

**WYKORZYSTANIE SYSTEMU INFORMACJI
PRZESTRZENNEJ DO ANALIZY KONCENTRACJI
POŻARÓW LASÓW W NADLEŚNICTWIE**

**USING SPATIAL INFORMATION SYSTEM
FOR ANALYSIS OF CONCENTRATION OF FOREST
FIRE INCIDENCES IN A FOREST DISTRICTS**

Jarosław Bohdan Krawczyk

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW
Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Białymstoku

Słowa kluczowe: system informacji przestrzennej, pożary lasów, analizy przestrzenne
Keywords: spatial information systems, forest fire, spatial analysis

Wstęp

Pożary są zjawiskiem, które odwiecznie towarzyszy lasom. Antracologia – dziedzina badań wykorzystująca jako źródło informacji drobiny węgla drzewnego zachowane w glebach i osadach naniesionych przez wody – dostarcza dowodów, że człowiek świadomie używał ognia przy uprawie ziemi, a więc i przy karczowaniu lasu, już w epoce neolitu. Współcześnie tego rodzaju użytkowanie ziemi określane jest mianem gospodarki żarowej (Faliński, 1996; Goldammer, 1998).

Jak zauważa Karlikowski (1998), ocena wpływu pożarów na biocenozę lasu powinna uwzględniać miejsce ich występowania w układzie geograficznym kuli ziemskiej. Obserwowane dostosowywanie się przyrody do powtarzających się regularnie pożarów stało się w ostatnich latach przedmiotem działu ekologii, tzw. ekologii zjawisk pożarowych (Faliński 1996).

Pożary lasów w Środkowej Europie są ściśle związane ze współczesną działalnością człowieka, taką jak: uprzemysłowienie, zmiana sposobów użytkowania gruntów, turystyka, a także związane z problemami powstającymi na granicy między lasami i terenami zurbanizowanymi. Nie bez znaczenia jest dynamicznie rozwijająca się mobilność społeczeństw, z której wynika wzmożona penetracja terenów leśnych, co z kolei umożliwia dostęp do miejsc do tej pory nie odwiedzanych.

Obszary leśne w Polsce zdominowane na ogół przez gatunki iglaste zawierające żywice i olejki eteryczne łatwo ulegające zapaleniu. Z tego powodu, w pewnym sensie przewrotnym walorem lasu jest fakt, że las pali się dobrze.

Zagrożenie pożarowe lasów

Na potrzeby przeciwpożarowego zabezpieczenia lasów ustalono trzy kategorie zagrożenia pożarowego dla nadleśnictw (Instrukcja ochrony przeciwpożarowej obszarów leśnych 1996). I kategoria – duże zagrożenie pożarowe lasu, II kategoria – średnie zagrożenie pożarowe lasu, III kategoria – małe zagrożenie pożarowe lasu. Przy ustalaniu kategorii zagrożenia uwzględnia się warunki przyrodniczo-leśne oraz średnią liczbę występujących pożarów lasów. Pod uwagę brane są również warunki klimatyczne oraz wskaźniki zanieczyszczenia powietrza emisjami przemysłowymi

Jak stwierdza Zawila-Niedźwiecki (1998) prawie 20% pożarów rejestrowanych w Polsce ma miejsce w lasach. Średnio w roku powstaje ich około 3,5 tys. na powierzchni ponad 5 tys. ha (Sakowska, 1998). Lasy w Polsce charakteryzują się wysokim zagrożeniem ze strony pożarów, przy czym największe zagrożenie pożarowe występuje od przedwiośnia do późnego lata. Według Karlikowskiego (1998) w Polsce najbardziej narażone na powstawanie pożarów są drzewostany iglaste zwłaszcza sosnowe (*Pinus silvestris* L.) do III klasy wieku, stanowiące powyżej 60% powierzchni lasów w Polsce.

Zagrożenie pożarowe lasów wiąże się również z ich penetracją w celach rekreacyjnych. Z danych jakie przytacza Ważyński (1995), wynika, że najwięcej pożarów powstaje w okresie największego rekreacyjnego wykorzystania lasów. Ważyński porównuje rozmieszczenie obszarów leśnych o podstawowym znaczeniu rekreacyjnym z lokalizacją obszarów leśnych o najwyższym stopniu zagrożenia pożarem i stwierdza, że część terenów leśnych atrakcyjnych wypoczynkowo wykazuje wysoki stopień zagrożenia pożarowego.

Systemy informacji przestrzennej w ochronie przeciwpożarowej lasów – niektóre zastosowania

Leśnictwo jest dziedziną wiedzy i gałęzią gospodarki o charakterze przestrzennym. Zdaniem Olenderka (1995) podstawowe cechy charakteryzujące gospodarkę leśną wskazują na konieczność stosowania systemów informacji przestrzennej (SIP) jako narzędzi do zarządzania i badań naukowych. W swoich publikacjach stawia on tezę, że systemy informacji przestrzennej stwarzają nowe możliwości metodyczne, poszerzają zakres badań w większości leśnych specjalności naukowych (Olenderek, 1994). Badania przyrostów rocznych żywych drzew w tajdze syberyjskiej pozwoliły między innymi na określenie zasięgu przestrzennego wielokrotnych pożarów. W Szwecji zbadano częstotliwość i zmienność przestrzenną pożarów wywołanych przez uderzenia pioruna. Badania prowadzone w południowej Francji nad sztucznie wywołanymi pożarami na stałych powierzchniach badawczych, opisanymi w systemie informacyjnym, przyniosły praktyczne wyniki w postaci specjalistycznej mapy ryzyka pożaru w zbiorowiskach leśnych (Faliński, 1996). W Nadleśnictwie Niepołomice realizowa-

ny jest międzynarodowy projekt pod nazwą FOREMMS, którego głównym celem jest opracowanie systemu geoinformatycznego (Wężyk, 2004).

W Polsce prowadzi się badania nad wykorzystaniem systemu informacji przestrzennej w ochronie przeciwpożarowej lasów. Obserwowane jest również wykorzystywanie technik teledetekcyjnych jako metod dostarczających materiałów wyjściowych do dalszych badań lub do aktualizacji systemu informacji przestrzennej (Karlikowski, Zawila-Niedźwiecki, 1994; Mycke-Dominko, 1998; Zawila-Niedźwiecki, 1998). Przykładem wykorzystania SIP w przeciwpożarowej ochronie lasów jest system informacji przestrzennej opracowany dla pożaryska w Kuźni Raciborskiej, miejsca, w którym w 1992 r. powstał największy w Polsce pożar lasu. Wykorzystując system informacji przestrzennej prowadzi się tam monitoring skutków i następstw pożaru.

W opracowywaniu znajdują się próby powiązania warstw informacji przestrzennej (zawierających mapy numeryczne aktualizowane na podstawie danych teledetekcyjnych) i istniejących relacyjnych baz danych (opisujących cechy taksonomiczne poszczególnych drzewostanów) z systemem prognozowania zagrożenia pożarowego lasów i alarmowania o pożarach lasu (Plutecki i Santorski, 2001). Zgromadzenie tego rodzaju informacji w przestrzennych i relacyjnych bazach danych, wyposażonych w modele rozwoju pożaru lasu w różnych warunkach przyrodniczych i meteorologicznych, może przyczynić się do operacyjnego wykorzystania SIP w zapobieganiu i gaszeniu pożarów lasu.

Aktualnie systemy informacji przestrzennej wykorzystywane są na różnych poziomach organizacyjnych Lasów Państwowych. W wielu nadleśnictwach gospodarka leśna prowadzona jest przy wykorzystaniu map numerycznych.

W działalności gospodarczej Lasów Państwowych wykorzystuje się specjalne opracowania mające charakter planu działań ratowniczo-gaśniczych. Do dokumentów tych należą sposoby postępowania personelu nadleśnictwa na wypadek powstania pożaru lasu oraz plan ochrony przeciwpożarowej nadleśnictwa. Oba opracowania zawierają zestaw materiałów kartograficznych.

System informacji przestrzennej o pożarach lasów w nadleśnictwie

Pod koniec lat 90. w Państwowym Gospodarstwie Leśnym „Lasy Państwowe” przeprowadzono szereg działań zmierzających do zaprojektowania, zbudowania, a następnie wdrożenia w strukturach organizacyjnych standardu leśnej mapy numerycznej – LMN (Okła, 2000). W ramach testowania standardu leśnej mapy numerycznej w Zakładzie Systemów Informacji Przestrzennej i Geodezji Leśnej Katedry Urządzania Lasu Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW została zbudowana LMN Nadleśnictwa Dojlidy.

Do zbudowania SIP o pożarach lasów i przeprowadzenia analiz koncentracji pożarów wybrano Nadleśnictwo Dojlidy, ponieważ w analizowanym okresie, spośród 32 nadleśnictw RDLP Białystok, charakteryzowało się największą liczbą pożarów lasów powstałych na jego obszarze. Drugim istotnym powodem był fakt posiadania przez Nadleśnictwo Dojlidy mapy numerycznej, zbudowanej na podstawie projektu standardu leśnej mapy numerycznej. Wykonana mapa numeryczna stała się podstawą systemu informacji przestrzennej o pożarach lasów powstałych w nadleśnictwie, w latach 1980–2002 (Krawczyk, 2001).

Nadleśnictwo Dojlidy położone jest w województwie podlaskim, w bezpośrednim sąsiedztwie miasta Białystok. Ogólna powierzchnia Nadleśnictwa wynosi ponad 16 tys. ha.

Obiekt badań stanowiły drzewostany będące własnością skarbu państwa, zarządzane przez nadleśnictwo. Przedmiotem badań było 311 pożarów powstałych w tych drzewostanach w latach 1980–2002. W analizach nie uwzględniano pożarów, które wystąpiły w lasach nadzorowanych przez nadleśnictwo, tj. w lasach innych właścicieli niż skarb państwa.

Bazę opisową SIP o pożarach lasów utworzono z informacji zawartych w materiałach źródłowych, którymi były arkusze ewidencyjne 311 pożarów lasów. Arkusze ewidencyjne pożaru lasu są dokumentami obowiązującymi w sprawozdawczości wewnętrznej Lasów Państwowych, za pomocą których opisywane są zaistniałe pożary na gruntach leśnych własności skarbu państwa. Baza danych opisowych została uzupełniona danymi taksacyjnymi pochodzącymi z planów urządzania lasów z okresu analizy pożarów.

Opisowa baza danych SIP o pożarach lasów została utworzona w formacie .mdb w taki sposób, że jeden rekord tabeli opisywał jeden pożar. Zgromadzone w tabelach bazy danych opisowych, pozwoliły na selekcjonowanie informacji o dowolnym pożarze według dowolnego zakresu informacji.

Bazę geometryczną pożarów wykonano wkreślając granice pożarów lasu na kopię warstwy obiektów podstawowych mapy numerycznej. Utworzone w ten sposób poligony pożarów przekształcono w centroidy wieloboków, uzyskując warstwę punktową przedstawiającą wszystkie opisane w bazie danych pożary lasów. W tabelach bazy opisowej oraz w tabelach atrybutów bazy geometrycznej pożarów wprowadzono pole *klucz* zawierające jednakowe wartości. Pole to, służyło do łączenia relacyjnej bazy danych opisowych i geometrycznych o pożarach lasów.

Utworzenie warstwy punktowej pożarów lasów oraz wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu oprogramowania systemu ArcView v. 3.1. firmy ESRI.

Koncentracja zjawisk

Pojęcie koncentracji w kartografii określa stan większego lub mniejszego skupienia elementów w badanym układzie przestrzennym. Stan taki można opisywać za pomocą wskaźników lub za pomocą map koncentracji (Buczowski, 1982). Jeden ze sposobów badania koncentracji oparty jest na metodzie statystycznej Lorenza. W tego rodzaju badaniach, krzywa Lorenza jest wykorzystywana, zarówno do obliczenia wskaźnika koncentracji, jak i do wykonania mapy koncentracji.

Buczowski (1982) wprowadza pojęcie koncentracji powierzchniowej: *Koncentracja powierzchniowa oznacza, że nierównomierność przestrzennego rozmieszczenia obiektów jest określana w ramach układu powierzchniowych jednostek odniesienia. Mapa koncentracji powierzchniowej powstaje przez wyróżnienie jednostek odniesienia, w których jest skupiona określona wartość liczbową cechy badanych obiektów lub zjawisk. Materiałem źródłowym do jej opracowania jest mapa z zaznaczonymi granicami przyjętego układu terytorialnych jednostek odniesienia oraz dane statystyczne odniesione do tych jednostek.* W większości tego rodzaju opracowań, do wydzielenia stref koncentracji na mapie wykorzystywane są granice podziałów administracyjnych stanowiące jednostki odniesienia, a prezentacja wyników wykonywana jest metodą kartogramu.

Metodą, która wyznacza koncentrację zjawisk z pominięciem układu pól podstawowych, jest wyznaczenie koncentracji przestrzennej (Buczowski, 2001, Warakomska, 1970). W metodzie tej koncentracja zjawisk lub obiektów wyznaczana jest względem tak zwanej funkcji odniesienia, którą mogą tworzyć dowolne zjawiska określone w rozpatrywanym obszarze i charakteryzujące się ciągłością i przestrzenną zmiennością natężenia. Funkcja ta - dobierana w zależności od celu badań – może przedstawiać zjawiska w sposób bezpośredni (opady, temperatura, wysokość względna i bezwzględna, odległość od wybranych liniowych lub punktowych elementów środowiska geograficznego) lub w sposób relatywny (lesistość, gęstość zaludnienia).

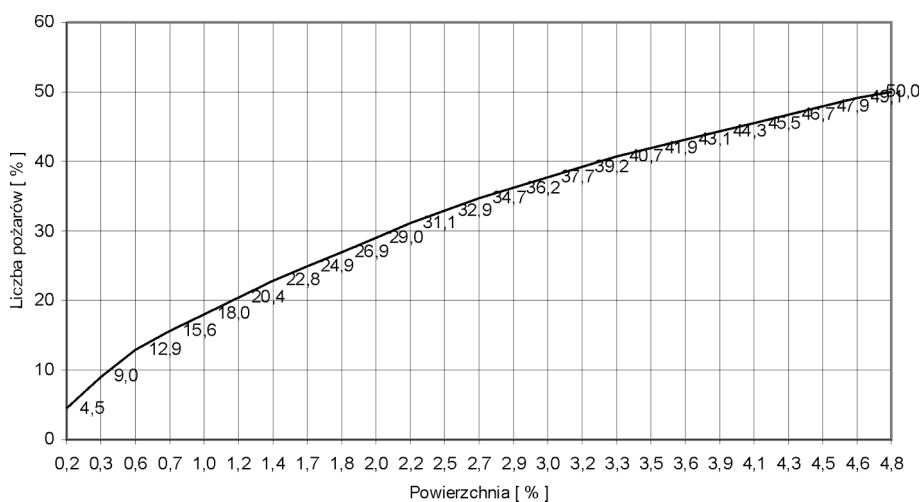
Analizę rozmieszczenia pożarów lasów w Nadleśnictwie Dojlidy w latach 1980–2002 przeprowadzono w oparciu o metody koncentracji powierzchniowej i przestrzennej.

Opracowanie map koncentracji powierzchniowej pożarów lasów w Nadleśnictwie Dojlidy

W niniejszym referacie termin koncentracja używany jest do określenia skupienia powstałych w okresie 22 lat 311 pożarów lasów w badanym układzie przestrzennym. Układem tym jest podział powierzchniowy Nadleśnictwa Dojlidy na oddziały leśne, które zostały przyjęte jako układ powierzchniowych jednostek odniesienia. Każdy z oddziałów oznaczony jest niepowtarzalnym wyróżnikiem, tak zwanym adresem leśnym, zgodnie z przyjętą w nadleśnictwie numeracją.

Podstawą do wydzielenia na mapie oddziałów leśnych charakteryzujących się największą koncentracją powierzchniową zaistniałych pożarów lasów była krzywa koncentracji Lorenza.

Na rysunku 1 został przedstawiony przebieg krzywej Lorenza 311 pożarów lasów. Krzywa ta została wyznaczona dla układu 562 oddziałów leśnych, które ułożono w kolejności malejącej



Rys. 1. Krzywa koncentracji powierzchniowej (fragment) pożarów lasów powstałych w nadleśnictwie Dojlidy w latach 1980–2002

cej liczby pożarów zarejestrowanych w tych jednostkach odniesienia. Następnie obliczono procentowe szeregi kumulacyjne liczby pożarów i dodano powierzchnię każdego oddziału leśnego. Na podstawie szeregów kumulacyjnych wykreślono krzywą koncentracji Lorenza. Analiza wykresu krzywej Lorenza pozwala znaleźć jednostki odniesienia, w których koncentruje się określony odsetek całkowitej wartości badanego zjawiska.

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy koncentracji pożarów w oddziałach leśnych, uwzględniającej zmiany liczby pożarów w czasie, podzielono okres badań na tak zwane grupy czasowe. Grupy czasowe obejmują pożary zarejestrowane w bazie danych, w ustalonych okresach: pół roku, dni tygodnia i doby. Dodatkowo w analizie koncentracji zbadano wpływ turystyki na powstawanie i lokalizację pożarów. Badanie to przeprowadzono wykorzystując wskaźnik (*P*) przydatności drzewostanów do rekreacji według metody Instytutu Badawczego Leśnictwa.

Zgodnie z opisem metody (Ważyński, 1995) wyróżniono pięć stopni przydatności drzewostanów dla potrzeb rekreacji:

- 1 – drzewostany o bardzo dużej przydatności,
- 2 – drzewostany o dużej przydatności,
- 3 – drzewostany o średniej przydatności,
- 4 – drzewostany o małej przydatności,
- 5 – drzewostany nieprzydatne.

W trakcie przeprowadzanych analiz starano się ustalić miejsca (oddziały leśne) na terenie Nadleśnictwa Dojlidy charakteryzujące się największą liczbą pożarów lasów. Na podstawie krzywej Lorenza zostały wyznaczone oddziały leśne mające określoną koncentrację liczby pożarów i wydzielone na mapie metodą kartogramu. Na sporządzonej mapie koncentracji pożarów pokazano oddziały leśne Nadleśnictwa Dojlidy, w których koncentruje się około 13 i 49% wszystkich analizowanych pożarów powstałych w latach 1980–2002.

Interpretacja koncentracji powierzchniowej pożarów lasów na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy

Przeprowadzona analiza krzywych koncentracji, danych tabelarycznych oraz map koncentracji grup czasowych doprowadziła do sformułowania następujących spostrzeżeń:

- istnieją oddziały, w których w latach 1980–2002 powstało od 1 do 3 pożarów.
- istnieją oddziały, w których powstało od 4 do 10 pożarów, koncentracja w tych oddziałach wynosi 49,1% wszystkich pożarów.
- istnieją trzy oddziały, w których w okresie 22 lat wybuchło więcej niż 10 pożarów – w oddziałach tych koncentracja wynosi 12,9% wszystkich pożarów.

W interpretacji wyników przyjęto, że pożary, które wystąpiły w liczbie trzech i mniej w okresie 22 lat w jednym oddziale lasu mają charakter przypadkowych zdarzeń i nie należy ich występowania wiązać z podatnością danego miejsca na powstawanie pożarów (Lisowski, 1996).

Wartość stopnia koncentracji 49,1%, a więc blisko połowa z całkowitej liczby pożarów, została wyznaczona, ponieważ charakteryzowała 24 jednostki odniesienia (nieco powyżej 4% ogólnej liczby oddziałów), w których wystąpiło cztery i więcej pożarów lasów w badanym okresie.

Wartość stopnia koncentracji 12,9% została wyodrębniona, ponieważ charakteryzowała jednostki odniesienia (oddziały leśne), w których w badanym okresie wystąpiło najwięcej pożarów lasów. Były to trzy oddziały leśne, w których w przeciągu dwudziestu dwu lat wybuchło 15 i 13 pożarów. Analiza występowania pożarów metodą koncentracji powierzchniowej wykazała, że w tych trzech oddziałach – spośród 562 badanych – wybuchło prawie 13% analizowanych pożarów lasów.

Można przypuszczać, że cztery i więcej pożarów powstałych w jednym oddziale leśnym, w badanych 22 latach wynika z sąsiedztwa terenów zurbanizowanych i związanych z tym podpałów. Na przykład korelację terenów zurbanizowanych z występowaniem pożarów wykazali Romanelli i Bottai (2001) w badaniach ryzyka powstawania pożarów w Toskanii 2001. Przedziały wartości koncentracji pożarów utworzono na podstawie analizy koncentracji wszystkich (311) pożarów badanej dla wszystkich (562) oddziałów w latach 1980–2002. W każdej grupie analizy, zastosowano następujące przedziały wartości koncentracji:

- oddziały, w których wystąpiło więcej niż 10 pożarów.
- oddziały, w których wystąpiło więcej niż 3 pożary.
- oddziały, w których wystąpiło 50% pożarów.

W każdej z przyjętych grup analizy koncentracji pożarów zarejestrowano różną liczbę pożarów. Badania pożarów przeprowadzone w Nadleśnictwie Dojlidy potwierdziły podawane w literaturze informacje o okresach występowania pożarów (Szczygieł, 1978; Santorski, 1995; Karlikowski, 1998; Sakowska, 1998 Raport o stanie lasów 2000, 2001, 2002). W Nadleśnictwie Dojlidy, w latach 1980–2002 najwięcej pożarów zarejestrowano w okresie wiosny, lata oraz w godzinach popołudniowych.

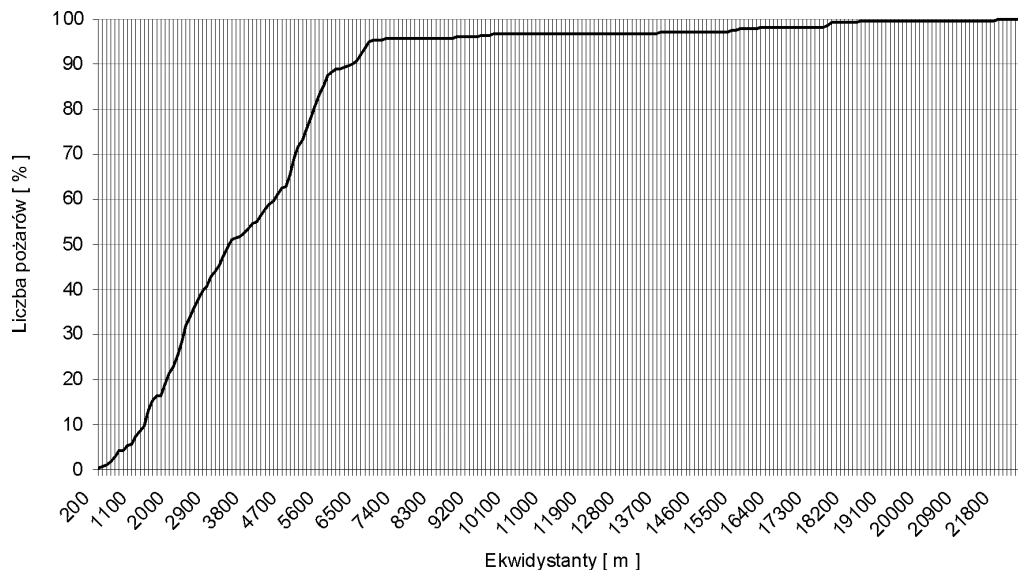
Opracowanie map koncentracji przestrzennej pożarów lasów w Nadleśnictwie Dojlidy

W przypadku dużego zbioru punktów, gdy koncentracja jest określana względem zjawiska przedstawionego na mapie metodą izolinii równomiernie pokrywających cały badany obszar, należy policzyć punkty, oddzielnie dla każdej strefy ograniczonej izoliniami. Wyznaczone liczby punktów należy określić jako części całego zbioru. Dzięki temu możliwe będzie znalezienie szeregu kumulacyjnego liczby punktów i przyporządkowanie każdemu wyrazowi szeregu kumulacyjnego właściwej wartości izolinii (Buczowski, 2001).

Przy wyznaczaniu przedziałów klasowych map koncentracji przestrzennej należy uwzględnić kształt krzywej koncentracji, której wykres jest na ogół bardziej skomplikowany niż krzywa Lorenza. Punkty przegięcia krzywej wskazują wartości, które powinny być uwzględnione przy ustalaniu przedziałów klasowych. Utworzone przedziały klasowe wyznaczają jednocześnie podzbiory punktów badanego zbioru charakteryzujące się różnym stopniem koncentracji przestrzennej.

W niniejszym artykule termin *koncentracja przestrzenna* używany jest do określenia skupienia 311 pożarów lasów z lat 1980–2002 w odniesieniu do wybranych obiektów liniowych i punktowych zlokalizowanych na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy. Wybrano następujące obiekty:

- drogi – ogólnie (łącznie: drogi leśne i drogi publiczne),
- drogi leśne,



Rys. 2. Krzywa koncentracji przestrzennej pożarów lasów powstałych w latach 1980–2002
Funkcja odniesienia: osady leśne Administracji Lasów Państwowych

- drogi publiczne,
- szlaki kolejowe.
- przystanki autobusowe,
- osady leśne Administracji Lasów Państwowych,
- obiekty turystyczne,
- obiekt specjalny „Targowisko miejskie”,
- obiekt specjalny „Święta Woda”.

Celem przeprowadzenia analizy koncentracji przestrzennej pożarów lasów w odniesieniu do wybranych obiektów było znalezienie określonego stopnia koncentracji pożarów w strefach odległości od tych obiektów.

Na opracowanych mapach koncentracji przestrzennej wskazano obszary, w których koncentruje się połowa pożarów liczona dla obiektu funkcji odniesienia. Stopnie koncentracji o wartości 50% zostały odczytywane z wykresów krzywych koncentracji (rys. 2). Wyznaczenie krzywych koncentracji przeprowadzono w oparciu o policzone pożary w każdej strefie ograniczonej izoliniami o sąsiednich wartościach. Policzone pożary określono jako części całego zbioru (wyrażono w procentach), co pozwoliło na znalezienie szeregu kumulacyjnego liczby pożarów i przyporządkowanie każdemu wyrazowi szeregu kumulacyjnego właściwej wartości izolinii. Zestawione w ten sposób pary liczb przeniesiono na płaszczyznę prostokątnego układu współrzędnych, na którym na osi odciętych zaznaczono wartości izolinii (ekwidystanty), a na osi rzędnych odpowiadające im wartości szeregu kumulacyjnego. Łącząc punkty układu współrzędnych uzyskano wykres krzywej koncentracji przestrzennej.

Interpretacja wyników analizy koncentracji przestrzennej pożarów lasów na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy

Koncentracja przestrzenna pożarów lasów w Nadleśnictwie Dojlidy, przy drogach analizowanych łącznie (drogi leśne i publiczne), jak i przy drogach leśnych przyjmuje zbliżone wartości. Stopień koncentracji pożarów przyjmuje wartość 50% w strefie około 60 m od drogi. Podobne dane występowania pożarów od dróg podaje Wiler (2003).

W przypadku szlaków kolejowych, pożary powstałe w strefie pasów przeciwpożarowych typu C, a więc 25 m od torów, mają duże znaczenie, ponieważ mogą świadczyć o skuteczności zabezpieczeń. W Nadleśnictwie Dojlidy stopień koncentracji pożarów w tej strefie jest znikomy (0,7%). Nawet jeśli przyjąć pożary powstałe w odległości 100 m od pasa przeciwpożarowego, to stopień koncentracji pożarów w tej strefie jest również nieduży i wynosi 3,6%. Z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej jest to korzystne zjawisko, które może potwierdzać skuteczność wykonanych pasów przeciwpożarowych.

Pożary wokół przystanków autobusowych na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy, wystąpiły w strefie do 17 600 m. W strefie ograniczonej ekwidystantą 900 m od przystanków, stopień koncentracji przestrzennej pożarów obliczono na 50%.

Pożary wokół osad leśnych ALP zlokalizowanych na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy, wystąpiły w strefie do 21 800 m. Pożary lasów w sąsiedztwie osad leśnych w nadleśnictwie Dojlidy wybuchały w niewielkiej liczbie. Na przykład pożary, które wybuchły w strefie odległości od osady ograniczonej ekwidystantą 300 m, nie osiągnęły 1% stopnia koncentracji, a stopień koncentracji pożarów przekraczający 10% zlokalizowano w obszarze ograniczonym od osad ALP ekwidystantą 1400 m. Pożary wokół obiektów turystycznych zlokalizowanych na obszarze Nadleśnictwa Dojlidy, wystąpiły w strefie do 21 500 m. W strefie odległości od obiektów turystycznych ograniczonej ekwidystantą 250 m pożary, które wybuchły nie osiągnęły 1% stopnia koncentracji. W odległości do 3850 m od obiektów turystycznych zlokalizowano 50% pożarów.

Pożary lasów przy „Targowisku miejskim” zlokalizowanym w Białymstoku przy ul. Kawalerskiej, wystąpiły dopiero w odległości 400 m, a w odległości ponad 1100 m od targowiska miejskiego stopień koncentracji przestrzennej pożarów przyjmuje wartość zaledwie 12%.

Pożary lasów przy miejscu „Święta Woda” zlokalizowanym przy drodze krajowej Białystok–Sokółka wystąpiły dopiero w odległości 1000 m. W odległości do 1200 m od „Świętej Wody” stopień koncentracji pożarów przyjął wartość zbliżoną do 10%. Stopień koncentracji pożarów 51% zlokalizowano w odległości do 1700 m od „Świętej Wody”.

Wnioski

W trakcie tworzenia systemu informacji przestrzennej o pożarach lasu dokonano zamiany źródłowych danych opisowych i graficznych (Arkusz ewidencyjny pożaru lasu, szkice lokalizacji pożaru) na postać cyfrową w bazie danych SIP. Utworzona baza danych zawiera kompletne informacje z dokumentów źródłowych o wszystkich zarejestrowanych w Nadleśnictwie Dojlidy pożarach lasów w latach 1980–2002. Informacje te pogrupowane są we-

dług cech opisu pożaru, takich jak: adres leśny, data i czas powstania, rodzaj, powierzchnia, przyczyna pożaru, cechy taksacyjne drzewostanu, panujące warunki meteorologiczne. Stworzona cyfrowa baza danych o pożarach lasów jest (według wiedzy autora) unikatowa w skali kraju, zarówno ze względu na rozpiętość czasową jak i na pełny zakres danych opisowych i na pewno jedyna wśród trzydziestu dwóch nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku.

Opisane analizy koncentracji pożarów, jak również interpretacja uzyskanych wyników, mogą mieć praktyczne zastosowania w ochronie przeciwpożarowej nadleśnictwa. Wskazują jednocześnie na potrzebę posiadania w nadleśnictwach cyfrowej bazy danych, zawierającej pełne opisy powstałych pożarów.

Przeprowadzone analizy wykazały, że system informacji przestrzennej może być z powodzeniem wykorzystany do analizy lokalizacji pożarów. Możliwości analityczne systemu informacji o pożarach pozwalają na wskazanie obszarów ich koncentracji, a tym samym miejsc zagrożonych powstawaniem pożarów. Analiza w tym zakresie może być przeprowadzona według każdej cechy opisu pożaru. Zastosowanie standardowych funkcji programów komputerowych obsługujących bazy danych systemu informacji przestrzennej umożliwia wyszukiwanie danych według dowolnego kryterium.

W Nadleśnictwie Dojlidy pożary występują w całym zasięgu terytorialnym, jednak ich koncentracja dotyczy niektórych obszarów nadleśnictwa. Na przestrzeni lat 1980–2002 spośród oddziałów leśnych, w których wybuchły pożary, największa koncentracja powierzchniowa pożarów wystąpiła jedynie w trzech oddziałach. Można przyjąć, że oddziały te są szczególnie narażone na występowanie pożarów.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stopni koncentracji oraz sporządzonych map koncentracji należy stwierdzić, że pożary koncentrują się w największym stopniu w sąsiedztwie obszarów zurbanizowanych i ciągów komunikacyjnych. Pożary, które wybuchły w dni wolne od pracy mają większy zasięg przestrzenny na obszarze Nadleśnictwa niż pożary powstające w pozostałe dni tygodnia. Jedną z możliwych przyczyn większego zasięgu przestrzennego koncentracji pożarów w dni wolne od pracy, jest zwiększona w te dni penetracja lasów obejmująca większy obszar nadleśnictwa.

Nieoczekiwanie wyselekcjonowano z bazy danych SIP dużą liczbę pożarów zarejestrowanych w oddziałach niesprzyjających penetracji. Liczba pożarów zlokalizowanych w tej grupie oddziałów wyniosła ponad 40% wszystkich zarejestrowanych w bazie danych. Blisko połowa wszystkich pożarów zlokalizowanych w trudno dostępnych drzewostanach może być pozornie tylko nieuzasadniona. Zakładając, że powstawanie pożarów związane jest z działaniami człowieka, a zwłaszcza z paleniem ognisk w miejscach niedozwolonych, można przyjąć, że ogniska te będą rozpalane w trudno dostępnych obszarach lasu, a więc nieprzydatnych pod względem rekreacji, ale korzystnych ze względu na ukrycie rozpalanego ogniska.

Do analizy koncentracji przestrzennej wybrano jako funkcję odniesienia między innymi lokalizację osad administracji Lasów Państwowych. Przy wyborze osad kierowano się potrzebą zbadania czy lokalizacja w terenie osady leśnej może wpływać na powstawanie pożarów lasu. Otrzymane wyniki wydają się być właściwe z punktu widzenia ochrony i nadzoru przeciwpożarowego administracji leśnej. W nadleśnictwie Dojlidy wybuchło niewiele pożarów lasów w sąsiedztwie osad leśnych. Na przykład stopień koncentracji pożarów przekraczający 10% zlokalizowano w obszarze ograniczonym od osad leśnych „dopiero” ekwidystantą 1400 m.

Do analizy koncentracji przestrzennej wybrano również dwa obiekty znajdujące się w zasięgu terytorialnym Nadleśnictwa Dojlidy i będące w styczności z kompleksami leśnymi. Obiektami tymi były powszechnie dostępne miejsca, na terenie których regularnie przebywa wyjątkowo duża liczba ludzi. Nieoczekiwanie również i w przypadku tych obiektów uzyskano bardzo niski stopień koncentracji pożarów w bliskiej od nich odległości, jednak w aspekcie zagrożenia pożarowego i ochrony przeciwpożarowej jest to wynik pozytywny.

Literatura

- Buczowski K., 1982: Metodyka kartograficznego przedstawiania koncentracji obiektów i zjawisk geograficznych. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii.
- Buczowski K., 2001: Koncentracja przestrzenna – uogólniona miara badania rozmieszczenia obiektów i zjawisk przestrzennych. Materiały Konferencji: The 21th International Cartographic Conference Beijing. August 6-10. China. Tłumaczenie w Instytucie Fotogrametrii i Kartografii. Politechnika Warszawska.
- Faliński J.B., 1996: Przeżywalność pionierskich gatunków drzewiastych po pożarze na torfowisku. *Phytocoenosis* Vol. 8 (N.S.) 1996 Seminarium Geobotanicum 4 Warszawa-Białowieża.
- Goldammer J.G., 1998: Pożary lasów w regionie bałtyckim: perspektywy stworzenia skoordynowanego planu regionalnego obejmującego badania naukowe oraz rozwiązania technologiczne i organizacyjne. Materiały Pierwszej Bałtyckiej Konferencji nt. Pożarów Lasu. 1998. IBL. Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Przeciwpożarowej Obszarów Leśnych. 1996: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. ORWLP Bedoń.
- Karlikowski T., 1998: Badania pożarów lasów w Polsce na tle 35 lat działania Zakładu Ochrony Przeciwpożarowej Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa, str. 87-97. IBL Warszawa.
- Karlikowski T., Zawila-Niedźwiecki T. 1994. Teledetekcja i systemy informacji przestrzennej w przeciwpożarowej ochronie lasu. *Fotointerpretacja w geografii* 24, str. 107-112. Warszawa.
- Krawczyk J., 2001: Wykorzystanie mapy numerycznej w ochronie lasów przed pożarami. Materiały I Krajowej Konferencji: „System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych”. Rogów 3–5 grudnia.
- Lisowski A., 1996: Antropogeniczne uwarunkowania klęsk żywiołowych. *Przegląd Geograficzny* T. LXVIII, z 1–2.
- Mycke-Dominko M., 1998: Zastosowanie metod teledetekcyjnych w badaniach pożarzystk. Materiały Pierwszej Bałtyckiej Konferencji nt. Pożarów Lasu. IBL. Warszawa.
- Okła K. (red.) 2000: System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych. Podręcznik użytkownika leśnej mapy numerycznej. Praca zbiorowa. Bogucki Wyd. Naukowe S.C.
- Olenderek H., 1994. Znaczenie GIS dla rozwoju nauk leśnych. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej na temat: „Systemy Informacji Przestrzennej o Lasach”. Politechnika warszawska: str. 71-83.
- Olenderek H., 1995: Znaczenie GIS w rozwiązywaniu problemów gospodarki wodnej w lasach. *Sylwan* nr 11, str. 119-126.
- Plutecki W., Santorski Z., 2001: Możliwości mapy numerycznej w praktycznym zastosowaniu modelu rozwoju pożaru. Materiały I Krajowej Konferencji: System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych. Rogów 3-5 grudnia.
- Raport o stanie lasów 2002, 2001, 2000: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa.
- Romanelli S., Bottai L. i in., 2001. Evaluation of forest fire risk in Tuscany (central Italy) by the use of GIS and satellite data. Materiały I Krajowej Konferencji: System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych. Rogów 3-5 grudnia 2001.
- Santorski Z., 1995: Czynniki meteorologiczne kształtujące warunki powstawania dużych pożarów lasu. Materiały z sympozjum: Działania ratowniczo-gaśnicze w lasach. Zielona Góra 20-21 kwietnia.
- Sakowska H., 1998: Przebieg zagrożenia pożarowego lasów w Polsce w latach podwyższonej palności lasów. Materiały Pierwszej Bałtyckiej Konferencji nt. Pożarów Lasu. IBL. Warszawa.
- Szczygieł R., 1978: Wpływ turystyki na zagrożenie pożarowe lasów i metody zapobiegania. *Las Polski* 1978, nr 8, str. 14-15
- Warakomska K., 1970: Kartograficzna metoda przedstawiania koncentracji ludności w odniesieniu do dróg i przystanków autobusowych. *Polski Przegląd Kartograficzny*, tom 2, 1970, nr 3. str.111-121.

- Ważyński B., 1995: Urządzanie i zagospodarowanie lasu dla potrzeb turystyki i rekreacji. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Węzyk P., 2004. Integracja technologii geoinformatycznych w systemie monitorowania i zarządzania ekosystemami leśnymi Europy na przykładzie projektu Foremms (5 PR UE). Teledetekcja Środowiska nr 33 str. 75-81. Warszawa.
- Wiler K. Wiśniewski W., 2003: Ochrona przeciwpożarowa lasów i upraw. Przegląd Pożarniczy nr 7 i 8.
- Zawiła-Niedźwiecki T., 1998: Zastosowanie teledetekcji satelitarnej i systemu informacji geograficznych (GIS) w ochronie przeciwpożarowej lasu. Materiały Pierwszej Bałtyckiej Konferencji nt. Pożarów Lasu. IBL. Warszawa

Summary

In the paper, the possibility of using spatial information systems in fire protection of the forest district has been described. For the purpose of the research a digital data base has been set up, describing forest fires occurring in the forest district in the years 1980–2002.

The descriptive base of fires has been combined with the geometrical base of the digital map of the forest district.

The analyses of fires localization have been conducted, considering the factors describing the forest fires (e.g. the kind and extent of fire, the day of the week, the hour of commencing, the age of tree stand). The analysis of forest fire incidents based on the cartographical method of examining the surface concentration has been made. The degree of fire concentration in forest sectors using Lorenz curves have been set.

The analysis of forest fires incidents has been prepared with regard to selected points and linear objects located on the territory of the forest district, according to the method of spatial concentration. Based on the conducted analyses the forest stands in danger of fires in the forest district have been identified.

The data files on the forest fires could be used for the preventive purposes in the rescue systems of specialized public services.

The results of analyses presented in a graphic form (map) mark the tree stands in the forest district in danger of fires.

Jarosław Krawczyk
krawczyk.jaroslaw@wp.pl