogą one pełnić istotną rolę w odpowiedzi na zdarzenia wywołane przez działalność człowieka, zwiększając poziom bezpieczeństwa i ochrony obywateli (np. Birk i in., 2011). Coraz częściej są też stosowane do poszukiwania i ratowania ludzi. Misje z udziałem bezzałogowych statków powietrznych realizowane są z powodzeniem zarówno w ramach eksperymentów (Doherty i Rudol, 2007; Goodrich i in., 2008; Murphy i in., 2008a; Goodrich i in., 2009; Lin i in., 2010; Birk i in., 2011; Molina i in., 2012; Abrahamsen, 2015; Cacace i in., 2016; Sun i in., 2016; Silvagni i in., 2017; Niedzielski i in., 2018), jak również operacyjnie (Murphy i in., 2008b; Albrigtsen, 2016; Van Tilburg, 2017; McRae i in., 2019). Zdjęcia z eksperymentu terenowego przeprowadzonego przez Niedzielskiego i in. (2018) przedstawione są na ryc. 10.



Ryc. 10. Eksperyment poszukiwawczy opisany przez Niedzielskiego i in. (2018), przeprowadzony z wykorzystaniem mobilnego Laboratorium Bezzałogowych Lotniczych Obserwacji Ziemi Uniwersytetu Wrocławskiego (po lewej na górze), mający na celu detekcję pozorantów (po prawej na górze i po lewej na dole) na niskopłanowych zobrazeniach lotniczych wykonanych kamerą cyfrową zamontowaną na bezzałogowym statku powietrznym eBee (po prawej na dole). Fot. Waldemar Spallek.

Birk i in. (2011) przeprowadzili testy terenowe, które pokazały, że bezzałogowe statki powietrzne są skutecznym narzędziem do generowania poglądowych map dużych obszarów w czasie rzeczywistym. Wskazali, że mogą być zastosowane w misjach na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony, m.in. do lokalizacji osób w terenie. Innym przykładem misji eksperymentalnej jest ćwiczenie Abrahmsena (2015), w ramach którego oceniono możliwość zastosowania zdalnie pilotowanego wielowirnikowca w ramach wybranych akcji ratowniczych. Realne sytuacje symulowano w formie pięciu scenariuszy: duży wypadek w ruchu drogowym, incydent ratowania osoby w górach, lawina z ofiarami, ratowanie wędkarza uwiecznionego pod cienkim

lodem, poszukiwanie ofiar w ciemności. To studium przypadku pokazało, że nawet niewielka, zdalnie sterowana platforma UAV może być skuteczna w powyższych sytuacjach. Może być wykorzystana do dostarczania ładunków na miejsce zdarzenia, jak również do prowadzenia obserwacji w warunkach przedszpitalnych, wspierając ocenę sytuacji i wymianę informacji.

W dotychczasowych próbach wspierania procedur poszukiwania osób zaginionych bezzałogowe statki powietrzne były stosowane m.in. do wykrywania ludzi na zobrazowaniach lotniczych (Cooper i Goodrich, 2008; Goodrich i in., 2008; Flynn i Cameron, 2013; Cacace i in., 2016), wykrywania ciała ludzkiego na zdjęciach lotniczych wykonanych w zakresie światła widzialnego lub podczerwieni (Rudol i Doherty, 2008; Molina i in., 2012), wykrywania rannych cywili z użyciem urządzeń CCD (*charge-coupled device*) oraz kamer termalnych (Doherty i Rudol, 2007), czy też śledzenia ruchu człowieka z wykorzystaniem sensorów podczerwieni (Miller i in., 2007). W skrajnych przypadkach zastosowanie UAV umożliwiło weryfikację, czy osoba przebywająca w miejscu trudno dostępnym uległa wypadkowi śmiertelnemu, bez konieczności podejmowania przez ratowników ryzyka, jakie wiąże się z eksploracją takich miejsc (Van Tilburg, 2017).

Asysta platform UAV nie ogranicza się do obserwacji i wykrywania osób. Bezzałogowe statki powietrzne mogą być stosowane do zapewnienia komunikacji z ratownikami lub osobami zaginionymi na obszarach, gdzie odbiór sygnału radiowego, komórkowego lub dostępność Internetu jest ograniczona (Rémy i in., 2013; Półka i in., 2017)²¹. Stanowią one również narzędzie do szybkiego dostarczania żywności, leków oraz innych potrzebnych ładunków (np. kamizelek ratunkowych czy bojek ratowniczych) do osób poszkodowanych lub ratowników, szczególnie tam, gdzie dostęp inną drogą jest niemożliwy (Doherty i Rudol, 2007; Bernard i in., 2011; Haidari i in., 2016; Gallego i in., 2019).

7.2. Przykłady dedykowanych systemów wspierających poszukiwanie osób zaginionych z użyciem dronów

Próby stworzenia rozwiązań dedykowanych poszukiwaniu osób zaginionych z zastosowaniem bezzałogowych statków powietrznych podejmowane były niejednokrotnie, a wyniki tych prac potwierdzają ogromny potencjał takich technologii do wspierania standardowych procedur poszukiwawczych. Przykładem jest inicjatywa szwajcarskich studentów o nazwie ALCEDO, której celem było stworzenie bezzałogowego statku powietrznego wspierającego ratowanie ofiar lawin poprzez wyszukiwanie i oznaczanie ich pozycji bez ko-

²¹ www.mobnet-h2020.eu/index.php/mobnet, data dostępu: 05.07.2019.

nieczności angażowania w te czynności człowieka. Inicjatywa doprowadziła w 2010 roku do budowy prototypu tego urządzenia²².

Innym przykładem jest finansowany ze środków Unii Europejskiej projekt SHERPA (Marconi i in., 2012), realizowany w latach 2013–2017. Celem projektu było opracowanie platformy robotów naziemnych i powietrznych współpracujących ze sobą, aby w sposób autonomiczny wspierać działania poszukiwawcze i ratownicze w środowiskach alpejskich. Projekt ten z perspektywy badawczej miał na celu m.in. sprawdzenie, jak poszczególne osoby i urządzenia, pełniące odmienne role w procedurach poszukiwawczych wchodzi w interakcje dążąc do osiągnięcia wspólnego celu²³.

Kolejną inicjatywą mającą na celu wsparcie poszukiwania ludzi z zastosowaniem bezzałogowych statków powietrznych jest sieć MOBNET. Jej zadaniem jest umożliwienie szybkiej lokalizacji osób odizolowanych w wyniku katastrof naturalnych lub antropogenicznych. Rozwiązanie to wykorzystuje pozycjonowanie ludzi oparte na EGNSS (*European Global Navigation Satellite Systems* = Galileo + EGNOS) oraz cyfrowe technologie komórkowe DCT (*Digital Cellular Technologies*)²⁴. W miejscowości Tromsø w Norwegii działa oddział Czerwonego Krzyża, którego wolontariusze (certyfikowani operatorzy UAV) jako pierwsi w swoim kraju i jedni z nielicznych na świecie aktywnie wykorzystują bezzałogowe statki powietrzne do poszukiwania osób zaginionych, a także rozważają włączenie tych urządzeń w procedury poszukiwania i ratowania ofiar lawin (Albrigtsen, 2016).

W pełni operacyjnym rozwiązaniem do poszukiwania osób zaginionych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych jest oprogramowanie DroneSAR opracowane przez zespół z Irlandii. DroneSAR jest aplikacją dedykowaną na urządzenia z systemem iOS, rozszerzającą funkcjonalność dziewięciu modeli bezzałogowych statków powietrznych firmy DJI o funkcje służące poszukiwaniu osób zaginionych. Ma ona za zadanie skrócić czas poszukiwań oraz zredukować ryzyko ratowników związane z przeczesywaniem terenu standardowymi metodami. Oprogramowanie umożliwia przesłanie w czasie rzeczywistym sygnału video rejestrowanego przez bezzałogowy statek powietrzny. Poprzez specjalnie zaprojektowaną do tego celu przeglądarkę (*DroneSAR browser*) możliwe jest szybkie udostępnianie tych materiałów w Internecie (jednoczesny dostęp dla wielu obserwatorów), co zwiększa szansę na sukces misji. Aplikacja posiada trzy tryby wyznaczania ścieżki lotu i wyposażona jest w funkcję przesyłania obrazu osoby zaginionej oraz jej lokalizacji do wcześniej zdefiniowanej grupy odbiorców. Oprogra-

²²www.alcedo.ethz.ch, data dostępu: 08.05.2019.

²³www.cordis.europa.eu/project/rcn/106964/factsheet/pl, data dostępu: 08.05.2019.

²⁴www.mobnet-h2020..., *op. cit.*, s. 75.

mowanie DroneSAR było rozwijane na bazie opinii zespołów ratowniczych z różnych części świata i jest dostępne w dwóch wersjach. Jedna z nich przeznaczona jest dla indywidualnych wolontariuszy, natomiast druga – bardziej zaawansowana – pozwala na dowodzenie misją i nadzorowanie pracy wielu operatorów. Zaawansowana wersja aplikacji umożliwia koordynację prac podczas dużych akcji ratunkowych z udziałem wielu zespołów poszukiwawczych. Miesięczna licencja na oprogramowanie przeznaczone dla jednego bezzałogowego statku powietrznego kosztuje 120 euro lub 100 euro, jeśli płatność odbywa się za cały rok z góry²⁵.

Na szczególną uwagę zasługuje półautomatyczny system ResQuad (Agcayazi i in., 2016). Po zarejestrowaniu obrazu na pokładzie bezzałogowego statku powietrznego uruchamiany jest automatyczny algorytm identyfikacji anomalii kolorystycznych, który na podstawie analizy histogramu zdjęcia ma za zadanie wskazać potencjalny sygnał osoby zaginionej. Gdy sygnał ten zostaje odnaleziony, zawierający go fragment zdjęcia jest zapisywany, a następnie analizowany w stacji naziemnej, gdzie dedykowana do tego zadania osoba weryfikuje czy sygnał jest poprawny.

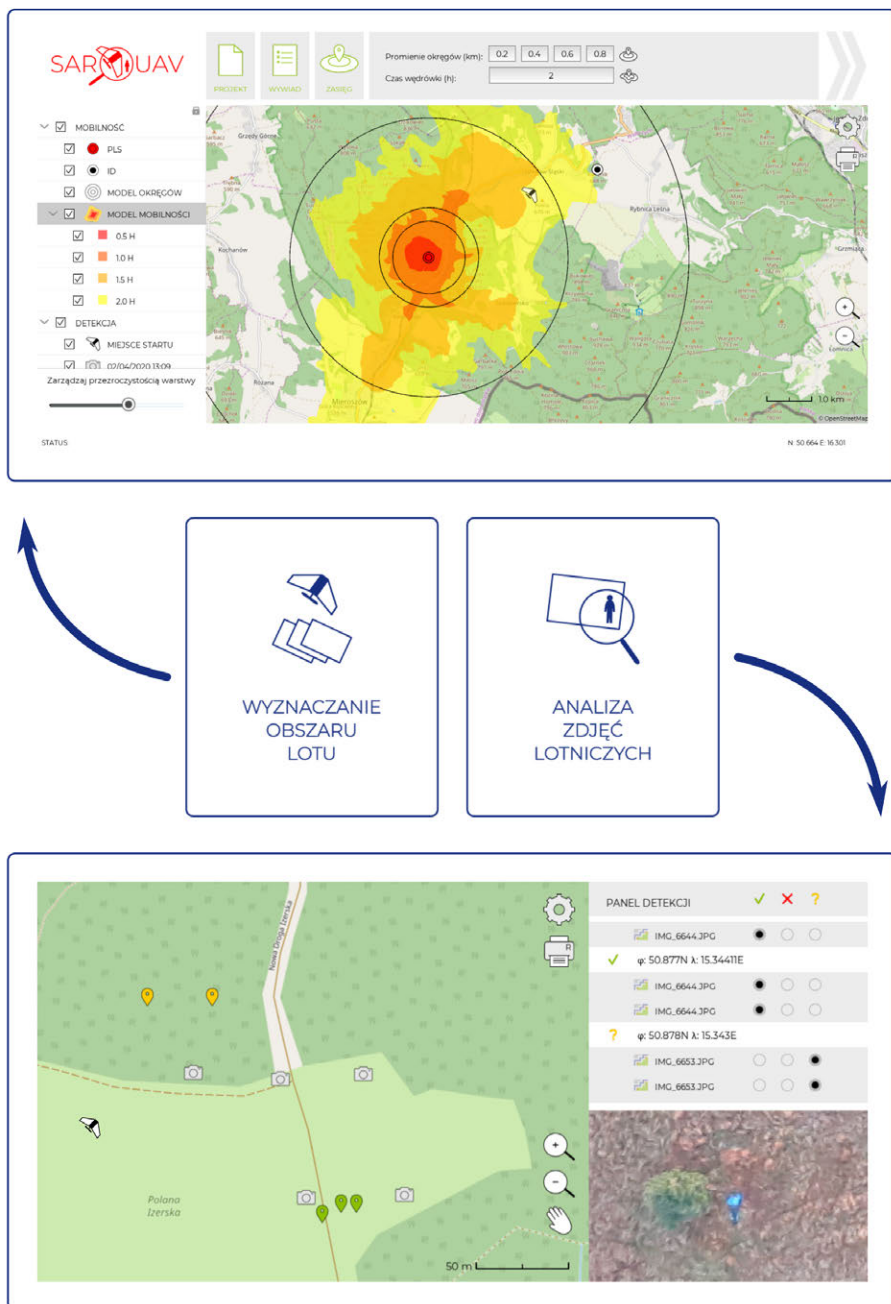
Ciekawym rozwiązaniem jest też specjalistyczny bezzałogowy statek powietrzny Pelixar SAR MR zaprojektowany przez firmę Pelixar S.A. do poszukiwań ludzi zaginionych, ze szczególnym uwzględnieniem działań w obszarach wodnych. Urządzenie pozwala na zrzucenie bojkę lub pasa ratowniczego człowiekowi tonącemu oraz odholowanie go w bezpieczne miejsce²⁶.

Systemem integrującym modelowanie zachowań osób zaginionych z automatyczną detekcją ludzi na niskopułapowych zobrazeniach lotniczych jest SARUAV²⁷, którego prototyp został opracowany na Uniwersytecie Wrocławskim. Został on rozwinięty przez zespół naukowców spółki technologicznej SARUAV sp. z o.o. działającej pod patronatem tej uczelni. System złożony jest z dwóch modułów (ryc. 11). Pierwszy z nich dzięki modelowaniu przestrzennemu wyznacza w czasie rzeczywistym obszary, na których z największym prawdopodobieństwem znajduje się człowiek zaginiony, podpowiadając operatorowi bezzałogowego statku powietrznego, z jakiego terenu należy pozyskać zobrażenia lotnicze. Po wykonaniu zdjęć są one ładowane do systemu, który w krótkim czasie wykonuje w pełni automatyczną analizę obrazu i wskazuje potencjalne miejsca przebywania człowieka.

²⁵ www.dronesarpilot.com, data dostępu: 09.05.2019.

²⁶ www.pelixar.com/sar-lotnicze-poszukiwanie-i-ratownictwo, data dostępu: 21.03.2020.

²⁷ www.saruav..., *op. cit.*, s. 65.



Ryc. 11. Interfejs użytkownika systemu SARUAV (www.saruav.pl) złożony z modułu przeznaczonego do wyznaczania obszarów rekomendowanych do obserwacji z powietrza (na górze) oraz modułu służącego do automatycznej detekcji osób poprzez analizę niskopłajowych zobrażeń lotniczych (na dole).

7.3. Automatyczna detekcja osób na zobrazeniach lotniczych

Automatyczne przetwarzanie zdjęć wykonanych kamerami cyfrowymi zainstalowanymi na bezzałogowych statkach powietrznych to wysoce pożądany element technologiczny systemu wspierającego poszukiwanie osób zaginionych (Agcayazi i in., 2016). Może on skrócić czas poszukiwań bez konieczności angażowania do tego celu grupy ratowników, a także bez dokonywania znaczących zmian w istniejących procedurach poszukiwawczych.

Temat automatycznej detekcji osób jest często podejmowany w literaturze naukowej. Istnieje wiele metod i algorytmów bazujących na przetwarzaniu zdjęć (Andriluka i in., 2010; Coulter i in., 2012; Agcayazi i in., 2016; Niedzielski i in., 2017; Lygouras i in., 2019) oraz materiałów filmowych (Rasmussen i in., 2008; Reilly i in., 2010; Flynn i Cameron, 2013; Minaeian i in., 2015; Sun i in., 2016) wykonanych w zakresie światła widzialnego. Należą do nich między innymi: sieci neuronowe (Bejiga i in., 2017; Xia i in., 2017; Tian i in., 2018; Lygouras i in., 2019), metody bazujące na cechach kolorystycznych włącznie z metodami klasyfikacyjnymi (Agcayazi i in., 2016; Niedzielski i in., 2017; Al-Kaff i in., 2019), histogramy zorientowanych gradientów (Dalal i Triggs, 2005; Zhao i in., 2015), struktury obrazowe znane w języku angielskim jako *pictorial structures* (Felzenszwalb i Huttenlocher, 2005; Andriluka i in., 2009), detektory części ciała znane jako *body-part detectors* (Felzenszwalb i in., 2008; Bourdev i Malik, 2009), klasyfikatory Haara (Gąszczak i in., 2011; Aguilar i in., 2017) czy algorytm SIFT (*scale-invariant feature transform*) (Khan i in., 2012).

Agcayazi i in. (2016) wykorzystali analizę histogramu intensywności pikseli niskopułapowego zobrazenia lotniczego w celu znalezienia anomalii na tym obrazie. Anomalie te są miejscami potencjalnego przebywania osób.

Sun i in. (2016) zaprojektowali system umożliwiający w pełni automatyczną detekcję obiektów na potrzeby działań SAR. Detekcja odbywa się w nim na podstawie obrazu wideo w dwóch trybach: w czasie rzeczywistym, podczas trwania lotu samolotu bezzałogowego (obliczenia prowadzone są na pokładzie) oraz po wylądowaniu samolotu. Autorzy przeprowadzili eksperyment terenowy z wykorzystaniem systemu i dowiedli wysokiej skuteczności automatycznej detekcji obiektów, realizowanej zarówno w czasie rzeczywistym (60% obiektów zostało poprawnie zidentyfikowanych), jak również po wylądowaniu samolotu (tylko dwa obiekty spośród 29 rozstawionych w terenie nie zostały wykryte). Dokładność wskazywanej przez system pozycji obiektów zlokalizowanych jeszcze w trakcie trwania lotu wynosiła do 60 m, natomiast po wylądowaniu samolotu – do 15 m. Na realizację misji (łącznie ze startem i lądowaniem samolotu, oraz przetworzeniem wideo) system

potrzebował do 40 minut, natomiast sam proces identyfikacji i określania pozycji obiektów odbywał się w czasie nie dłuższym niż 15 minut. Wadą eksperymentu przeprowadzonego był sposób, w jaki autorzy zaprojektowali obiekty podlegające identyfikacji (Sun i in., 2016). Człowiek był reprezentowany w terenie w postaci błękitnych prostokątnych tablic z białymi oznaczeniami literowymi, natomiast samochody – w postaci czerwonych prostokątnych tablic, z żółtymi oznaczeniami literowymi. Pomimo tego ograniczenia, system automatycznie zidentyfikował prawdziwe samochody i ludzi, którzy przypadkiem znaleźli się w obszarze eksperymentu.

Algorytmy automatycznej detekcji zastosowane przez Sun i in. (2016) dowiodły swojej skuteczności w terenie, jednak podczas eksperymentu zidentyfikowane zostały również obiekty niepożądane (podobne do testowych – jak np. błękitne wiaderka na nawozy, czy też zielone ogrodzenia i bramy). Autorzy podkreślili, że niezbędną rolę w poszukiwaniach prowadzonych z udziałem automatycznych algorytmów identyfikacji wciąż pełni człowiek, który jest bardziej niezawodny, aniżeli jakikolwiek automatyczny algorytm.

Na brak przewagi algorytmów automatycznej, nienadzorowanej detekcji ludzi nad ekspercką analizą niskopułapowych zobrażeń lotniczych wskazał też Wawrzyniak (2019). Na bazie eksperymentu okulograficznego przeprowadzonego z udziałem absolwentów kierunków geograficznych (minimum tytuł zawodowy licencjata geografii lub gospodarki przestrzennej) doszedł do wniosku, że nie da się jednoznacznie stwierdzić, czy metoda zagnieżdżonych k-średnich (Niedzielski i in., 2017) jest skuteczniejsza od analizy wzrokowej.

Detekcja osób na zdjęciach lotniczych zależy nie tylko od skuteczności algorytmu, ale też od jakości zgromadzonego materiału oraz wymogów pamięciowych, niezbędnych do przetworzenia wielu zdjęć, obejmujących swym zasięgiem przestrzennym bardzo duże obszary (Ryan i Hedrick, 2005; Morse i in., 2010; Oreifej i in., 2010; Lin i Goodrich, 2014). Sposobem na rozwiązanie problemu przetwarzania wielu zdjęć może być zaangażowanie do poszukiwań dużej liczby niskobudżetowych bezałogowych statków powietrznych (Brown i in., 2012; Kolling i in., 2013; Gaynor i Coore, 2014). Takie rozproszone w przestrzeni urządzenia, wyposażone w proste procesory, mogą niezależnie od siebie przetwarzać pozyskane zdjęcia bezpośrednio na pokładzie, umożliwiając efektywne i w pełni autonomiczne przeszukiwanie terenu (Gaynor i Coore, 2014).

Skuteczność detekcji może być też ograniczona przez niewystarczające oświetlenie, słabe warunki pogodowe, dużą gęstość roślinności, a także przez rodzaj czujnika, który został użyty do rejestracji obrazu (Woodell i in., 2005; Lin i Goodrich, 2014). Niektóre z tych efektów są możliwe do zniwelowania

dzięki zastosowaniu przekształceń obrazu, służących do poprawy jakości zdjęć (Woodell i in., 2005; Khidse i Nagori, 2014; Puniani i Arora, 2015). Mogą one poprzedzać działanie algorytmu identyfikacji i w efekcie poprawiać efekty jego działania.

Badania pokazują, że wzmacnianie koloru – uzyskane poprzez zmiany saturacji mogą być efektywną techniką wyostrzania szczegółów teksturalnych zdjęcia (Lucchese i in., 2001). Rasmussen i in. (2008) sprawdzili potencjał tej metody dla potrzeb poszukiwania osób zaginionych i wykazali, że wzmocnienie koloru obiektów nietypowych ułatwia ich wykrywanie. Metoda zaproponowana przez tych autorów polega na analizie histogramu obrazu i użyciu lokalnej miary istotności (*local saliency measure*) do odnajdywania w obszarze klatki wideo obiektów o nietypowym kolorze. Algorytm powoduje wzmocnienie nasycenia kolorów nietypowych w obszarze klatki wideo oraz osłabienie nasycenia kolorów występujących często. Mimo że metoda została zaproponowana do zwiększenia widoczności osób na nagraniach z kamery wideo i miała na celu usprawnić pracę ekspertów, którzy takie nagrania obserwują w czasie rzeczywistym (operatorów sensora), może być również zastosowana do zwiększenia skuteczności automatycznych algorytmów detekcji ludzi (Jurecka i in., 2019).

Podobne rozwiązanie zaproponowali Morse i in. (2012), którzy opracowali automatyczny detektor anomalii spektralnych do wykrywania na scenach wideo obiektów o wyróżniających się charakterystykach kolorystycznych. Algorytm ten w sposób dynamiczny buduje model naturalnej kolorystyki terenów otwartych uchwyconych na scenie i wychwytuje obiekty o odmiennej kolorystyce, mogące sugerować, że w danym miejscu, w niedalekiej przeszłości przebywała osoba zaginiona. Obiekty te są następnie wyróżniane na ekranie, dzięki czemu operator sensora może z łatwością zwerfikować poprawność sugestii.

Woodell i in. (2005) opracowali innowacyjne i bardzo skuteczne narzędzia (połączenie *Multi-scale Retinex* i *Visual Servo*), mające na celu automatyczną poprawę jakości materiału zdjęciowego, pozyskiwanego w trudnych warunkach oświetleniowych (podczas mgły, ulewy, śnieżycy, w nocy, pod wodą, czy też w trakcie pożaru). Narzędzia te na podstawie regionalnych statystyk klasyfikują ogólną jasność, kontrast i ostrość zdjęcia, a następnie wykorzystują te charakterystyki w procesie doboru metod przetwarzania, które w najlepszy sposób poprawią jakość danego obrazu. Autorzy wskazują, że jednym z zastosowań tej metody może być poszukiwanie osób zaginionych. Niedzielski i Jurecka (2018) pokazali, że mniej wyraźne niskopułapowe zobrazowania lotnicze, o ostrości zmniejszonej przez zamglenie lub obecność chmur niskiego piętra, stanowią materiał wejściowy do metody

zagnieżdżonych k-średnich (Niedzielski i in., 2017), który w określonych warunkach może zwiększać skuteczność detekcji ludzi.

Alternatywę dla analizy obrazu z zakresu światła widzialnego stanowią pozostałe przedziały zakresu fali elektromagnetycznej lub ich kombinacje. Rudol i Doherty (2008), Gąszczak i in. (2011) oraz Molina i in. (2012) do detekcji ludzi proponują użycie informacji pochodzących zarówno ze zobrażeń w zakresie światła widzialnego, jak i zdjęć termalnych. Połączenie światła widzialnego i kanału termalnego do detekcji człowieka, a także pożarów, proponują również Giitsidis i in. (2015). Opracowane przez nich algorytmy wykorzystują zdjęcia pozyskane przez bezzałogowe statki powietrzne latające na wysokości dwóch kilometrów nad ziemią. Również Blondel i in. (2014) do detekcji ludzi używają zdjęć z zakresu światła widzialnego oraz zdjęć termalnych. Zastosowanie zdjęć termalnych jako pierwszego kryterium dyskryminacyjnego pozwala na przyspieszenie obliczeń. W tym podejściu detekcja realizowana na bogatych w informację zdjęciach w zakresie światła widzialnego odbywa się wyłącznie w regionach, gdzie wcześniej zarejestrowano sygnał termalny o potencjalnym miejscu przebywania osoby zaginionej.

Rasmussen i in. (2009) do poszukiwania ludzi proponują wykorzystanie kombinacji światła widzialnego i podczerwieni. Opracowana przez nich metoda polega na łączeniu dwóch kanałów w jeden sygnał wideo po to, aby podczas poszukiwań polepszyć jakość prezentacji informacji na ekranie. Testy pokazały, że zaproponowany sposób wyświetlania jest korzystniejszy od standardowego dzielenia ekranów na dwie części i równoległego wyświetlania dwóch różnych sygnałów obok siebie (Rasmussen, 2009). Uczestnicy badań zauważyli, że obciążenie poznawcze operatora sensora zostało dzięki tej metodzie zmniejszone, natomiast zachowana została wydajność detekcji.

Do działań ratowniczych prowadzonych z użyciem robotów w środowisku miejskim używana jest także bliska podczerwień (Trierscheid i in., 2008). Do poszukiwania osób lub ciał w środowisku morskim, obok światła widzialnego (Westall i in., 2008) i różnych jego przestrzeni kolorystycznych (RGB: *red green blue*, HSV: *hue saturation value*, YcbCr: *luma blue-chrominance red-chrominance*, YIQ: *luma in-phase quadrature*), zastosowanie znajduje połączenie trzech kanałów spektralnych (zieleni, *red-edge* oraz bliskiej podczerwieni), które wykazują najwyższą skuteczność detekcji (Gallego i in., 2019). Mimo że warunki spotykane w środowisku miejskim, czy też morskim różnią się od tych, które panują na terenach niezurbanizowanych, doświadczenia wypracowane podczas poszukiwania osób w tych odmiennych środowiskach mogą poprawić detekcję osób zaginionych prowadzoną w terenach otwartych.

7.4. Integracja bezzałogowych statków powietrznych z istniejącymi procedurami

Akcja poszukiwawczo-ratunkowa to stan wyjątkowy, zarządzany przez wyznaczone organy przy użyciu dobrze ugruntowanych procesów (Kovar i Boyer, 2015). Temat integracji poszukiwań prowadzonych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych ze standardowymi procedurami poszukiwawczymi (prowadzonymi przez człowieka i w głównej mierze na lądzie) to kolejny aspekt, jaki należy wziąć pod uwagę, aby w pełni wykorzystać potencjał UAV w misjach poszukiwawczych i ratunkowych (Goodrich i in., 2007; Murphy i in., 2008b; Adams i in., 2009; Lin i in., 2010). Dla efektywności tych misji bardzo ważna jest autonomia robotów (możliwość realizowania zadań bez ingerencji ze strony człowieka lub z jego bardzo małym udziałem). Niezbędne jest również zbudowanie zespołu specjalistów z dobrze określonymi rolami każdej z osób. Goodrich i in. (2007) wyróżniają cztery role:

- operator UAV, odpowiedzialny za nawigację bezzałogowego statku powietrznego i kierowanie go w miejsca, gdzie osoba zaginiona może przebywać,
- operator sensora, odpowiedzialny za obserwację i interpretację materiału zdjęciowego nakierowaną na poszukiwanie człowieka,
- menadżer misji, odpowiedzialny za postęp poszukiwań, poprzez bieżące przetwarzanie wszystkich dostępnych informacji, alokację i relokację sprzętu oraz ludzi w terenie,
- wsparcie naziemne, czyli osoby znajdujące się w terenie, odpowiedzialne za weryfikację, czy osoba zaginiona znajduje się we wskazanej lokalizacji.

Niektórzy autorzy dla zachowania wysokiej wydajności poszukiwań zalecają konkretną liczbę osób pełniących określone role w zespole (Tso i in., 1999; Goodrich i in., 2007; Cooper i Goodrich, 2008; Murphy i in., 2008b; Lin i in., 2010), a nawet podają rekomendowaną liczbę operatorów (dwóch lub więcej), która powinna przypadać na jeden bezzałogowy statek powietrzny (Burke i Murphy, 2004; Murphy i in., 2008b).

Adams i in. (2009) przeprowadzili analizę zadań poznawczych (*cognitive task analysis* – CTA) w celu określenia, w jaki sposób technologia UAV może efektywnie wspierać poszukiwania osób zaginionych w terenach nieurbanizowanych. Zastosowanie tej metody umożliwiło dokładne zrozumienie

sposobu pozyskiwania i przepływu informacji w procedurach poszukiwania osób zaginionych oraz pozwoliło na zdefiniowanie ról i zadań, które mogą być wspierane przez technologię UAV na określonym poziomie autonomii. Lin i in. (2010) przeprowadzili podobną analizę, w której potraktowali technologię UAV jako inteligentny system, tzw. system inteligencji maszynowej (*machine intelligence system*), mogący wspierać drugi inteligentny system składający się z ludzi zaangażowanych w poszukiwanie osób zaginionych, nazywany systemem inteligencji ludzkiej (*human intelligence system*). Zaprezentowali konkretne technologie składowe systemu maszynowego, mogące wspierać ludzi w realizacji ról i zadań przypisanych im w ramach systemu ludzkiego (Lin i in., 2010; Lin, 2014).

W ramach zagadnień integracji naukowcy zajmują się również interakcjami, jakie zachodzą pomiędzy człowiekiem i robotami (Cooper i Goodrich, 2008; Lin i in., 2010), definiując ramy tych interakcji, algorytmy regulujące pracę robotów i określone strategie prowadzenia poszukiwań z udziałem bezzałogowych statków powietrznych (Jacobson i in., 2006; Bitton i Goldberg, 2008; Cacace i in., 2016). Algorytmy poszukiwania umożliwiają testowanie scenariuszy, w których liczba bezzałogowych statków powietrznych, liczba ich operatorów lub wysokość, na której realizowane są loty, jest zmienna. Testy te mają na celu znalezienie konfiguracji gwarantującej zlokalizowanie osoby zaginionej w najkrótszym możliwym czasie (Jacobson i in., 2006; Bitton i Goldberg, 2008; Waharte i in., 2010). Proponuje się również określone sposoby komunikowania się z robotami, które umożliwiają człowiekowi realizowanie zadań związanych z terenowym poszukiwaniem osoby przy jednoczesnym operowaniu bezzałogowym statkiem powietrznym (Cacace i in., 2016). Uwzględniają one komunikację gestem, głosem lub na ekranie tabletu, a także stosowanie kilku sposobów komunikacji jednocześnie (np. poprzez połączenie mowy i gestów w jednym komunikacie).

Istotnym wyzwaniem na polu interakcji zachodzących pomiędzy człowiekiem i bezzałogowymi statkami powietrznymi jest interfejs użytkownika (*user interface*) danego urządzenia (Tso i in., 1999; Cooper i Goodrich, 2008; Murphy i in., 2008b; Lin i in., 2010). Powinien on być zaprojektowany w optymalny sposób, przede wszystkim po to, aby zapewniać wystarczająco dobrą orientację w sytuacji, ale również, aby korzystająca z niego osoba nie wymagała długich szkoleń z zakresu jego obsługi (Murphy i in., 2008b). Interakcje zachodzące pomiędzy samymi robotami stanowią poważne wyzwanie, szczególnie w kontekście koordynacji działań wielu robotów zaangażowanych w misje poszukiwawcze realizowane w tym samym czasie (Ryan i Hedrick, 2005; Waharte i in., 2009; Waharte i Trigoni, 2010; Birk i in., 2011; Rémy i in., 2013).

Istotny jest też problem percepcji niskopułapowych zobrazowań lotniczych przez ratowników biorących udział w akcjach poszukiwawczych. Obiektywne, ilościowe charakterystyki opisujące tę percepcję uzyskiwane są dzięki badaniom okulograficznym, pozwalającym na rejestrację i śledzenie ruchu gałek ocznych człowieka obserwującego dany obraz. Jednym z głównych wyników tych badań jest wykazanie, że detekcja obiektów na zobrazowaniach lotniczych jest skuteczniejsza, gdy analityk przegląda statyczne zdjęcia niż w przypadku obserwacji materiałów video (Mardell i in., 2009, 2014). Wiadomo też, że widoczność znaczników wspierających detekcję wpływa na ruch oczu analityka (Giang i Keillor, 2009), a doświadczenie nie wpływa na skuteczność wzrokowej detekcji obiektów w czasie akcji poszukiwawczych (Croft i in., 2007). Na podstawie badań okulograficznych prowadzonych w ramach pracy magisterskiej Wawrzyniak (2019) doszedł do wniosku, że osoby analizujące niskopułapowe zobrazowania lotnicze w celu detekcji człowieka śledzą w pierwszej kolejności drogi i unikają analizy obszarów leśnych. Nie zidentyfikował przy tym wyraźnych schematów analizy zdjęć lotniczych prowadzonej na potrzeby znalezienia osób zaginionych. Zauważył, że studenci patrzący na te zobrazowania zwracają szczególną uwagę na kolor poszukiwanych obiektów, jak również na ich kształt, rozmiar i obecność śladów stóp na pokrywie śnieżnej.

7.5. Praktyczne aspekty poszukiwania ludzi z udziałem bezzałogowych statków powietrznych

Z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, zarówno w obszarach miejskich, jak również w terenach nieurbanizowanych lub w środowisku morskim, wiąże się kilka problemów o charakterze praktycznym. Jednym z nich jest próba odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób powinno się zaplanować ścieżkę lotu platformy UAV, aby była ona optymalna dla osiągnięcia różnorodnych celów operacyjnych (Hansen i in., 2007; Goodrich i in., 2008; Lin i Goodrich, 2009; Niedfeldt i in., 2010; Brown i in., 2012; Clark i Goodrich, 2013; Agcayazi i in., 2016). Istnieje wiele algorytmów wspierających planowanie lotów, z których część uwzględnia przede wszystkim ograniczenia kinematyczne urządzeń bezzałogowych (Bourgault i in., 2003; Wang i in., 2014) oraz ograniczenie zasięgu komunikacyjnego pomiędzy pilotem a urządzeniem (Tseng i in., 2014). W poszukiwaniu osób zaginionych algorytmy planowania trasy powinny operować w ramach określonego regionu, w którym POA jest najwyższe i szanse na odnalezienie osoby zaginionej są maksymalne (Niedfeldt i in., 2010; Lin i Goodrich, 2014; Agcayazi i in., 2016; Jurecka i Niedzielski, 2017).

Hansen i in. (2007) przeanalizowali zasady formalnej teorii poszukiwań z perspektywy możliwości ich zastosowania do planowania ścieżek lotu bezzałogowych statków powietrznych w celu zwiększenia efektywności poszukiwań. Zaproponowali będące w zgodzie z formalną teorią poszukiwań definicje wydajności i kompletności jako miar efektywności poszukiwań prowadzonych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych. Zgodnie z tymi definicjami wzrost efektywności prowadzi do skrócenia średniego czasu detekcji, natomiast kompletność jest miarą prawdopodobieństwa detekcji w sytuacji, gdy wszystkie dostępne zasoby zostały wyczerpane.

Przedstawili oni również trzy sposoby planowania ścieżek lotu bezzałogowego statku powietrznego, a także metodę ich ewaluacji przy użyciu zdefiniowanych miar efektywności poszukiwań. *Greedy search* to sposób planowania ścieżek lotu, który skupia się na wydajności poszukiwań. Planowanie ścieżek w tej metodzie odbywa się poprzez szacowanie lokalnego prawdopodobieństwa przebywania osoby zaginionej w określonej odległości i pod określonym kątem względem UAV (uwzględniającym możliwość wykonania przez niego zwrotu), a lot odbywa się w kierunku miejsc o najwyższym prawdopodobieństwie tak, aby najistotniejsze regiony odwiedzić jako pierwsze. Jedną z wad tego rozwiązania jest fakt, że bezzałogowy statek powietrzny, kierując się do regionu o wysokim prawdopodobieństwie przebywania osoby zaginionej, w procesie planowania ścieżki tego przelotu nie bierze pod uwagę potencjalnie istotnych obszarów, które mija po drodze.

Contour search koncentruje się na kompletności poszukiwań i polega na tym, że dany obszar przeszukiwany jest w sposób systematyczny, bez pomijania większych obszarów lub nakładania się tras przelotu. W tym trybie UAV podąża ścieżkami znajdującymi się w określonych odległościach między sobą, z których każda jest jednakowo ważna, niezależnie od wielkości prawdopodobieństwa przebywania w danym miejscu osoby zaginionej. Ścieżki wyznacza się w obszarze otaczającym wszystkie potencjalne miejsca przebywania osoby zaginionej, a ich przebieg zależy od kształtu tego teoretycznego obszaru.

Trzeci sposób planowania ścieżek, określanej jako *composite search*, stanowi kombinację dwóch poprzednich i umożliwia przełączanie się pomiędzy nimi. Wykorzystuje on w szczególności tryb *greedy search*, natomiast w sytuacji, gdy rozkład prawdopodobieństwa jest na danym obszarze jednostajny, odbywa się przełączenie do trybu *contour search*.

Goodrich i in. (2008) zaproponowali metodę *generalized contour searches*, w której ciągła trajektoria lotu tworzona jest na podstawie dwóch rozkładów prawdopodobieństwa przebywania w danym miejscu osoby zaginionej. Algorytm tworzy dwie ścieżki: spiralę – w oparciu o symetryczny

rozkład jednomodalny oraz zestaw równoległych do siebie prostych ścieżek rozłożonych nad prostokątnym obszarem – w oparciu o rozkład jednostajny (*lawnmower search*). Autorzy twierdzą, że proponowane przez nich planowanie ścieżek prowadzi do obserwacji gwarantujących najwyższe prawdopodobieństwo objęcia kamerą osoby zaginionej oraz zapewnia przeprowadzenie kompletnych i wydajnych poszukiwań (Goodrich i in., 2008). W innym podejściu Lin i Goodrich (2009) zadanie planowania ścieżki lotu UAV zdefiniowali jako zdyskretyzowany kombinatoryczny problem optymalizacyjny i zaproponowali zestaw własnych algorytmów służących do planowania trajektorii lotów do poszukiwania osób zaginionych w terenach nieurbanizowanych.

Rozszerzeniem tematu planowania ścieżek lotu jest zagadnienie omijania przeszkód i unikania kolizji podczas lotu (Qu i in., 2005; Meng i Gao, 2010; Dong i in., 2011; Molina i in., 2012), a także próba dostosowania lotu do warunków terenowych i pogodowych, mogących utrudniać sterowanie i destabilizować bezzałogowe statki powietrzne. Jedną z firm, która stara się rozwiązać ten problem, jest polska spółka Sky Tronic sp. z o.o., projektująca systemy sterowników do nowatorskiego autonomicznego sterowania i stabilizacji bezzałogowych statków powietrznych. Systemy nawigacyjne produkowane przez tego producenta mają na celu poprawę bezpieczeństwa lotu poprzez zastosowanie reguł logiki rozmytej i algorytmów sztucznej inteligencji tak, aby dostosować obiekt latający do nieprzewidywalnych zdarzeń, takich jak na przykład silne porywy wiatru²⁸.

Innym aspektem praktycznym są ograniczenia stosowania UAV i zamontowanych na nich sensorów w działaniach poszukiwawczych. Decydują one o wykonalności i czasie realizacji poszczególnych zadań w procedurach poszukiwawczych, a także o jakości pozyskanych zobrazowań i skuteczności detekcji (Ryan i Hedrick, 2005; Murphy i in., 2008a; Morse i in., 2008, 2010; Lin i Goodrich, 2014; Van Tilburg, 2017). Do ograniczeń tych należą możliwości samego sprzętu (np. wytrzymałość baterii, zasięg stosowanego radiomodemu, ograniczenia manewru skreślenia UAV) oraz wynikające z nich uwarunkowania lotu (maksymalna wysokość, czas oraz zasięg przestrzenny).

Precyzja i rozdzielczość sensorów wpływa na konieczność dostosowania wysokości lotu do potrzeb detekcji, konieczność stabilizacji obrazu, czy też stosowania algorytmów usuwania zniekształceń obrazu (dystorsja styczna i kąтова, winietowanie). Rozdzielczość zobrazowań lotniczych zależy od matrycy kamery i wysokości lotu. Ryc. 12 pokazuje, że przy terenowej wielkości piksela (*ground sampling distance* – GSD) około 4–5 cm/px obraz

²⁸www.skytronic.com.pl, data dostępu: 02.05.2019.



Ryc. 12. Ludzie zarejestrowani przez kamerę cyfrową w zakresie światła widzialnego Canon S110 o matrycy 12 MP, w którą standardowo wyposażony był bezzałogowy statek powietrzny eBee. Przybliżona terenowa wielkość piksela wynosi 4–5 cm.

człowieka jest zauważalny, ale nie jest w pełni szczegółowy. Nie bez znaczenia pozostaje rodzaj i jakość sygnału użytego do komunikacji z bezzałogowym statkiem powietrznym oraz do przesyłania danych. Jeśli na obszarze poszukiwań znajduje się wiele urządzeń elektronicznych, może występować niekorzystne zjawisko interferencji elektromagnetycznej ograniczające działanie służb poszukiwawczych.

Aspekty prawne to kolejna grupa ograniczeń mających wpływ na misję SAR prowadzoną z użyciem bezzałogowych statków powietrznych. Regulacje dotyczące kwalifikacji operatorów oraz możliwa ingerencja w operacje lotnicze realizowane przez załogowe statki powietrzne (np. w okolicy lotnisk) mogą miejscami uniemożliwiać odbycie misji poszukiwawczej. Ograniczenia prawne dotyczące pilotowania statku w zasięgu wzroku operatora (*visual line of sight* – VLOS) determinują możliwy zasięg lotu. Operacje w zasięgu wzroku mogą być wsparte pracą dodatkowego obserwatora, który powinien utrzymywać kontakt wzrokowy z bezzałogowym statkiem powietrznym. Przepisy obowiązujące w Polsce dopuszczają loty poza zasięgiem wzroku (*beyond visual line of sight* – BVLOS), które mogą być realizowane wyłącznie przez operatorów posiadających uprawnienia do wykonywania takich operacji lotniczych. Przestrzeń powietrzna podzielona jest na liczne strefy, w których występują różne ograniczenia wykonywania operacji lotniczych, w tym realizowanych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych.

Oprócz uwarunkowań formalno-prawnych istnieje grupa ograniczeń terenowych. Ukształtowanie terenu i jego pokrycie wyznaczają obszary niedostępne dla lotu (np. wysokie góry, wąskie kaniony, skupiska budynków), jak również ograniczają możliwości detekcyjne stosowanych sensorów (gęsty las, budynki mogące całkowicie zasłaniać osobę zaginioną, cienie obiektów



Ryc. 13. Chmury niskiego pułapu widoczne na zobrazowaniu lotniczym (po lewej), zdjęcie lotnicze terenu pokrytego śniegiem (po prawej).

występujących na obszarze poszukiwań, niewielkie drzewa i krzewy z góry przypominające sylwetkę człowieka). Kolejną grupą czynników determinujących możliwość realizacji misji SAR z użyciem bezzałogowych statków powietrznych są warunki pogodowe. Opady atmosferyczne, gęsta mgła lub silny wiatr wpływają na bezpieczeństwo lotu, często go nawet uniemożliwiając, natomiast warunki oświetleniowe, a także pokrywa śnieżna i związany z nią efekt albedo wpływają na skuteczność detekcji człowieka. Przykłady niskopułapowych zobrazowań lotniczych, na których widoczny jest wpływ chmur i pokrywy śnieżnej na obraz terenu przedstawione są na ryc. 13. Istotnym problemem przy realizacji poszukiwań osób zaginionych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych jest też lokalizacja osób będących w ruchu.

Dużym ograniczeniem możliwości zastosowania UAV w procedurach poszukiwania osób zaginionych może być dostępność sprzętu i jego kwalifikowanych operatorów dla ekip poszukiwawczych, będących często grupami wolontariackimi, dysponującymi niewielkim budżetem operacyjnym. Przykładem sposobu na przezwycięzenie tego ograniczenia jest inicjatywa wolontariacka SARdrones, znana jako SWARM (*Search With Aerial Rc Multi-rotor*, zrzeszająca licencjonowanych operatorów bezzałogowych statków powietrznych z całego świata, którzy dla potrzeb poszukiwania osób zaginionych udostępniają swój sprzęt, umiejętności oraz czas. Organizacja ta zrzesza ponad 7500 operatorów bezzałogowych statków powietrznych – wolontariuszy z 46 krajów, którzy dysponując sprzętem, kompetencjami i umiejętnościami mogą nieodpłatnie włączyć się w procedury poszukiwania osób zaginionych, jeśli lokalne władze wyrażają na to zgodę²⁹. Ciekawym

²⁹ www.sardrones.org, data dostępu: 08.05.2019.

rozszerzeniem działalności tej organizacji jest dyspozycyjność operatorów do poszukiwania zaginionych zwierząt domowych³⁰. Innym przykładem rozwiązywania problemów dostępności sprzętu i zasobów ludzkich jest zmiana sposobu zarządzania dostępnymi zasobami, opierająca się na rozwiązaniach chmurowych i przydzielaniu sprzętu, operatorów i mocy obliczeniowej dla konkretnych zdarzeń za pośrednictwem scentralizowanego systemu zarządzania robotami (Silvagni i in., 2016).

Na niektóre utrudnienia związane ze stosowaniem bezzałogowych statków powietrznych w działaniach poszukiwawczych zespoły ratownicze nie mają wpływu, konieczne jest więc ich zaakceptowanie i świadomość błędów, które mogą powodować. Ograniczenia te pokazują, że pomimo powierzenia znaczącej części zadań robotom, najważniejszą rolę w procedurach poszukiwawczych powinien odgrywać człowiek. Nawet jeśli zadania bezzałogowych statków powietrznych mogą być wykonywane w sposób autonomiczny, ekipy poszukiwawcze powinny mieć możliwość przerwania i modyfikacji tych zadań na każdym etapie ich realizacji (Tso i in., 1999; Murphy i in., 2008b; Lin i in., 2010; Lin, 2014).

³⁰www.swarmcritters.sardrones.org, data dostępu: 08.05.2019.

8. Podsumowanie

Mimo coraz szybszego rozwoju społeczeństwa informacyjnego (Zacher, 2018), w którym jednostki powszechnie wykorzystują technologie informacyjne i telekomunikacyjne, liczba zaginięć w Polsce utrzymuje się od ponad dziesięciu lat na podobnym poziomie³¹. Oczywiście jest, że tylko część tych przypadków kwalifikowana jest jako zaginięcia w niezagospodarowanych terenach otwartych. Szacuje się, że w Polsce ma miejsce jedna taka sytuacja dziennie (Raport Itaka, 2015). Mimo szerokiej dostępności urządzeń przenośnych oferujących powszechny dostęp do informacji i gwarantujących bezprzewodową komunikację, w tym rozwiązań zwiększających bezpieczeństwo turystów (np. aplikacja Ratunek³²), oraz mimo ich rozpowszechnia wśród turystów (Siguencia i in., 2016), ciągle potrzebne są nowe narzędzia geoinformatyczne wspierające poszukiwania osób zaginionych w terenach otwartych.

O wadze i aktualności tematu świadczy obszerna literatura przedmiotu, której przegląd przedstawiony jest w tej książce. Głównym problemem identyfikowanym w piśmiennictwie jest czas, którego upływ od zaginięcia zmniejsza szanse na przeżycie poszukiwanej osoby (Adams i in., 2007). Narzędzia informatyczne oparte na nowych metodach wyznaczania obszaru przebywania człowieka i automatycznej detekcji ludzi pozwalają na skrócenie tego czasu, zwiększając szanse na przeżycie osoby zaginionej. Wybrane tytuły publikacji naukowych potwierdzają wagę problemu, często wprost podkreślając niebezpieczeństwo sytuacji, w których może znaleźć się człowiek zaginiony, czego przykładem są artykuły: *Search is a time-critical event: when search and rescue missions may become futile* (Adams i in., 2007) oraz *Dead men walking: search and rescue in US National Parks* (Heggie i Amundson, 2009).

Podsumowaniem tego opracowania powinny być przykłady takich zastosowań narzędzi i metod geoinformatycznych, które pozwoliły na identyfikację osób zaginionych w terenach otwartych w warunkach operacyjnych. Przykładów takich skutecznych działań wspartych nowymi technologiami jest wiele, co raportują ratownicy różnych organizacji zajmujących się działaniami poszukiwawczymi (Sabała-Zielińska, 2018), a tylko mała ich część jest opisywana w literaturze naukowej. McRae i in. (2019) opisali spektakularną akcję w Himalajach, podczas której dwóch polskich himalaistów wykorzystało wielowirnikowiec do detekcji szkockiego himalaisty, który uległ

³¹ www.statystyka.policja..., *op. cit.*, s. 9.

³² www.fundacja.gopr.pl/Aplikacja-RATUNEK, data dostępu: 28.03.2020.

wypadkowi w górach³³. Dzięki bezzałogowemu statkowi powietrznemu, a przede wszystkim jego operatorom, możliwe było uratowanie poszkodowanego wspinacza.

Przykłady podobnych działań, ale prowadzonych już w bardziej dogodnych warunkach środowiskowych, stają się powoli codziennością w pracy służb, czego dowodem jest akcja w hrabstwie Norfolk w Wielkiej Brytanii, gdzie człowiek zaginiony został znaleziony żywy po 21 godzinach dzięki użyciu policyjnego bezzałogowe statku powietrznego³⁴. Wentkowska (2016) szczegółowo opisała trzydniowe poszukiwania 79-letniej kobiety, która była chora na schizofrenię, była niedosłyszająca i miewała zaniki pamięci. Akcja miała miejsce na Mazurach, a wśród zastosowanych narzędzi były odbiorniki GPS. Posłużyły one zarówno do odtworzenia trasy wycieczki rowerowej, w trakcie której doszło do zaginięcia, jak i do wyznaczania śladów zespołów poszukiwawczych. Działania zakończyły się sukcesem i odnalezieniem osoby zaginionej, która znajdowała się w stanie ogólnym dobrym.

Nie zawsze jednak pomoc dociera na czas lub jest niemożliwa z uwagi na wystąpienie śmiertelnych obrażeń. Van Tilburg (2017) opisał właśnie taki tragiczny przypadek, w którym bezzałogowy statek powietrzny był wykorzystany do potwierdzenia lokalizacji ofiary wypadku w kanionie w stanie Oregon w Stanach Zjednoczonych. Dane pozwoliły podjąć decyzję o dalszych działaniach prowadzonych przez służby ratownicze.

Przykłady te są motywacją do dalszych badań naukowych i prac na rzecz rozwoju metod i systemów wspierających poszukiwanie osób zaginionych. Jednym z celów monografii było dokonanie przeglądu obszernej literatury przedmiotu, ze szczególnym uwzględnieniem metod i narzędzi stosowanych w naukach geograficznych, wspomagających działania poszukiwawcze. Książka może być zatem przydatna zarówno dla naukowców, którzy prowadzą dalsze badania nad problematyką osób zaginionych, jak i dla praktyków wykorzystujących w codziennej pracy znane metody matematyczne i narzędzia informatyczne.

³³www.bbc.com/news/uk-scotland-highlands-islands-44858758, data dostępu: 28.03.2020.

³⁴www.bbc.com/news/uk-england-norfolk-44526984, data dostępu: 28.03.2020.

Wykaz skrótów

AFIS – *Automated Fingerprint Identification System*
 BSP – bezzałogowy statek powietrzny (patrz: UAV)
 BVLOS – *beyond visual line of sight*
 CASIE – *Computer Aided Search Information Exchange*
 CCD – *charge-coupled device*
 CPOZ – Centrum Poszukiwań Osób Zaginionych
 CR – *close range*
 CTA – *cognitive task analysis*
 DCT – *Digital Cellular Technologies*
 EGNSS – *European Global Navigation Satellite Systems*
 GIS – *geographic information system* (system informacji geograficznej)
 GOPR – Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe
 GPS – *Global Positioning System* (globalny system pozycjonowania)
 GSD – *ground sampling distance*
 HALE – *high altitude long endurance*
 HSV – *hue saturation value*
 IC – *incident commander*
 ICP – *incident command post*
 ICS – *incident command system*
 ID – *intended destination*
 IGT4SAR – *Integrated Geospatial Tools for Search and Rescue*
 IPP – *initial planning point*
 ISRID – *International Search & Rescue Incident Database*
 KDR – kierującym działaniem ratowniczym
 KGP – Komenda Główna Policji
 KSIP – Krajowy System Informacyjny Policji
 KSRG – Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy
 LKP – *last known point*
 LN – *lognormal distance model*
 MIDE – *the Método de Información de Excursiones*
 NASAR – *National Association for Search and Rescue*
 OSP – Ochotnicza Straż Pożarna
 PCK – Polski Czerwony Krzyż
 PDD – *probability density distribution*
 PDF – *probability density function*
 PLS – *point last seen*
 POA – *probability of area*
 POC – *probability of containment*

POD – *probability of detection*
PODCum – *cumulative probability of detection*
POPR – Poszukiwawcze Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe
POS – *probability of success*
PSAR – *preventive search and rescue*
PSP – Państwowa Straż Pożarna
RGB – *red green blue* (oznaczenie addytywnego systemu barw)
SAR – *search and rescue*
SARUAV – *Search and Rescue Unmanned Aerial Vehicle*
SARX – *Search and Rescue Explorer*
SGPR – specjalistyczna grupa poszukiwawczo-ratownicza
SIFT – *scale-invariant feature transform*
SIS – System Informacyjny Schengen
SG – Straż Graniczna
SP ZOZ LPR – Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej Lotnicze Pogotowie Ratunkowe
SR – *short range*
STORAT – Stowarzyszenie Cywilnych Zespołów Ratowniczych z Psami
SWARM – *Search With Aerial Rc Multi-rotor*
TOPR – Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe
UAV – *unmanned aerial vehicle* (patrz: BSP)
US&R lub USAR – *urban search and rescue*
VLOS – *visual line of sight*
WiSAR – *wilderness search and rescue*
WOPR – Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe
WP – Wojsko Polskie
YcbCr – *luma blue-chrominance red-chrominance* (jedna z przestrzeni barw)
YIQ – *luma in-phase quadrature* (jedna z przestrzeni barw)

Literatura

- Abi-Zeid I., Frost J.R., 2005. SARPlan: A decision support system for Canadian Search and Rescue Operations. *European Journal of Operational Research* 162(3), 630–653.
- Abrahamsen H.B., 2015. A remotely piloted aircraft system in major incident management: concept and pilot, feasibility study. *BMC Emergency Medicine*, 15, 12(1–12).
- Adams A.L., Schmidt T.A., Newgard C.D., Federiuk C.S., Christie M., Scorvo S., DeFreest M., 2007. Search is a time-critical event: when search and rescue missions may become futile. *Wilderness & Environmental Medicine* 18(2), 95–101.
- Adams J.A., Humphrey C.M., Goodrich M.A., Cooper J.L., Morse B.S., Engh C., Rasmussen N., 2009. Cognitive task analysis for developing unmanned aerial vehicle wilderness search support. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 3(1), 1–26.
- Agcayazi M.T., Cawi E., Jurgenson A., Ghassemi P., Cook G., 2016. ResQuad: Toward a semi-autonomous wilderness search and rescue unmanned aerial system. [W:] 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE, 898–904.
- Aguilar W.G., Luna M.A., Moya J.F., Abad V., Parra H., Ruiz H., 2017. Pedestrian detection for UAVs using cascade classifiers with meanshift. [W:] 2017 IEEE 11th International Conference on Semantic Computing (ICSC), IEEE, 509–514.
- Albrigtsen A., 2016. The application of unmanned aerial vehicles for snow avalanche search and rescue. Master's Thesis, UiT The Arctic University of Norway.
- Al-Kaff A., Gómez-Silva M.J., Moreno F.M., de la Escalera A., Armingol J.M., 2019. An appearance-based tracking algorithm for aerial search and rescue purposes. *Sensors* 19(3), 652(1–30).
- Andriluka M., Roth S., Schiele B., 2009. Pictorial structures revisited: People detection and articulated pose estimation. [W:] 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 1014–1021.
- Andriluka M., Schnitzspan P., Meyer J., Kohlbrecher S., Petersen K., Von Stryk O., Roth S., Schiele B., 2010. Vision based victim detection from

- unmanned aerial vehicles. [W:] 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE, 1740–1747.
- Bejiga M., Zeggada A., Nouffidj A., Melgani F., 2017. A convolutional neural network approach for assisting avalanche search and rescue operations with UAV imagery. *Remote Sensing* 9(2), 100(1–22).
- Bernard M., Kondak K., Maza I., Ollero A., 2011. Autonomous transportation and deployment with aerial robots for search and rescue missions. *Journal of Field Robotics* 28(6), 914–931.
- Birk A., Wiggerich B., Bülow H., Pfingsthorn M., Schwertfeger S., 2011. Safety, security, and rescue missions with an unmanned aerial vehicle (UAV). *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 64(1), 57–76.
- Bitton E., Goldberg K., 2008. Hydra: A framework and algorithms for mixed-initiative UAV-assisted search and rescue. [W:] 2008 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, IEEE, 61–66.
- Blondel P., Potelle A., Pégard C., Lozano R., 2014. Fast and viewpoint robust human detection for SAR operations. [W:] 2014 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, IEEE, 1–6.
- Bodziak A., 2005. Nietypowe metody poszukiwania ofiar wypadków na wodzie oraz profilaktyka oględzin miejsca znalezienia zwłok pod wodą. *Polish Hyperbaric Research* 2(11), 41–48.
- Bourdev L., Malik J., 2009. Poselets: Body part detectors trained using 3d human pose annotations. [W:] 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision, IEEE, 1365–1372.
- Bourgault F., Furukawa T., Durrant-Whyte H.F., 2003. Optimal search for a lost target in a bayesian world. [W:] *Field and service robotics*, Springer, Berlin, Heidelberg, 209–222.
- Brown A.W., Franklin B.E., Estabrook J.G., 2012. Sensor Processing and Path Planning Framework for a Search and Rescue UAV Network. Worcester Polytechnic Institute, Digital WPI (<https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/1748>).
- Burke J.L., Murphy R.R., 2004. Human-robot interaction in USAR technical search: Two heads are better than one. [W:] RO-MAN 2004, 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (IEEE Catalog No. 04TH8759), IEEE, 307–312.

- Cacace J., Finzi A., Lippiello V., 2016. Multimodal interaction with multiple co-located drones in search and rescue missions. arXiv preprint arXiv:1605.07316.
- Castle T.S., 1998. Coordinated Inland Area Search and Rescue (SAR) Planning and Execution Tool. Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- Chrustek R., Zaród M., Filipkowska E., 2012. GIS w analizach zachowań ludzi zaginionych. *Kalejdoskop GIS*, Tom 1, 8283.
- Chrustek R., 2015. Poszukiwania osób zaginionych: szybka trójka poszukiwawcza – metoda szczegółowego przeszukania terenu. *ArcanaGIS*, wiosna 2015, *GIS Trendy*, 33–37.
- Ciesa M., Grigolato S., Cavalli R., 2014. Analysis on vehicle and walking speeds of search and rescue ground crews in mountainous areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 5, 48–57.
- Ciolfi M., Mengon L., Vitti A., Zatelli P., Zotte F., 2006. A GIS-based decision support system for the management of SAR operations in mountain areas. Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Trento Italia.
- Claesson A., Svensson L., Nordberg P., Ringh M., Rosenqvist M., Djarv T., Samuelsson J., Hernborg O., Dahlbom P., Jansson A., Hollenberg J., 2017. Drones may be used to save lives in out of hospital cardiac arrest due to drowning. *Resuscitation* 114, 152–156.
- Clark S., Goodrich M.A., 2013. A hierarchical flight planner for sensor-driven UAV missions. [W:] 2013 IEEE RO-MAN, IEEE, 509–514.
- Cooper J., Goodrich M.A., 2008. Towards combining UAV and sensor operator roles in UAV-enabled visual search. [W:] Proceedings of the 3rd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, ACM, 351–358.
- Cooper D.C., Frost J.R., Robe R.Q., 2003. Compatibility of Land SAR Procedures with Search Theory. Potomac Management Group, Alexandria, VA.
- Coulter L., Stow D., Tsai Y.H., Chavis C., Lippitt C.D., Fraley G.W., McCreight R.W., 2012. Automated detection of people and vehicles in natural environments using high temporal resolution airborne remote sensing. [W:] Proceedings of the ASPRS Annual Conference, 78–90.

- Cova T.J., 1999. GIS in emergency management. *Geographical Information Systems* 2, 845–858.
- Croft J.L., Pittman D.J., Scialfa C.C.T., 2007. Gaze behavior of spotters during an air-to-ground search. *Human Factors* 49(4), 671–678.
- Cutter S.L., 2003. GI science, disasters, and emergency management. *Transactions in GIS* 7(4), 439–446.
- Dalal N., Triggs B., 2005. Histograms of oriented gradients for human detection. [W:] *International Conference on Computer Vision & Pattern Recognition (CVPR'05)*, IEEE Computer Society, vol. 1, 886–893.
- Danser R.A., 2018. Applying Least Cost Path Analysis to Search and Rescue Data: A Case Study in Yosemite National Park. Master's Thesis, University of Southern California.
- Doherty P.J., 2013. The applications of GISystems to wilderness search and rescue, an overview within a GIScience context and examples from Yosemite National Park. Doctoral dissertation, University of California Merced.
- Doherty P., Rudol P., 2007. A UAV search and rescue scenario with human body detection and geolocalization. [W:] *Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1–13.
- Doherty P., Guo Q., Alvarez O., 2013. Expert versus machine: a comparison of two suitability models for emergency helicopter landing areas in Yosemite National Park. *The Professional Geographer* 65(3), 466–481.
- Doherty P.J., Guo Q., Doke J., Ferguson D., 2014a. An analysis of probability of area techniques for missing persons in Yosemite National Park. *Applied Geography* 47, 99–110.
- Doherty P.J., Guo Q., Li W., Doke J., 2014b. Space-time analyses for forecasting future incident occurrence: a case study from Yosemite National Park using the presence and background learning algorithm. *International Journal of Geographical Information Science* 28(5), 910–927.
- Doke J., 2012. Analysis of search incidents and lost person behavior in Yosemite National Park. Master's thesis, University of Kansas.
- Donaldson G.C., Rintamäki H., Näyhä S., 2001. Outdoor clothing: its relationship to geography, climate, behaviour and cold-related mortality in Europe. *International Journal of Biometeorology* 45(1), 45–51.

- Dong Z., Chen Z., Zhou R., Zhang R., 2011. A hybrid approach of virtual force and A* search algorithm for UAV path re-planning. [W:] 2011 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, IEEE, 1140–1145.
- Drexel S., Zimmermann-Janschitz S., Koester R., 2018. Network analysis for search areas in WiSAR operations. *International Journal of Emergency Services* 7(3), 192–202.
- Durkee G., Glynn-Linaris V., 2012. Using GIS for wildland search and rescue. ESRI, Redlands, CA.
- Felzenszwalb P., Huttenlocher D.P., 2005. Pictorial structures for object recognition. *International Journal of Computer Vision* 61, 55–79.
- Felzenszwalb P.F., McAllester D.A., Ramanan D., 2008. A discriminatively trained, multiscale, deformable part model. [W:] 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Anchorage, AK, 1–8.
- Ferguson D., 2008. GIS for wilderness search and rescue. [W:] *Proceedings of ESRI Federal User Conference*.
- Flynn H., Cameron S., 2013. Multi-modal people detection from aerial video. [W:] *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Recognition Systems CORES 2013*, Springer, Heidelberg, 815–824.
- Frost J.R., 1999a. Principles of search theory, part I: Detection. *Response* 17(2), 1–7.
- Frost J.R., 1999b. Principles of search theory, part II: Effort, coverage, and POD. *Response* 17(2), 8–15.
- Frost J.R., 2000. Principles of Search Theory. Colorado Search and Rescue Association, www.coloradosarboard.org (data dostępu: 01.02.2018).
- Frost J.R., Stone L.D., 2001. Review of search theory: advances and applications to search and rescue decision support (No. CG-D-15-01). US Coast Guard Research and Development Center, Soza & Company Ltd., Metron Inc., VA.
- Gallego A.J., Pertusa A., Gil P., Fisher R.B., 2019. Detection of bodies in maritime rescue operations using unmanned aerial vehicles with multi-spectral cameras. *Journal of Field Robotics* 36(4), 782–796.

- Gaynor P., Coore D., 2014. Towards distributed wilderness search using a reliable distributed storage device built from a swarm of miniature UAVs. [W:] 2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE, 596–601.
- Gąszczak A., Breckon T.P., Han J., 2011. Real-time people and vehicle detection from UAV imagery. [W:] Intelligent Robots and Computer Vision XXVIII: Algorithms and Techniques, International Society for Optics and Photonics, vol. 7878, 78780B.
- Giang W., Keillor J., 2009. Effects of cue saliency in an assisted target detection system for search and rescue. [W:] 2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity, IEEE, 527–532.
- Gibb G., Woolnough P., 2007. Missing persons: Understanding, planning, responding. Grampian Police, Aberdeen.
- Giitsidis T., Karakasis E.G., Gasteratos A., Sirakoulis G.C., 2015. Human and fire detection from high altitude UAV images. [W:] 2015 23rd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing, IEEE, 309–315.
- Goodrich M.A., Cooper J.L., Adams J.A., Humphrey C., Zeeman R., Buss B.G., 2007. Using a mini-UAV to support wilderness search and rescue: Practices for human-robot teaming. [W:] 2007 IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, IEEE, 1–6.
- Goodrich M.A., Morse B.S., Gerhardt D., Cooper J.L., Quigley M., Adams J.A., Humphrey C., 2008. Supporting wilderness search and rescue using a camera-equipped mini UAV. *Journal of Field Robotics* 25(1–2), 89–110.
- Goodrich M.A., Morse B.S., Engh C., Cooper J.L., Adams J.A., 2009. Towards using unmanned aerial vehicles (UAVs) in wilderness search and rescue: Lessons from field trials. *Interaction Studies* 10(3), 453–478.
- Graham-Rowe D., 2010. Cheap drones could replace search-and-rescue helicopters. *New Scientist* 207(2769), 20.
- Grissom C.K., Thomas F., James B., 2006. Medical helicopters in wilderness search and rescue operations. *Air Medical Journal* 25(1), 18–25.
- Habib M.K., Baudoin Y., 2010. Robot-assisted risky intervention, search, rescue and environmental surveillance. *International Journal of Advanced Robotic Systems* 7(1), 10.

- Haidari L.A., Brown S.T., Ferguson M., Bancroft E., Spiker M., Wilcox A., Ambikapathi R., Sampath V., Connor D.L., Lee B.Y., 2016. The economic and operational value of using drones to transport vaccines. *Vaccine* 34(34), 4062–4067.
- Haidari LA1, Brown ST1, Ferguson M2, Bancroft E3, Spiker M2, Wilcox A3, Ambikapathi R2, Sampath V3, Connor DL4, Lee BY5.
- Hansen S., McLain T., Goodrich M., 2007. Probabilistic searching using a small unmanned aerial vehicle. [W:] *AIAA Infotech Aerospace 2007 Conference and Exhibit*, 2740.
- Heggie T.W., 2008. Search and Rescue in Alaska's National Parks. *Travel Medicine and Infectious Disease* 6, 355–361.
- Heggie T.W., Heggie T.M., 2008. Search and Rescue Trends and the Emergency Medical Service Workload in Utah's National Parks. *Wilderness & Environmental Medicine* 19164–171.
- Heggie T.W., Heggie T.M., 2009. Search and Rescue Trends Associated With Recreational Travel in US National Parks. *Journal of Travel Medicine* 16, 23–27.
- Heggie T.W., Amundson M.E., 2009. Dead men walking: search and rescue in US National Parks. *Wilderness & Environmental Medicine* 20(3), 244–249.
- Heth C.D., Cornell E.H., 1998. Characteristics of travel by persons lost in Albertan wilderness areas. *Journal of Environmental Psychology* 18(3), 223–235.
- Hill K.A., 1998. *The Psychology of Lost*. [W:] *Lost Person Behavior*. National SAR Secretariat, Ottawa, Canada.
- Huang J.H., Amjad S., Mishra S., 2005. Cenwits: a sensor-based loosely coupled search and rescue system using witnesses. [W:] *Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*, ACM, 180–191.
- Hung E.K., Townes D.A., 2007. Search and rescue in Yosemite National Park: a 10-year review. *Wilderness & Environmental Medicine* 18(2), 111–116.
- Imhof E., 1950. *Gelaende und Karte*. Rentsch, Zurich, Switzerland.

- Jacobson S.H., McLay L.A., Hall S.N., Henderson D., Vaughan D.E., 2006. Optimal search strategies using simultaneous generalized hill climbing algorithms. *Mathematical and Computer Modelling* 43(9–10), 1061–1073.
- Jobe R.T., White P.S., 2009. A new cost-distance model for human accessibility and an evaluation of accessibility bias in permanent vegetation plots in Great Smoky Mountains National Park, USA. *Journal of Vegetation Science* 20(6), 1099–1109.
- Johnson M.P., 2016. Evaluating the Utility of a Geographic Information Systems-Based Mobility Model in Search and Rescue Operations. Master's thesis, University of Southern California.
- Jurecka M., Niedzielski T., 2017. A procedure for delineating a search region in the UAV-based SAR activities. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 8, 53–72.
- Jurecka M., Miziński B., Niedzielski T., 2019. Impact of boosting saturation on automatic human detection in imagery acquired by unmanned aerial vehicles. *Journal of Applied Remote Sensing* 13(4), 044525-(1–16).
- Khan F.S., Anwer R.M., Van De Weijer J., Bagdanov A.D., Vanrell M., Lopez A.M., 2012. Color attributes for object detection. [W:] 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 3306–3313.
- Khidse S., Nagori M., 2014. Implementation and comparison of image enhancement techniques. *International Journal of Computer Applications* 96(4), 9–16.
- Koester R.J., 2008. Lost Person Behavior: A Search and Rescue. dbs Productions LLC.
- Koester R.J., Stooksbury D.E., 1995. Behavioral profile of possible Alzheimer's disease patients in Virginia search and rescue incidents. *Wilderness & Environmental Medicine* 6(1), 34–43.
- Koester R.J., Cooper D.C., Frost J.R., Robe R.Q., 2004. Sweep width estimation for ground search and rescue. Potomac Management Group Inc.
- Kolling A., Kleiner A., Rudol P., 2013. Fast guaranteed search with unmanned aerial vehicles. [W:] 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE, 6013–6018.

- Koopman B.O., 1979. Search and its optimization. *The American Mathematical Monthly* 86(7), 527–540.
- Koopman B.O., 1980. Search and screening: general principles with historical applications (Vol. 7). Pergamon Press, New York.
- Kovar D, Boyer C., 2015. Unmanned Aerial Systems Position Paper. Updated September 2015. Centreville, VA, National Association for Search and Rescue (https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/nasar/pages/53/attachments/original/1486587474/UAS_Position_Paper_CB.docx?1486587474, data dostępu 22.03.2020).
- Kruijff G.-J.M., Pirri F., Gianni M., Papadakis P., Pizzoli M., Sinha A., Tretyakov V., Linder T., Pianese E., Corrao S., Priori F., Febrini S., Angeletti S., 2012. Rescue robots at earthquake-hit Mirandola, Italy: A field report. [W:] 2012 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), IEEE, 1–8.
- Langmuir E., 1984. Mountaincraft and leadership: A handbook for mountaineers and hillwalking leaders in the British Isles (1st Edition). Scottish Sports Council, Edinburgh.
- Lin R., 2014. Managing Autonomy by Hierarchically Managing Information: Autonomy and Information at the Right Time and the Right Place. All Theses and Dissertations 4014.
- Lin L., Goodrich M.A., 2009. UAV intelligent path planning for wilderness search and rescue. [W:] 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE, 709–714.
- Lin L., Goodrich M.A., 2010. A Bayesian approach to modeling lost person behaviors based on terrain features in wilderness search and rescue. *Computational and Mathematical Organization Theory* 16(3), 300–323.
- Lin L., Goodrich M.A., 2014. Hierarchical heuristic search using a Gaussian mixture model for UAV coverage planning. *IEEE Transactions on Cybernetics* 44(12), 2532–2544.
- Lin L., Roscheck M., Goodrich M.A., Morse B.S., 2010. Supporting wilderness search and rescue with integrated intelligence: autonomy and information at the right time and the right place. [W:] Proceedings of the Twenty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-10), 1542–1547.

- Lisowicz M., 2019. Porównanie wybranych metod poszukiwania osób zaginionych w terenie otwartym na przykładzie działań Grupy Jurajskiej Górskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego. Praca magisterska, Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego „Apeiron” w Krakowie.
- Lucchese L., Mitra S.K., Mukherjee J., 2001. A new algorithm based on saturation and desaturation in the xy chromaticity diagram for enhancement and re-rendition of color images. [W:] Proceedings 2001 International Conference on Image Processing (Cat. No. 01CH37205), IEEE, vol. 2, 1077–1080.
- Lygouras E., Santavas N., Taitzoglou A., Tarchanidis K., Mitropoulos A., Gasteratos A., 2019. Unsupervised Human Detection with an Embedded Vision System on a Fully Autonomous UAV for Search and Rescue Operations. *Sensors* 19(16), 3542(1–20).
- Macwan A., Vilela J., Nejat G., Benhabib B., 2014. A multirobot path-planning strategy for autonomous wilderness search and rescue. *IEEE Transactions on Cybernetics* 45(9), 1784–1797.
- Magyari-Sáska Z., Dombay S., 2012. Determining minimum hiking time using DEM. *Geographica Napocensis Anul* 82(4), 124–129.
- Marconi L., Melchiorri C., Beetz M., Pangercic D., Siegwart R., Leutenegger S., Carloni R., Stramigioli S., Bruyninckx H., Doherty P., Kleiner A., Lippiello A., Finzi A., Siciliano B., Sala A., Tomatis N., 2012. The SHERPA project: Smart collaboration between humans and ground-aerial robots for improving rescuing activities in alpine environments. [W:] 2012 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), IEEE, 1–4.
- Mardell J., Witkowski M., Spence R., 2009. Detecting search and rescue targets in moving aerial images using eye-Gaze. [W:] The 5th Conference on Communication by Gaze Interaction – COGAIN 2009: Gaze Interaction For Those Who Want It Most, 67–70.
- Mardell J., Witkowski M., Spence R., 2014. A comparison of image inspection modes for a visual search and rescue task. *Behaviour & Information Technology* 33(9), 905–918.
- Mattson R.J., 1980. Establishing search priorities. [W:] Search theory and applications, Springer, Boston, MA, 93–97.

- Márquez-Pérez J., Vallejo-Villalta I., Álvarez-Francoso J.I., 2017. Estimated travel time for walking trails in natural areas. *Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography* 117(1), 53–62.
- Mazur J., Sanetra-Pólgrabi S., 2018. Miejsce wolontariackich grup dyspozycyjnych w systemie bezpieczeństwa państwa oraz w zarządzaniu kryzysowym na przykładzie GOPR i WOPR. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków.
- McRae J.N., Gay C.J., Nielsen B.M., Hunt A.P., 2019. Using an Unmanned Aircraft System (Drone) to Conduct a Complex High Altitude Search and Rescue Operation: A Case Study. *Wilderness & Environmental Medicine* 30(3), 287–290.
- Meloche J., 1995. Tactical aspects of search and rescue operations. *Statistics & Probability Letters* 25(3), 271–279.
- Meng B.B., Gao X., 2010. UAV path planning based on bidirectional sparse A* search algorithm. [W:] 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, IEEE, vol. 3, 1106–1109).
- Miller H.J., Bridwell S.A., 2009. A field-based theory for time geography. *Annals of the Association of American Geographers* 99(1), 49–75.
- Miller A., Babenko P., Hu M., Shah M., 2007. Person tracking in UAV video. [W:] *Multimodal Technologies for Perception of Humans*, Springer, Berlin, Heidelberg, 215–220.
- Minaeian S., Liu J., Son Y.J., 2015. Vision-based target detection and localization via a team of cooperative UAV and UGVs. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 46(7), 1005–1016.
- Minetti A.E., Moia C., Roi G.S., Susta D., Ferretti G., 2002. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of Applied Physiology* 93, 1039–1046.
- Mohibullah W., Julier S.J., 2011. Stigmergic search for a lost target in wilderness. [W:] *Sensor Signal Processing for Defence (SSPD 2011)*, 31(1–5).
- Mohibullah W., Julie S.J., 2013. Developing an agent model of a missing person in the wilderness. [W:] 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, IEEE, 4462–4469.

- Molina P., Colomina I., Victoria T., Skaloud J., Kornus W., Prades R., Aguilera C., 2012. Searching lost people with UAVs: the system and results of the close-search project. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 39(CONF), 441–446.
- Momot M., 2017. Organizacja poszukiwań ludzi zaginionych. Analiza procedur stosowanych w Polsce przez policję, Fundację Itaka, agencje detektywistyczne oraz jasnowidzów. Wydawnictwo Naukowe Katedra.
- Morse B.S., Gerhardt D., Engh C., Goodrich M.A., Rasmussen N., Thornton D., Eggett D., 2008. Application and evaluation of spatiotemporal enhancement of live aerial video using temporally local mosaics. [W:] 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 1–8.
- Morse B.S., Engh C.H., Goodrich M.A., 2010. UAV video coverage quality maps and prioritized indexing for wilderness search and rescue. [W:] Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, IEEE, 227–234.
- Morse B.S., Thornton D., Goodrich M.A., 2012. Color anomaly detection and suggestion for wilderness search and rescue. [W:] 2012 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), IEEE, 455–462.
- Murphy R.R., Tadokoro S., Nardi D., Jacoff A., Fiorini P., Choset H., Erkmen A.M., 2008a. Search and Rescue Robotics. *Springer Handbook of Robotics*, 1151–1173.
- Murphy R.R., Pratt K.S., Burke J.L., 2008b. Crew roles and operational protocols for rotary-wing micro-UAVs in close urban environments. [W:] Proceedings of the 3rd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, ACM, 73–80.
- Naismith N.N., 1892. Excursions. *Cruach Ardran, Stobinian, and Ben More. Scottish Mountaineering Club Journal* 2(3).
- Niedfeldt P., Beard R., Morse B., Pledgie S., 2010. Integrated sensor guidance using probability of object identification. [W:] Proceedings of the 2010 American Control Conference, IEEE, 788–793.
- Niedzielski T., Jurecka M., 2018. Can clouds improve the performance of automated human detection in aerial images? *Pure and Applied Geophysics* 175, 3343–3355.

- Niedzielski T., Jurecka M., Stec M., Wiczorek M., Miziński B., 2017. The nested k-means method: a new approach for detecting lost persons in aerial images acquired by unmanned aerial vehicles. *Journal of Field Robotics* 34, 1395–1406.
- Niedzielski T., Jurecka M., Miziński B., Remisz J., Ślopek J., Spallek W., Witek-Kasprzak M., Kasprzak Ł., Świerczyńska-Chłaściak M., 2018. A real-time field experiment on search and rescue operations assisted by unmanned aerial vehicles. *Journal of Field Robotics*, 35, 906–920.
- Oreifej O., Mehran R., Shah M., 2010. Human identity recognition in aerial images. [W:] 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 709–716.
- París Roche A., 2002. Método de Información para Excursiones (MIDE) (www.montanasegura.com/MIDE/manualMIDE.pdf, data dostępu: 18.03.2020).
- Pérez-Carabaza S., Besada-Portas E., Lopez-Orozco J.A., Pajares G., 2019. Minimum time search in real-world scenarios using multiple UAVs with onboard orientable cameras. *Journal of Sensors* 7673859(1–22).
- Pfau L.D., 2013. Wilderness search and rescue: Sources and uses of geospatial information. Master's thesis, Pennsylvania State University.
- Pfau L., Blanford J.I., 2018. Use of Geospatial Data and Technology for Wilderness Search and Rescue by Nonprofit Organizations. *The Professional Geographer* 70(3), 434–442.
- Phillips K., Longden M.J., Vandergraff B., Smith W.R., Weber D.C., McIntosh S.E., Wheeler III A.R., 2014. Wilderness search strategy and tactics. *Wilderness & Environmental Medicine* 25(2), 166–176.
- Pingel T.J., 2010. Modeling slope as a contributor to route selection in mountainous areas. *Cartography and Geographic Information Science* 37(2), 137–148.
- Półka M., Ptak S., Kuziora Ł., 2017. The use of UAV's for search and rescue operations. *Procedia Engineering* 192, 748–752.
- Puniani S., Arora S., 2015. Performance evaluation of image enhancement techniques. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* 8(8), 251–262.

- Qi J., Song D., Shang H., Wang N., Hua C., Wu C., Qi X., Han J., 2016. Search and Rescue Rotary-Wing UAV and Its Application to the Lushan Ms 7.0 Earthquake. *Journal of Field Robotics* 33, 290–321.
- Qu Y.H., Pan Q., Yan J.G., 2005. Flight path planning of UAV based on heuristically search and genetic algorithms. [W:] 31st Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2005, IEEE, doi: 10.1109/IECON.2005.1568876.
- Raport z projektu „Monitoring działań Policji w poszukiwaniach zaginionych na otwartym terenie”, 2015. ITAKA – Centrum Poszukiwań Ludzi Zaginionych, Grupa Poszukiwawczo-Ratownicza OSP Kęty, Warszawa (www.itaka.org.pl, data dostępu: 23.09.2019).
- Rasmussen N.D., 2009. Combined visible and infrared video for use in wilderness search and rescue. *All Theses and Dissertations* 1787.
- Rasmussen N.D., Thornton D.R., Morse B.S., 2008. Enhancement of unusual color in aerial video sequences for assisting wilderness search and rescue. [W:] 2008 15th IEEE International Conference on Image Processing, IEEE, 1356–1359.
- Rasmussen N.D., Morse B.S., Goodrich M.A., Eggett D., 2009. Fused visible and infrared video for use in wilderness search and rescue. [W:] 2009 Workshop on Applications of Computer Vision (WACV), IEEE, 1–8.
- Reilly V., Solmaz B., Shah M., 2010. Geometric constraints for human detection in aerial imagery. [W:] European Conference on Computer Vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 252–265.
- Rémy G., Senouci S.M., Jan F., Gourhant Y., 2013. SAR. Drones: drones for advanced search and rescue missions. *Journées Nationales des Communications dans les Transports* 1, 1–3.
- Roscheck M., Goodrich M.A., 2012. Detection likelihood maps for wilderness search and rescue. [W:] 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), IEEE, 327–332.
- Rose C., 2015. Mapping Technology in Wilderness Search and Rescue. Master’s thesis, University of Wisconsin – Madison.
- Rudol P., Doherty P., 2008. Human body detection and geolocalization for UAV search and rescue missions using color and thermal imagery. [W:] 2008 IEEE Aerospace Conference, 1–8.

- Ryan A., Hedrick J.K., 2005. A mode-switching path planner for UAV-assisted search and rescue. [W:] Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, IEEE, 1471–1476.
- Sabała-Zielińska B., 2018. TOPR. Żeby inni mogli przeżyć. Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Sava E., Twardy C., Koester R., Sonwalkar M., 2016. Evaluating Lost Person Behavior Models. Transactions in GIS 20, 38–53.
- Sawicki P., 2012. Bezzałogowe aparaty latające UAV w fotogrametrii i teledetekcji – stan obecny i kierunki rozwoju. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji 23, 365–376.
- Shin J.C.L., Kashino Z., Nejat G., Benhabib B., 2019. A Sensor-Network-Supported Mobile-Agent-Search Strategy for Wilderness Rescue. Robotics 8(3), 61.
- Siguencia L.O., Ochoa-Dąderska R., Grzesiak S., 2016. Technologie informacyjno-komunikacyjne jako innowacyjne źródła informacji turystycznej. [W:] Kantyka J. (red.), Sport i turystyka jako przedmiot wielofunkcyjnych analiz we współczesnej rzeczywistości, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, 111–129.
- Siljander M., Venäläinen E., Goerlandt F., Pellikka P., 2015. GIS-based cost distance modelling to support strategic maritime search and rescue planning: A feasibility study. Applied Geography 57, 54–70.
- Silvagni M., Chiaberge M., Sanguedolce C., Dara G., 2016. A cloud robotics based service for managing RPAS in emergency, rescue and hazardous scenarios. Geophysical Research Abstracts 18, EGU2016-6526.
- Silvagni M., Tonoli A., Zenerino E., Chiaberge M., 2017. Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. Geomatics, Natural Hazards and Risk 8(1), 18–33.
- Söylemez E., Usul N., 2006. Utility of GIS in search and rescue operations. [W:] ESRI Users Group Conference.
- Stevenson O., Parr H., Woolnough P., Fyfe N., 2013. Geographies of Missing People: Processes, Experiences, Responses [Online]. Project Report, University of Glasgow, Glasgow, UK.
- Stojer-Polańska J., Lisowicz M., Gołębiowski J., 2015. Kryminalistyczne aspekty poszukiwania zwłok. Problemy Kryminalistyki 289, 3–10.

- Sun J., Li B., Jiang Y., Wen C.Y., 2016. A camera-based target detection and positioning UAV system for search and rescue (SAR) purposes. *Sensors* 16(11), 1778.
- Tian L., Li M., Hao Y., Liu J., Zhang G., Chen Y.Q., 2018. Robust 3-d human detection in complex environments with a depth camera. *IEEE Transactions on Multimedia* 20(9), 2249–2261.
- Tiku P., 1995. Predicting survival time for cold exposure. *International Journal of Biometeorology* 39(2), 94–102.
- Tobler W., 1993. Non-isotropic geographic modeling. Three presentations on geographical analysis and modeling. Technical Report 93-1, February 1993, University of California, Santa Barbara, CA.
- Trierscheid M., Pellenz J., Paulus D., Balthasar D., 2008. Hyperspectral imaging or victim detection with rescue robots. [W:] 2008 IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, IEEE, 7–12.
- Trzeciński M., 2018. Współczesne metody poszukiwań ukrytych zwłok. *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Iuridica* 83, 7–20.
- Tseng F.H., Liang T.T., Lee C.H., Der Chou L., Chao H.C., 2014. A star search algorithm for civil UAV path planning with 3G communication. [W:] 2014 Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, IEEE, 942–945.
- Tso K.S., Tharp G.K., Zhang W., Tai A.T., 1999. A multi-agent operator interface for unmanned aerial vehicles. [W:] Gateway to the New Millennium, 18th Digital Avionics Systems Conference, Proceedings (Cat. No. 99CH37033), IEEE, vol. 2, 6–A.
- Tuśnio N., Wolny P., 2017. Nowoczesne narzędzia i sprzęt wykorzystywane do poszukiwań osób zaginionych. *Zeszyty Naukowe SGSP* 61 (2/1/2017), 7–23.
- Twardy C.R., Koester R., Gatt R., 2006. Missing Person Behaviour An Australian Study. Final Report to the Australian National SAR Council, 72.
- Van Tilburg C., 2017. First report of using portable unmanned aircraft systems (drones) for search and rescue. *Wilderness & Environmental Medicine* 28(2), 116–118.

- Waharte S., Trigoni N., 2010. Supporting search and rescue operations with UAVs. [W:] 2010 International Conference on Emerging Security Technologies, IEEE, 142–147.
- Waharte S., Trigoni N., Julier S., 2009. Coordinated search with a swarm of UAVs. [W:] 2009 6th IEEE Annual Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops, IEEE, 1–3.
- Waharte S., Symington A., Trigoni N., 2010. Probabilistic search with agile UAVs. [W:] 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, 2840–2845.
- Wang Z., Liu L., Long T., Yu C., Kou J., 2014. Enhanced sparse A* search for UAV path planning using dubins path estimation. [W:] Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, IEEE, 738–742.
- Wawrzyniak A., 2019. Porównanie skuteczności wizualnego i zautomatyzowanego wykrywania osób na zdjęciach lotniczych w świetle badań okulo-graficznych. Praca magisterska, Uniwersytet Wrocławski.
- Wentkowska A., 2016. Poszukiwania osób zaginionych. System i metody działania w procedurach służb. Biuro Rzecznika Praw Obywatelskich, Warszawa.
- Westall P., Ford J.J., O’Shea P., Hrabar S., 2008. Evaluation of maritime vision techniques for aerial search of humans in maritime environments. [W:] 2008 Digital Image Computing: Techniques and Applications, IEEE, 176–183.
- Woodell G., Jobson D.J., Rahman Z.U., Hines G., 2005. Enhancement of imagery in poor visibility conditions. [W:] Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense IV, International Society for Optics and Photonics, vol. 5778, 673–684.
- Wysokiński M., Marcjan R., Dajda J., 2014. Decision Support Software for Search & Rescue Operations. *Procedia Computer Science* 35, 776–785.
- Xia D.X., Su S.Z., Geng L.C., Wu G.X., Li S.Z., 2017. Learning rich features from objectness estimation for human lying-pose detection. *Multimedia Systems* 23(4), 515–526.

Zacher L.W., 2018. Długofalowe trendy rozwoju społeczeństwa informacyjnego. *Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych/Szkoła Główna Handlowa* 48, 29–42.

Zhao Y., Zhang Y., Cheng R., Wei D., Li G., 2015. An enhanced histogram of oriented gradients for pedestrian detection. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* 7(3), 29–38.

Dokumenty urzędowe

Decyzja nr 147 Komendanta Głównego Policji z dnia 15 kwietnia 2013 r. w sprawie Centrum Poszukiwań Osób Zaginionych Komendy Głównej Policji. Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji, Warszawa, 16 kwietnia 2013 r., poz. 36.

Plan Ratowniczy do porozumienia z dnia 31 lipca 2008 roku pomiędzy PSP a SP ZOZ LPR, lipiec 2009. Dokument sygnowany przez Dyrektora Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności oraz Zastępcę Dyrektora ds. Operacyjno-Szkoleniowych.

Porozumienie między Komendantem Głównym Policji a Prezesem Zarządu Głównego Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie współdziałania w zakresie bezpieczeństwa i porządku publicznego na wodach i terenach przywodnych. Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji nr 13, Warszawa, 20 czerwca 2007 r., poz. 106.

Porozumienie między Komendantem Głównym Policji i Zarządem Głównym Górskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego z dnia 5 lutego 2008 r. w sprawie współdziałania Policji z Górskim Ochotniczym Pogotowiem Ratunkowym. Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji nr 3, Warszawa, 14 lutego 2008 r., poz. 28.

Ustawa z dnia 6 lipca 2001 roku o usługach detektywistycznych. Dziennik Ustaw z 2002, nr 12, poz. 110.

Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 roku o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych. Dziennik Ustaw z 2011, nr 208, poz. 1240.

Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 roku o bezpieczeństwie i ratownictwie w górach i na zorganizowanych terenach narciarskich. Dziennik Ustaw z 2011, nr 208, poz. 1241.

Zarządzenie nr 124 Komendanta Głównego Policji z dnia 4 czerwca 2012 r. w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanych zwłok oraz szczątków ludzkich. Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji, Warszawa, 5 czerwca 2012 r., poz. 29.

Zarządzenie nr 48 Komendanta Głównego Policji z dnia 28 czerwca 2018 r. w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanych zwłok oraz szczątków ludzkich. Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji, Warszawa, 19 lipca 2018 r., poz. 77.

Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w Krajowym Systemie Ratowniczo Gaśniczym, Warszawa, listopad 2016. Dokument sygnowany przez Dyrektora Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności oraz zatwierdzony przez Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej.

Streszczenie

Problematyka poszukiwania osób zaginionych jest bardzo obszerna. Obejmuje procedury funkcjonowania służb państwowych i ochotniczych, wpisując się w zagadnienia typowe dla zapewnienia bezpieczeństwa obywateli. Jednak w dobie szybkiego rozwoju społeczeństwa informacyjnego poszukiwanie ludzi w terenach otwartych to nie tylko procedury, które mają na celu zorganizowanie i przeprowadzenie poszukiwań w odpowiedni sposób, ale przede wszystkim nowe metody matematyczne oraz narzędzia i systemy informatyczne wspomagające pracę ratowników. Te metody, narzędzia i systemy są rozwijane w ramach geoinformatyki, która funkcjonuje w obrębie szeroko pojętych nauk geograficznych i zajmuje się przetwarzaniem i analizą danych przestrzennych.

Monografia zawiera przegląd metod, które są stosowane w poszukiwaniach ludzi zaginionych w niezagospodarowanych terenach otwartych. Przedstawia też rozwiązania, nad którymi trwają badania naukowe lub prowadzone są prace rozwojowe mające na celu wsparcie poszukiwań osób zaginionych. Pozwalają one skrócić czas znalezienia osoby, zwiększając przy tym szanse jej przeżycia. Nowe metody i technologie zmniejszają też niektóre ryzyka, z którymi na co dzień spotykają się ratownicy.

W książce podane zostały definicje najważniejszych pojęć związanych z poszukiwaniem osób zaginionych, szczególnie tych, które są wykorzystywane w pracach o charakterze metodycznym. Omówiono też procedury poszukiwania ludzi zaginionych na przykładzie Stanów Zjednoczonych i Polski. Przedstawiając funkcjonowanie tych procedur w Polsce skupiono się na kluczowej roli Policji w prowadzeniu poszukiwań, ale też omówiono jej współpracę z Państwową Strażą Pożarną oraz jednostkami ochotniczymi czy fundacją Itaka.

Najważniejszą częścią monografii jest przegląd metod i narzędzi opracowanych do wsparcia poszukiwań osób zaginionych. W ramach rozdziału na temat modelowania zachowań ludzi zaginionych przedstawiono modele bazujące na okręgach, nawiązujące do podziału hydrograficznego oraz modele mobilności i bayesowskie. Niektóre z nich znalazły swoje zastosowanie w programach komputerowych, których funkcjonowanie opiera się na rozwiązaniach typowych dla systemów informacji geograficznej, co omówiono w odrębnym rozdziale. Z uwagi na coraz większą powszechność bezzałogowych statków powietrznych, przedstawiono możliwości tych platform w procesie detekcji osoby zaginionej, koncentrując się na dwóch kluczowych elementach – algorytmach służących do wyboru ścieżki i obszaru lotu oraz algorytmach opracowanych do detekcji ludzi na zobrazowaniach lotniczych.

Summary

Problems related to search for lost persons are broad. They cover procedures, according to which state and volunteer services work, and therefore include issues typical for ensuring safety for citizens. However, in the era of the rapid growth of the information society searches for missing people not only mean procedures, which aim to organise and conduct searches appropriately, but predominantly they mean new mathematical methods as well as IT tools and systems to support rescuers. These methods, tools and systems are developed in frame of geoinformatics, which belongs to geographical sciences and focuses on processing and analysing spatial data.

The monograph is a literature review of methods which are used in searches for lost persons in the wilderness. It also presents solutions that are being investigated or developed to support searches for missing people. They enable to shorten the time required to find a person, and therefore to increase the probability of survival. The new methods and technologies reduce certain risks, to which rescuers are exposed every day.

In the book, definitions of the most important notions associated with searches for lost persons are given, in particular those which are utilized in methodical studies. Procedures of searches for missing people are described on the examples from the United States of America and Poland. When presenting the functioning of these procedures in Poland, a particular emphasis is placed on the key role of the Police in conducting searches. Also, the cooperation between the Police and the State Fire Service as well as the volunteer organizations and the Itaka foundation is described.

The most crucial part of the monograph is the review of methods and tools elaborated to support searches for lost persons. The chapter on modelling lost person behaviour presents ring-based models, watershed models, mobility models and bayesian models. Some of them are applied in computer programs that are based on the solutions typical for geographic information systems, which is a topic of a separate chapter. Due to the increasing popularity of unmanned aerial vehicles, the potentials of such platforms in the process of detecting a lost person are presented. The particular emphasis is put on two key elements – algorithms for the optimal selection of the flight path and flight area as well as algorithms for detecting people in aerial imagery.

ISBN 978-83-62673-74-2

