

mł. bryg. mgr inż. **Robert MAZUR**¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 29.03.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 20.05.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2014;

OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA W ASPEKCIE STATYSTYK ZDARZEŃ ZA LATA 2000-2012. CZASOWO-PRZESTRZENNA CHARAKTERYSTYKA ZAGROZEŃ POŻAROWYCH OBIEKTÓW MIESZKALNYCH W SYSTEMIE INFORMACJI PRZESTRZENNEJ (GIS) NA PRZYKŁADZIE M.ST. WARSZAWA

**Assessment of Safety Level in the Aspect of 2000-2012 Fire Statistics.
Temporal And Spatial Characteristics of Residential Buildings
Fires in Geographical Information System. Warsaw Case Study**

**Оценка степени безопасности в отношении статистики событий
за 2000-2012 годы. Временно-пространственная характеристика
пожарной опасности жилых зданий в Геоинформационной системе
(ГИС) на примере города Варшавы**

Abstrakt

Cel: Celem artykułu, będącego trzecią częścią cyklu publikacji pt. Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń Państwowej Straży Pożarnej (PSP), jest czasowa i przestrzenna charakterystyka pożarów jedno- i wielorodzinnych obiektów mieszkalnych (POM) Warszawy. Poprzez charakterystykę czasową należy rozumieć rozkłady pożarów w funkcji godzin, dni tygodnia, miesiący, kwartałów, zaś charakterystykę przestrzenną metody budowy map zagrożeń poparte analizą i dyskusją wyników badań.

Wprowadzenie: Badania częstości występowania pożarów, miejscowych zagrożeń (MZ) oraz uszkodzonych odnotowanych w raportach Państwowej Straży Pożarnej (PSP) za lata 2007-2012 wskazują, jak istotną problematyką w działalności służb ratowniczych są zagrożenia generowane w obiektach mieszkalnych [1], [4]. Wprowadzenie zawiera najistotniejsze wnioski z poprzedzającej bieżący artykuł publikacji nt. oceny stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk pożarów [1] i MZ [4]. Wynika z nich, że częstość pojawiania się POM oscyluje w granicach 17% wszystkich pożarów, zaś współczynniki rannych i ofiar śmiertelnych kilkudziesięciokrotnie przewyższają współczynniki wypadkowości innych klas obiektów, osiągając odpowiednio 75% i 81% wszystkich uszkodzonych [1]. Koncentracja MZ w obiektach mieszkalnych sięga 31% wszystkich MZ z odsetkiem rannych na poziomie 8% oraz ofiar śmiertelnych 22% [4]. Dodatkowo autor przedstawia najważniejsze postulaty z przeglądu 14 wybranych angielskich pozycji literaturowych w zakresie metod i technik identyfikacji, szacowania, oceny zagrożeń pożarowych, uzasadniające podjęcie problematyki badawczej.

Metodologia: Badania przeprowadzono w oparciu o informacje ze zdarzeń za lata 2000-2012 wyselekcjonowane z baz danych Komendy Głównej PSP. W części dotyczącej analizy danych przedstawiono wnioski w zakresie jakości bezpośredniego (współrzędne geograficzne) i pośredniego (dane adresowe) odniesienia przestrzennego raportów. Opisano procedurę generowania map wektorowych w systemie ArcGIS, którymi posłużono się podczas charakterystyki czasowo-przestrzennej. Przedstawiono dwie metody budowy map. Pierwsza na podstawie przynależności pożarów do obszarów miejskiego systemu informacji o osiedlach (MSI) – pożary ograniczone podziałem administracyjnym miasta, druga w oparciu o estymację gęstości skupień zdarzeń metodą KDE (ang. *Kernel Density Estimation*) – zdarzenia nieograniczone obszarem administracyjnym miasta.

¹ Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, ul. Podchorążych 38, 00-463 Warszawa, rmazur@kgp.gov.pl/National Headquarters of the State Fire Service (KG PSP), Poland;

Wnioski: We wnioskach podkreślono, że POM mają tendencję do budowy wzorców czasowo-przestrzennych. Ich liczba nasila się w godzinach 7-20, z maksimum w godz. 18-20, po czym jednostajnie spada pomiędzy 21-4. W sezonie grzewczym (grudzień, styczeń luty) oraz miesiącach o wzmożonym ruchu dzieci i młodzieży (czerwiec, lipiec, sierpień) zauważa się zwiększoną ich liczbę. Gęstość pożarów jest większa dla obszarów o zwartej zabudowie mieszkalnej, z przewagą starych budynków mieszkalnych. Wnioski w zakresie metodyki budowy map zagrożeń to lepsze dopasowanie stopnia zagrożenia pożarowego poprzez zaimplementowanie metody KDE. Podkreślono, że warunkiem koniecznym podczas generowania map zagrożeń jest dokładne uzupełnianie raportów służb w zakresie współrzędnych geograficznych podczas zakładania kart zdarzeń zgłoszeń alarmowych (wybór, w miarę możliwości, danych adresowych zaimplementowanych w postaci rejestru TERYT [24] – system SWD-ST PSP) oraz tworzenia raportów.

Słowa kluczowe: pożary, bezpieczeństwo pożarowe, zagrożenia pożarowe, pożary obiektów mieszkalnych, statystyka pożarowa, mapy zagrożeń pożarowych, systemy informacji przestrzennej, GIS, Kernel Density Estimation, KDE, charakterystyka czasowa pożarów, charakterystyka przestrzenna pożarów

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Purpose: This is the third in a series of four articles entitled “Assessment of Safety Level Based on the State Fire Service Statistics (SFS)”. The paper refers to the experimental research on spatial-temporal analysis of residential building fires that occurred in Warsaw. The temporal analysis means that the author described percentage distribution of residential building fires by categories of hours, days of week, months and quarters. Spatial characteristics should be understood as the techniques of residential building fires hazard maps development proven by the research and discussion on its results.

Introduction: Research on the frequency of fires, local emergencies and injuries in residential buildings class definitely demonstrates that the issue of risks in residential buildings is very important for the emergency services [1], [4]. The introduction includes the essential conclusions from the previous papers on the assessment of safety level in the aspect of fires [1] and local emergencies [4].

According to the State Fire Service statistics for 2007-2012, residential fires constituted 17% of all fires. Injury (75%) and fatality rates (81%) related to this class of buildings are a few dozen times higher than in case of other classes [1]. The percentage of local emergencies emerging in residential buildings amounts to 31% of all local emergencies with the coefficients of injuries and fatalities constituting 8% and 22% respectively [4]. In addition, the introduction contains the most important postulates from the literature review of 14 selected English language papers on fire hazards identification, estimation and assessment methods, that motivated the author to carry out the research and write this article.

Methodology: Research includes a selection of detached house fires and blocks of flats fires that had been registered in the National Headquarters of State Fire Service database between 2000 and 2012. The paper includes summaries on the quality of direct spatial reference (coordinates) and indirect spatial reference (address data) found in the fire reports. The methodology of geo-processing fire statistic into point class vector map that is suitable in geographical information system (GIS) is described too.

GIS analysis of temporal characteristics of residential fires by the way of classification of the events by hours, days of the week and months is presented. The author compiled house fire hazard maps on the basis of 2 methods. The first one shows classification of cartography grid based on polyline estate vector map, where each cell's grid has a parameter of the number of residential fires. The second one based on residential fire density vector map created by Kernel Density Estimation mapping method.

Conclusions: It is underlined that residential buildings fires are characterised by spatial and temporal dependencies. The number of residential buildings fires rises between 7-20 o'clock, and is peaking at 18-20. Then the number declines between 21-4. It is proved that the number of house fires is the highest in November, December, January and during the time of holidays such as June, July and August. When the density of dwelling estates rises, the residential fire hazard rises too. One of the hint in the field of residential building hazard maps is to implement KDE GIS method. The method is based on the density of point class vector map (e.g. fires) and it does not involve administrative boundaries. The better coordinates and address data, the better quality of the hazard maps. It is suggested to fill in the emergency calls forms and fire reports with the address data from the registry (if possible). There is an example of registry called TERYT [24] that is kept in SWDST, Polish State Fire Service system.

Keywords: fires, fire safety, fire hazards, housing fires, fire statistics, fire hazards maps, geographical information system, GIS, Kernel Density Estimation, KDE, temporal fire characteristic, spatial fire characteristic

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель: Целью статьи, являющейся третьей частью цикла публикаций под названием „Оценка степени безопасности в отношении статистики событий Государственной Пожарной Службы (PSP)”, является временная и пространственная характеристика пожаров жилых зданий (POM) (одно - и многосемейных) в г. Варшава. Временную характеристику надо понимать – как разделение пожаров в зависимости от времени, дней недели, месяцев, кварталов, а пространственную характеристику – как методы разработки карт риска, подтвержденные анализом и дискуссиями результатов исследований.

Введение: Исследования частоты возникновения пожаров, местных угроз² (MZ) и потерпевших, зафиксированных в Отётах о событиях PSP за 2007-2012 годы показывают насколько важным вопросом для деятельности спасательных служб являются угрозы, возникающие в жилых объектах [1], [4]. Введение содержит самые важные выводы из предыдущей статьи на тему оценки степени безопасности в соотношении статистик о пожарах [1] и MZ [4]. Согласно им, частота выступления пожаров жилых зданий (POM) – колеблется в границах 17% всех пожаров, а показатели раненых и смертных жертв несколько десятков раз превышают показатели случаев других классов объектов, составляя соответственно 75% и 81% всех пострадавших [1]. Концентрация MZ в квартирах достигает 31% всех MZ с процентом раненых на уровне 8% и жертв – 22% [4]. Кроме того,

² Местную угрозу следует понимать как: происшествие, которое не является пожаром, возникает в результате цивилизационного развития и воздействия природных сил, создает угрозу для жизни, окружающей среды или имущества.

автор представляет самые важные постулаты из обзора 14 избранных, англоязычных литературных позиций в сфере методов и техник идентификации, оценки пожарной опасности, объясняющие рассмотрение этого исследовательского вопроса.

Методология: Исследования были проведены на основе Сведений о событиях за 2000-2012 годы избранных из баз данных Главной Комендатуры ГПС. В части касающейся анализа данных представлены выводы в сфере качества непосредственного (географические координаты) и посредственного (адрес) пространственного отношения отчётов. Описана процедура разработки векторных карт в системе ArcGIS, которые были использованы при временно-пространственной характеристике. Представлены два метода разработки карт. Первый – на основе принадлежности пожаров к городской системе информации о жилых массивах – пожары, ограниченные административным разделением города, второй – на основе оценки плотности концентрации событий методом KDE – события, неограниченные административным разделением города.

Выводы: В выводах было подчеркнuto, что пожары жилых зданий (ПОМ) имеют тенденцию к построению временно-пространственных образцов. Их число растёт между 7-20 часами, достигает максимум около 18-20 часам, после чего равномерно снижается между 21-4. В отопительном сезоне (декабрь, январь, февраль) и месяцах характеризующихся повышенным движением детей и молодёжи (июнь, июль, август) наблюдается рост их числа. Плотность пожаров является большой на территории со сжатой жилой застройкой, с преимуществом старых жилых зданий. Выводы в области методики разработки карт угроз это лучшее определение степени пожарной опасности благодаря внедрению методики KDE. Подчёркнуто, что необходимым условием во время разработки карт угроз является верное заполнение рапортов служб в области географических координат во время приготовления бланков тревог (выбор, по мере возможности, адресных данных введенных в виде реестра TERYT [25] – система SWD-ST PSP), а также создания отчётов.

Ключевые слова: пожары, пожарная безопасность, пожарная угроза, пожары жилых объектов, пожарная статистика, карты пожарных угроз, Геоинформационная система, GIS, Kernel Density Estimation, KDE, временная характеристика пожаров, пространственная характеристика пожаров

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Artykuł jest trzecią częścią z cyklu czterech publikacji pt. „Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń PSP”. W części pierwszej autorzy oceniają poziom bezpieczeństwa przez pryzmat zagrożeń pożarowych [1], w drugiej – miejscowych zagrożeń³ [4] (badania w skali kraju), zaś w czwartej – na podstawie analizy statystycznej przypuszczalnych przyczyn pożarów obiektów mieszkalnych w skali kraju i miasta (Warszawy). Poniżej przedstawiono najistotniejsze wnioski z poprzedzających bieżący artykuł publikacji.

Według statystyk Państwowej Straży Pożarnej liczba pożarów w ostatnich trzech latach wzrosła ze 135,5 tys. (2010) do 183,8 tys. (2012), co oznacza wzrost o 36% [1]. Najliczniejszą grupę⁴ stanowią pożary śmietników, zsympów, wysypisk śmieci, traw, poboczy dróg, szlaków komunikacyjnych – pożary przypisane do klasy innych obiektów (47% wszystkich pożarów). Drugą grupę stanowią pożary traw, nieużytków, łąk, rzysk, stogów, brogów – znajdujące się w klasie pożarów „uprawy i rolnictwo” (22% pożarów). Pożary jedno- i wielorodzinnych obiektów mieszkalnych – zaklasyfikowano do pożarów obiektów mieszkalnych, które stanowią 17% wszystkich pożarów. Pomimo że dla okresu 2010-2012 zauważa się spadek liczby poszkodowanych w przeliczeniu na liczbę zdarzeń (ranni z $31,4 \cdot 10^{-3}$ do $22,8 \cdot 10^{-3}$; ofiary śmiertelne $3,9 \cdot 10^{-3}$ do $3,1 \cdot 10^{-3}$), to i tak średni odsetek poszkodowanych w pożarach jest w dalszym ciągu wysoki. Według statystyk PSP w latach 2007-2012 odnotowano 23443 rannych i 3449 ofiar śmiertelnych, z czego 75% osób zo-

stało rannych i 81% straciło życie w wyniku pożarów powstałych właśnie w obiektach mieszkalnych [1].

W przypadku MZ liczba interwencji w ostatnich trzech latach spadła z 355,6 tys. (2010) do 236,8 tys. (2012), co oznacza 33-proc. spadek [4]. Najliczniejszą grupę stanowią następujące rodzaje interwencji: usuwanie skutków anomalii pogodowych (zwisające konary drzew, powalone drzewa blokujące ciągi komunikacyjne, wypompowywanie wody), płam oleju z jezdni i poboczy dróg, owadów błonkoskrzydłych (osy, szerszenie), zabezpieczanie ładowań Lotniczego Pogotowia Ratunkowego i innych środków komunikacji lotniczej – należące do klasy „inne obiekty” (39% wszystkich MZ); udzielanie pomocy policji przy otwarciu mieszkań, zabezpieczeniu interwencji w przypadku zdarzeń z udziałem osób niepełnosprawnych, uwalnianiu osób zatrzaśniętych w mieszkaniach, windach; wypompowywanie wody z zalanych piwnic, garaży, interwencje związane z zatruciem tlenkiem węgla (innych gazów) – interwencje znajdujące się w klasie „obiekty mieszkalne” (31% MZ) oraz wypadki w komunikacji drogowej, kolejowej, lotniczej – dział „środki transportu”. Pomimo spadku liczby MZ w okresie 2010-2012, zauważa się wzrost liczby poszkodowanych w przeliczeniu na liczbę zdarzeń (ranni z $138,4 \cdot 10^{-3}$ w 2010 do $197,9 \cdot 10^{-3}$ w 2012; ofiary śmiertelne z $12,1 \cdot 10^{-3}$ w 2010 do $20,7 \cdot 10^{-3}$ w 2012). Statystyki PSP pokazują, że w latach 2007-2012 odnotowano 273219 rannych i 25576 ofiar śmiertelnych, z czego 8% rannych i 22% ofiar śmiertelnych odnotowano w obiektach mieszkalnych [4].

Wysokie wartości indeksów przedstawione w badaniach [1], [4] skłaniają do przeprowadzenia bardziej wnikliwych analiz w zakresie identyfikacji, szacowania i oceny zagrożeń pożarowych, w szczególności z wykorzystaniem metod analitycznych GIS⁵.

³ Zdarzenie niebędące pożarem ani klęską żywiołową, wynikające z rozwoju cywilizacyjnego, naturalnych praw przyrody, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska [3].

⁴ Obowiązująca norma prawna uwzględnia klasyfikację zdarzeń PSP do klas obiektów: użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych, magazynowych, środków transportu, lasów, upraw i rolnictwa, innych [2].

⁵ GIS (*Geographical Information Systems*) – nazywane wymiennie systemami informacji przestrzennej (SIP), systemami

Implementacja GIS, szczególnie rozwinięta w ochronie przeciwpożarowej lasów [9], [10], [11], [12] oraz w badaniach wzorców przestępstw [13], [14], zyskuje coraz większą popularność w badaniach czasowo-przestrzennej natury pożarów. Spośród dużej liczby metod i technik analitycznych na uwagę zasługuje metoda COMAP⁶, obrazująca przestrzenny rozkład dwóch zmiennych uwarunkowanych trzecią lub czwartą [15], [16]. Przykład zastosowania metody znajduje się w badaniach czasowo-przestrzennej natury pożarów południowo-wschodniego regionu Queensland (Australia) w odniesieniu do wartości indeksu SEIFA⁷ [18]. Zgeokodowane do obszaru siatki kartograficznej (100 m) dane pożarowe Queensland Fire Rescue Service podzielono na klasę pożarów: własności (*property fires*), pojazdów (*vehicles*), pożarów drugorzędnych (*secondary fires*) i alarmów fałszywych (*malicious calls*). Z opracowanych rozkładów wynikają:

- silna czasowo-przestrzenna zależność pożarów własności w stosunku do wskaźnika SEIFA;
- związek pożarów drugorzędnych z porą roku;
- większa liczba pożarów pojazdów wzdłuż szlaków komunikacyjnych łączących gęsto zamieszkałe ośrodki;
- zwiększająca się w soboty i niedziele na obszarach o wysokiej koncentracji pubów i klubów nocnych (godz. 24-12) liczba alarmów fałszywych.

Kolejne zastosowanie GIS to badania wpływu zmiennych socjoekonomicznych, ujętych w formie wskaźnika Townsend Index 2001⁸, na liczbę pożarów w południowej Walii [20]. Zagregowane do czterech klas pożary mieszkań, obiektów użyteczności publicznej (FDR1), pojazdów (FDRIV), pustostanów, ogrodzeń, śmieci, itp. (FDR3), alarmy fałszywe (FAM) przeniesiono do GIS. Dla powyższych kategorii obliczono względne ryzyko pożarowe przypadające na milion mieszkańców oraz ryzyko powierzchniowe, ilustrujące rozkłady zdarzeń nieograniczone działaniem administracyjnym. Przy szacowaniu ryzyka powierzchniowego posłużono się metodą KDE⁹. Roz-

informacji o terenie (SIT, LIS, *Land Information Systems*). Złożone ze sprzętu (komputery, sieć itp.), oprogramowania (bazy danych, systemy operacyjne itp.), danych (wektorowe, rastrowe, itp.), ludzi (użytkownicy, administratorzy, specjaliści GIS, itp.) oraz procedur (specyfikacje, standardy, itp.). GIS przeznaczony jest do zbierania, przechowywania, analizowania, wizualizacji danych, przestrzennie odniesionych do powierzchni Ziemi ([5] w oparciu o [6], [7], [8]).

⁶ COMAP (*Conditional MAP*) – mapa uwarunkowana. Narzędzie GIS działające na bazie zmodyfikowanej idei wykresu warunkowego COPLLOT (*COnditional PLOT*). Wykres warunkowy składa się z wielu małych wykresów ilustrujących rozkład badanej zmiennej w funkcji innych zmiennych. COMAP stanowi rozwinięcie pomysłu zaproponowanego przez Clevelanda w 1993 r. [15], [16].

⁷ Zdarzenie niebędące pożarem ani klęską żywiołową, wynikające z rozwoju cywilizacyjnego, naturalnych praw przyrody, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska [3].

⁸ Obowiązująca norma prawna uwzględnia klasyfikację zdarzeń PSP do klas obiektów: użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych, magazynowych, środków transportu, lasów, upraw i rolnictwa, innych [2].

⁹ GIS (*Geographical Information Systems*) – nazywane wymiennie systemami informacji przestrzennej (SIP), systemami informacji o terenie (SIT, LIS, *Land Information Systems*). Złożone ze sprzętu (komputery, sieć itp.), oprogramowania (bazy

szerzeniem badań [20] jest analiza porównawcza wpływu wskaźników SEIFA, Townsend Index na liczbę pożarów obszarów metropolitarnych w Brisbane (Australia) i Cardiff (Walia) [21]. Z baz danych straży pożarnych z Cardiff i Queensland (2000-2004) wyselekcjonowano i zgeokodowano do GIS klasy zdarzeń FDR1, FDRIV, FDR3, FAM. Zauważono, że zmienne indeksów wykazują wysoki stopień korelacji, dlatego też ograniczono ich liczbę algorytmem PCA¹⁰, a następnie oszacowano wielkość wpływu zmiennych na liczbę zdarzeń. Zaobserwowano, że zmienne zakwaterowanie (powierzchnia mieszkalna na osobę), posiadanie samochodu, prawo własności mieszkania oraz poziom wykształcenia są predyktorami mającymi istotny wpływ na liczbę pożarów [21].

Powyższe publikacje poruszały problematykę przestrzennej lokalizacji pożarów, podczas gdy badania Asgary'ego i innych [21] dodatkowo poruszają ich aspekt czasowy. Dla pożarów konstrukcji¹¹ w mieście Toronto (Kanada) za okres 2000-2006 opracowano rozkłady zdarzeń w funkcji pory dnia, dni tygodnia, miesiący i roku w GIS.

Wnioski płynące z analizy literaturowej, będące jednocześnie inspiracją do przeprowadzenia badań, to przede wszystkim:

- niewielki stopień wykorzystania metod i technik analitycznych GIS do budowy map zagrożeń, w tym generowanych przez obiekty mieszkalne;
- przeprowadzanie obliczeń na zagregowanych klasach pożarowych składających się np. z pożarów w obiektach mieszkalnych, użyteczności publicznej itp., co wprowadza błędy i zniekształcenia w analizie i ocenie danych;
- tendencje pożarów do budowy wzorców przestrzenno-czasowych [21].

2. Metodologia badań

Celem badań jest konstrukcja, analiza i ocena stopnia zagrożenia POM na przykładzie Warszawy. Poprzez zagrożenia pożarowe definiuje się tu pożary wywołane działalnością człowieka, wadami, usterkami elementów technologiczno-instalacyjnych obiektów mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych lub lokali stanowiących ich części, których skutki wywołały konieczność interwencji zastępów PSP i podjęcie działań ratowniczo-gaśniczych (def. własna).

danych, systemy operacyjne itp.), danych (wektorowe, rastrowe, itp.), ludzi (użytkownicy, administratorzy, specjaliści GIS, itp.) oraz procedur (specyfikacje, standardy, itp.). GIS przeznaczony jest do zbierania, przechowywania, analizowania, wizualizacji danych, przestrzennie odniesionych do powierzchni Ziemi ([5] w oparciu o [6], [7], [8]).

¹⁰ COMAP (*Conditional MAP*) – mapa uwarunkowana. Narzędzie GIS działające na bazie zmodyfikowanej idei wykresu warunkowego COPLLOT (*COnditional PLOT*). Wykres warunkowy składa się z wielu małych wykresów ilustrujących rozkład badanej zmiennej w funkcji innych zmiennych. COMAP stanowi rozwinięcie pomysłu zaproponowanego przez Clevelanda w 1993 r. [15], [16].

¹¹ SEIFA (*Index of Relative Socio-Economic Advantage/Disadvantage*) – jeden z czterech indeksów socjoekonomicznych stosowanych w Australii, uwzględniający stopień dochodów, wykształcenie, zatrudnienie, stan zdrowia i warunki bytowe [18].

nr meld	data qozdr	ul um wawa	lrq	zastepw	straty	ewid x	ewid y	met x	met y	opis ewid
0701004-0046	14-01-2006 19 49	Aleja Jana Pawła II 102	4	1	0	20 96868	52 25	7498759 19	5791488 611	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 102, Budynek mieszkalny 9p
0701004-0655	08-06-2000 23 05	Aleja Jana Pawła II 18	4	1	0	21	52 23688	7499903 41	5788921 039	Warszawa, ul. Jana Pawła II 18, Budynek mieszkalny 15 - piętrowy (śmieci w zyspie na 6 piętrze)
0701004-1043	11-09-2000 19 19	Aleja Jana Pawła II 18	4	3	0	21	52 23327	7499903 41	5788921 039	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 18/98, Budynek mieszkalny 15p - lokal na 9 piętrze
0701004-0290	15-01-2007 16 30	Aleja Jana Pawła II 16	4	3	0	20 99719	52 2325	7499903 41	5788921 039	Warszawa, ul. Jana Pawła II 16/82, Budynek mieszkalny 10p - zdarzenie na 8p
0701004-1301	27-10-2000 17 06	Aleja Jana Pawła II 18	4	3	0	21	52 23608	7499903 41	5788921 039	Warszawa, ul. Jana Pawła II 18, Bud. mieszkalny 15p
0701004-1595	08-12-2005 17 07	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	0	21	52 23608	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 20/116, Budynek mieszkalny 15p - zdarzenie na 1p
0701004-1365	14-11-2000 10 18	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	10	21 00138	52 2375	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Jana Pawła II 20, Bud. mieszkalny 15p
0701004-1390	14-11-2003 01 42	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	0	21	52 23469	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 20, Budynek mieszkalny 15p - śmieci w szybie windy
0701004-0474	19-03-2007 21 13	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	1	20 99658	52 23438	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Jana Pawła II 20, Budynek mieszkalny 15
0701004-0181	20-02-2004 06 28	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	0	20 98608	52 23327	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 20, mieszkanie na 5 p. w budynku 15 p.
0701004-0819	20-07-2005 14 34	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	0	21	52 23327	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 20, Budynek mieszkalny 15p - zdarzenie w szybie windowym
0701004-0373	2011-04-11 00 00	Aleja Jana Pawła II 20	4	1	1	20 99905	52 23511	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. aleja Jana Pawła II 20/207, Budynek mieszkalny 15p
0701004-0096	2012-01-29 00 00	Aleja Jana Pawła II 20	4	3	0	20 99944	52 23416	7499903 58	5788995 799	Warszawa, ul. Jana Pawła II 20/910, Budynek mieszkalny 15 p.
0701004-1228	03-12-2001 17 24	Aleja Jana Pawła II 26	4	1	0	21	52 23608	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Jana Pawła II 26, Budynek murywany 15p
0701004-0364	06-04-2000 14 49	Aleja Jana Pawła II 26	4	3	0	21	52 2375	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Jana Pawła II 26/1309, Bud. mieszkalny 15p
0701004-1018	10-06-2007 16 09	Aleja Jana Pawła II 26	4	1	0	21	52 23327	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 26/1123, Budynek mieszkalny 15p - mieszkanie na 11p
0701004-2125	15-12-2007 20 45	Aleja Jana Pawła II 26	4	1	0	22 11688	52 68888	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Jana Pawła II 26, Budynek mieszkalny 15p
0701004-0288	18-03-2002 20 45	Aleja Jana Pawła II 26	4	1	1	21	52 2375	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Jana Pawła II 26, Bud. mieszkalny 16p
0701004-0975	20-08-2002 19 09	Aleja Jana Pawła II 26	4	3	0	21	52 21938	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 26/913, Budynek mieszkalny 16-p. lokal na 9-p
0701004-0709	21-07-2001 18 09	Aleja Jana Pawła II 26	4	4	0	21 99858	52 2375	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Jana Pawła II 26/805, Murywany 15p
0701004-0252	27-03-2001 16 26	Aleja Jana Pawła II 26	4	1	0	20 99658	52 23608	7499812 50	5789283 844	Warszawa, ul. Al. Jana Pawła II 26, Budynek mieszkalny 15p

Ryc. 1. Wyciąg z tabeli atrybutów warstwy wektorowej pożarów obiektów mieszkalnych

[Badania własne na podstawie danych statystycznych Komendy Głównej PSP (KGPSP), danych GIS Biura Geodezji i Katastru Urzędu m.st. Warszawa (BGiK)]

Fig. 1. Attribute table abridgment from residential building fires vector map

[Own research based on the National Headquarters of the State Fire Service (NHoSFS) statistical data, Warsaw Geodesy and Cartography Bureau's (GCB) GIS data]

Dane do badań pozyskano z systemu SWD-ST¹² [22], [23]. Analizie i ocenie poddano pożary występujące we wszystkich dzielnicach Warszawy, za wyjątkiem Rembertowa i Warszawy-Wesoła. Liczba wszystkich pożarów zarejestrowanych w okresie 2000-2012 w skali kraju wynosi 2078208, z czego 273935 przypisano do działów 208, 209 oznaczających odpowiednio pożary budynków jedno- i wielorodzinnych¹³. Dla Warszawy wynosi to odpowiednio 75809 i 19429. Oznacza to, że udział pożarów obiektów mieszkalnych w stosunku do wszystkich pożarów wynosi 13% w skali kraju i 26% w stolicy.

3. Analiza danych

Informacje ze zdarzeń PSP, w szczególności za lata 1993-1999, zawierają dużo nieścisłości w zakresie przestrzennej lokalizacji zdarzeń. Dotyczy to zarówno bezpośredniego odniesienia przestrzennego (współrzędne geograficzne), jak i pośredniego (nazwy ulic). Ówczesny brak lub ograniczony dostęp stanowisk kierowania do SIP, działających obecnie w oparciu o serwisy mapowe (Geportal, Targeo, Google maps, itp.), czy też profesjonalne systemy GIS (ArcGIS, GeoMedia, MapInfo, itp.) spowodowały, że współrzędne geograficzne w latach 1993-1999 pobierano głównie z map sztabowych. Przy braku systemowej automatycznej weryfikacji poprawności koordynat wprowadzało to rozbieżności w stosunku do ich rzeczywistej lokalizacji. Stąd też odstąpiono od analizy danych za lata 1993-1999. Zauważono również, że wraz z popularyzacją SIP jakoś koordynat poprawiła się.

Inny aspekt wprowadzający utrudnienia w analizie danych to nazewnictwo ulic występujących w raportach. W wielu przypadkach nie jest ono zbieżne z formalnie przyjętym przez radę miasta zapisem, dołączonym do badań w postaci bazy referencyjnej punktów adresowych¹⁴. Na przykład ulica „Al. Jana Pawła II”, „Jana Pawła II”

różni się od wzoru zapisu ulicy zawartego w bazie danych BGiK, gdzie widnieje jako „Aleja Jana Pawła II”. Obecnie problem rozwiązywany jest w sposób systemowy, na podstawie rejestru TERYT¹⁵ dołączonego do SWD-ST stanowisk kierowania PSP.

Reasumując, z uwagi na nieścisłości w zakresie odniesienia przestrzennego danych proces mapowania zagrożeń pożarowych poprzedziła korekta lokalizacji zdarzeń, zgodnie z poniższą procedurą:

1. Pobierz nazwę ulicy wraz z numerem budynku z informacją ze zdarzenia PSP.
2. Odszukaj w bazie referencyjnej BGiK nazwę punktu adresowego, którego podobieństwo ciągów znakowych z wartością punktu 1 jest największe.
3. Dla istniejących połączeń pobierz współrzędne metryczne (met_x, met_y) punktu adresowego bazy BGiK.
4. Zgeokoduj dane z pkt. 3 w SIP na podstawie met_x, met_y.

Przyjęta procedura zakładała, że każda interwencja PSP sprowadzała się do pożaru obiektu mieszkalnego z przypisanym adresem. Reguła nie dotyczyła pożarów budynków w trakcie budowy lub pustostanów. W sytuacjach gdy dla parzystych punktów adresowych znajdujących się w raportach PSP nie istniało odniesienie w bazie BGiK, wówczas przyjmowano najbliższy parzysty punkt adresowy BGiK, zaś dla nieparzystych – najbliższy nieparzysty. Dla przypadków, gdzie procedura z różnych względów nie zadziałała poprawnie, wprowadzono ręczną korektę nazw ulic. W rezultacie otrzymano warstwę wektorową POM liczącą 18588 rekordów. Do danych dołączono informację na temat numeru zgłoszenia, datę, godzinę zgłoszenia pożaru do stanowiska kierowania PSP, numer jednostki ratowniczo-gaśniczej (JRG), na której terenie zaistniało zdarzenie, liczbę zastępów uczestniczących w akcji, szacunkowe straty oraz opis zdarzenia z bazy ewidencji pożarów PSP, liczbę poszkodowanych (Ryc. 1).

¹² Wielowymiarowy indeks „wykluczenia” uwzględniający: stopień bezrobocia, zaludnienia mieszkań, liczbę osób nieposiadających własnego mieszkania, samochodu, itp. [19].

¹³ KDE (Kernel Density Estimation) – opis metody w części „Estymacja gęstości pożarów metodą KDE”.

¹⁴ Baza referencyjna w postaci warstwy wektorowej GIS pozyskana z Biura Geodezji i Katastru Urzędu Miasta Stołecznego Warszawa (BGiK).

¹⁵ TERYT – Krajowy Rejestr Urzędowy Podziału Terytorialnego Kraju zawierający katalogi: TERC (wykaz jednostek podziału terytorialnego), SIMC (wykaz miejscowości), ULIC (wykaz ulic), WMRODZ (wykaz symboli i nazw rodzajów miejscowości) [24].

4. Rezultaty i dyskusja

Spśród blisko 18,5 tys. zdarzeń odpowiadających definicji pożarów przyjętej na potrzeby badań analiza statystyczna pola „opis_ewid” (Ryc. 1) przeprowadzona za pomocą wyrażeń regularnych wykazała, że ok. 14% wszystkich interwencji stanowią:

- pożary śmieci w zspach, szybach windowych, kłatkach schodowych, kanałach wentylacyjnych, itp. (8% – 1490 interwencji);
- pożary pustostanów (4% – 706);
- pożary potraw pozostawionych bez nadzoru (2% – 392)¹⁶.

Blisko 5% (915) stanowią pożary z odnotowanymi rannymi bądź ofiarami śmiertelnymi (Ryc. 2), zaś ich lokalizacja pokrywa się z obszarami wysokiego lub bardzo wysokiego stopnia zagrożenia pożarowego (Ryc. 7).

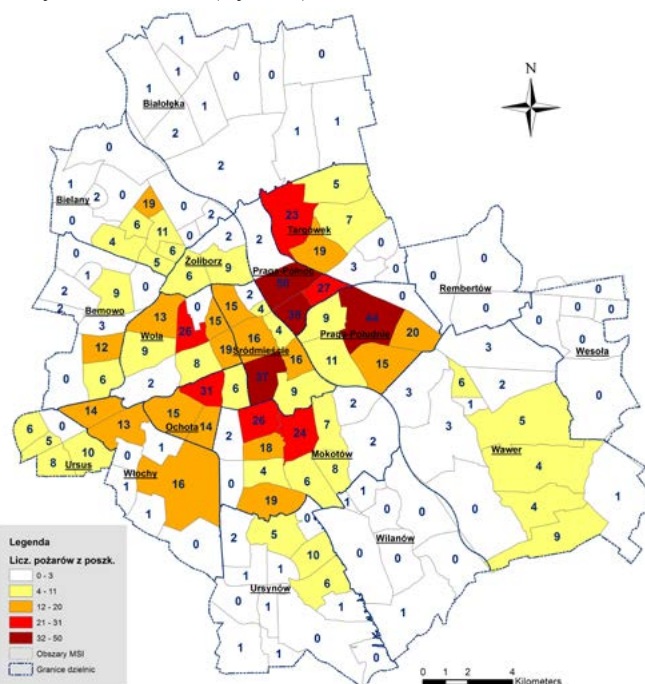
4.1. Charakterystyka czasowa

Analizując pożary pod względem godzin występowania, zauważono, że częstość zdarzeń osiąga minimum w przedziale godziny 5-6. Sukcesywny wzrost następuje w granicach 7-20, osiągając maksimum pomiędzy 18 a 20. Godziny 21-4 to okres jednostajnego spadku. Rozkład odpowiada wielomianowi stopnia 3, osiągając przy tym bardzo wysokie dopasowanie modelu, na poziomie współczynnika determinacji $R^2=0,99$ (Ryc. 3).

Rozkład zdarzeń w funkcji dnia tygodnia ma zasadniczo stały charakter. Trudno wyróżnić dni, w których częstość zdarzeń ma charakter dominujący. Jednakże zauważa się niewielki wzrost ich liczby w czwartki, piątki, soboty i niedziele. Rozkładowi najbardziej odpowiada wielomian stopnia 5 ze współczynnikiem $R^2=0,86$ (Ryc. 4).

W przypadku rozkładu pożarów według miesięcy zauważono dopasowanie danych do modelu wielomianu stopnia 4 ze współczynnikiem $R^2=0,81$. Funkcja przyjmuje największe wartości dla października, listopada, grudnia, stycznia. Ma to związek z okresem grzewczym. Zapewne liczba zdarzeń zwiększyłaby się, gdyby do pożarów dodano interwencje PSP dotyczące usuwania skutków nieprawidłowo funkcjonujących systemów grzewczych (tlenki węgla) rejestrowane jako miejscowe zagrożenia (Ryc. 5a). Wysoką liczbę zdarzeń notuje się również dla okresu letniego (czerwiec, lipiec, sierpień), co związane jest m.in. ze wzmocnionym ruchem dzieci i młodzieży w okresie wakacyjnym, wzmocnionym ruchem osób bezdomnych, a tym samym wzrostem liczby pożarów śmieci, zspów, szybów windowych, klatek schodowych, kanałów wentylacyjnych, pustostanów, itp. (12% ogółu interwencji). Potwierdzeniem wniosków jest rozkład zdarzeń według miesięcy zagregowanych do pozio-

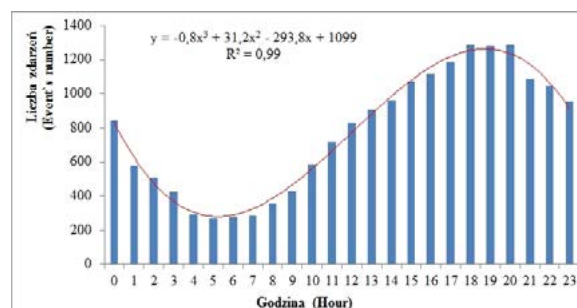
mu kwartałów opisany wielomianem stopnia 3 ze współczynnikiem $R^2=1$ (Ryc. 5b).



Ryc. 2. Liczba pożarów obiektów mieszkalnych w latach 2000-2012 z odnotowanymi rannymi lub ofiarami śmiertelnymi [Badania własne na podstawie danych statystycznych KG PSP, danych GIS BGiK]

Fig. 2. The number of residential building fires with victims or injured in 2000-2012

[Own research based on NHoSFS statistical data, GCB's GIS data]

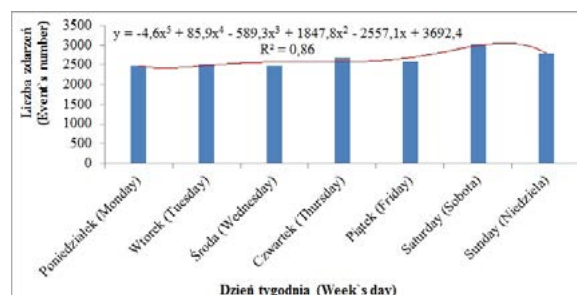


Ryc. 3. Rozkład pożarów obiektów mieszkalnych w latach 2000-2012 wg godzin

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KG PSP]

Fig. 3. Residential building fires distribution by hours (for 2000-2012)

[Own research based on NHoSFS statistical data]



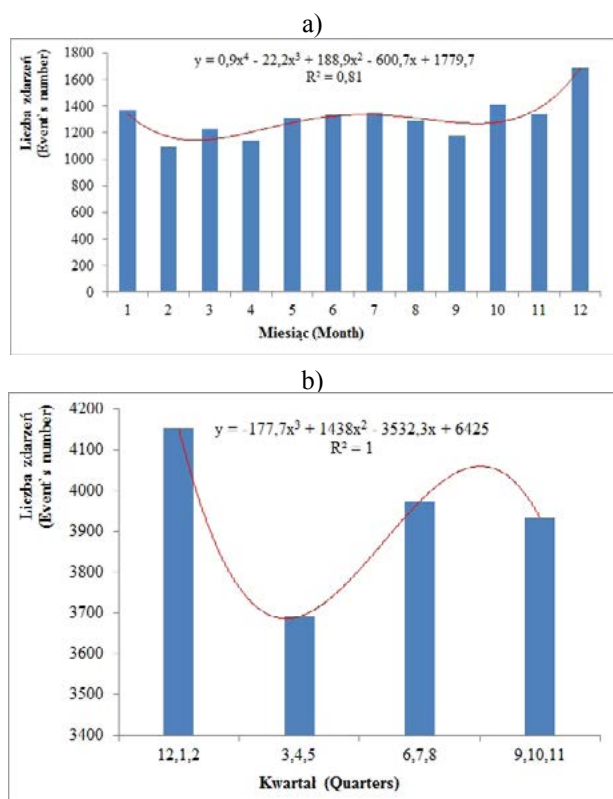
Ryc. 4. Rozkład pożarów obiektów mieszkalnych w latach 2000-2012 wg dni tygodnia

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KG PSP]

Fig. 4. Residential building fires distribution by days of the week (for 2000-2012)

[Own research based on NHoSFS statistical data]

¹⁶ Wyrażenia regularne - metoda opisu cech wspólnych zbiorów łańcuchów znakowych. Działanie opiera na teorii zbiorów. Jest silnym narzędziem przetwarzania tekstów, wyszukiwania, modyfikowania, analizy składniowej [27]. Obliczono na podstawie: a) „opis_ewid” LIKE “% mieci%” OR “opis_ewid” LIKE “%zsp%” OR “opis_ewid” LIKE “% mietnik%”; b) „opis_ewid” LIKE “% ustostan%”; c) “opis_ewid” LIKE “%_i_so%” OR “opis_ewid” LIKE “%_otrawa%” OR “opis_ewid” LIKE “%_arnku%” OR “opis_ewid” LIKE “%_osi_ek%”.



Ryc. 5. Rozkład pożarów obiektów mieszkalnych w latach 2000-2012 wg miesięcy (a.), kwartałów (b.)

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSPSP]

Fig. 5. Residential building fires distribution by months (a.), quarters (b.) (for 2000-2012)

[Own research based on NHoSFS statistical data]

4.2. Charakterystyka przestrzenna

Warstwę wektorową pożarów obiektów mieszkalnych przeniesiono do systemu ArcGIS¹⁷, a następnie zobrażono na podkładzie warstw dzielnic, osiedli MSI, budynków¹⁸. Platforma ArcGIS umożliwia tworzenie, edytowanie, analizowanie informacji geograficznej pod kątem rozmieszczenia przestrzennego danych, relacji i tendencji, których nie można odczytać wprost z tabelarycznego zapisu danych [25].

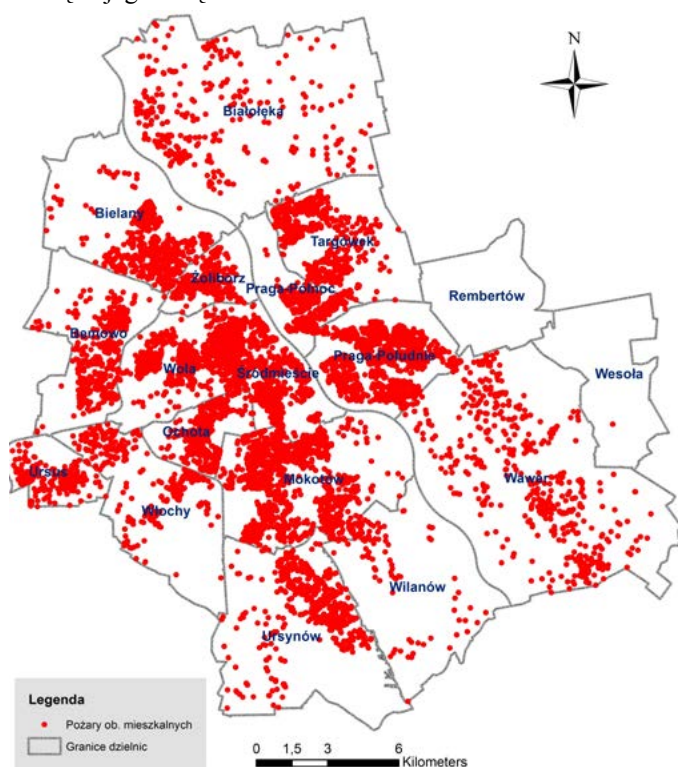
Wstępna analiza danych wykazuje, że pożary mają tendencję do występowania w „skupiskach” przede wszystkim tam, gdzie gęstość zabudowy jest dominująca. Zaliczamy do nich dzielnice: Targówek, Praga-Północ, Praga-Południe, Bielany, Żoliborz, Śródmieście, Mokotów, Wola, Ochota. Obszary o rzadkiej zabudowie takie jak Białołęka, Włochy, Wawer, daleki Ursynów, Wilanów charakteryzują się wizualnie mniejszą gęstością zdarzeń (Ryc. 6.). Dzielnice Rembertów i Warszawa-Wesoła wyłączone z analizy.

Przedstawiony na rycinie 6 rozkład zdarzeń poddano przestrzennej agregacji, korzystając z funkcji łączenia danych na podstawie ich przestrzennej lokalizacji. Do projektu dołączono warstwę wektorową JRG, utworzoną na podstawie danych teleadresowych KG PSP, pobranych z systemu SWD-ST. Do każdego elementu MSI (osiedla)

¹⁷ Badania przeprowadzono w oparciu o wersję 60 dniowa ArcGIS Desktop [25].

¹⁸ Warstwy wektorowe GIS pozyskane dzięki uprzejmości Biura Geodezji i Katastru Urzędu Miasta Warszawa.

dodano parametr opisujący liczbę pożarów zawierających się w jego obrębie.



Ryc. 6. Pożary obiektów mieszkalnych w Warszawie w latach 2000-2012.

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSPSP, danych GIS BGiK]

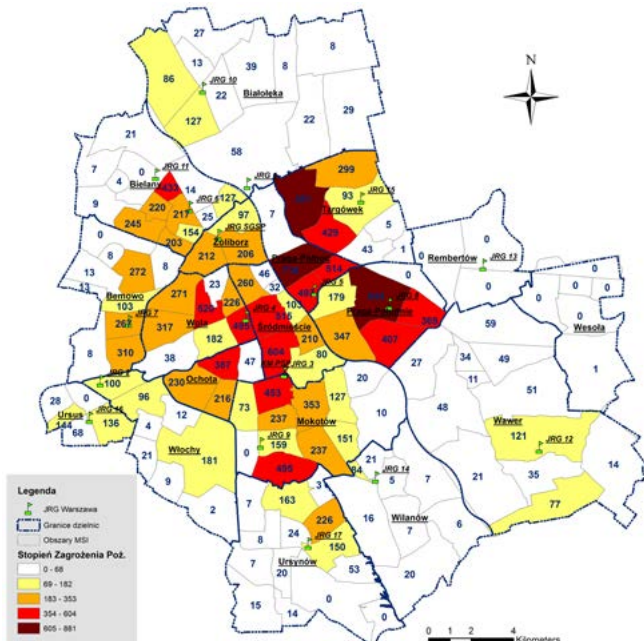
Fig. 6. Warsaw residential building fires in 2000-2012. [Own research based on NHoSFS statistical data, GCB's GIS data]

4.3. Mapa zagrożeń pożarowych

Otrzymany w ten sposób atrybut sklasyfikowano według pięciostopniowej skali stopnia zagrożenia pożarowego (SZP), zgodnie z kryteriami: znikomy (SZP I: 0-68 pożarów), niski (SZP II: 69-182), średni (SZP III: 183-353), wysoki (SZP IV: 354-604), bardzo wysoki (SZP V: 605-881). Mapa zagrożeń pożarowych wskazuje, że do osiedli o bardzo wysokim SZP należą: Bródno (dzielnica Targówek, 881), Grochów (Praga-Płd., 844) i Nowa Praga (Praga-Płn., 716). Wśród osiedli o wysokim SZP znalazły się z kolei: Śródmieście Płd. (Śródmieście, 604), Młynów (Wola, 520), Śródmieście Płn. (Śródmieście, 515), Szmulowizna (Praga Płn., 514), Stara Praga (Praga Płn., 497), Służew (Mokotów, 495), Mirów (Wola, 495), Stary Mokotów (Mokotów, 453), Wrzeciono (Bielany, 433), Targówek Mieszkaniowy (Targówek, 429), Goław (Praga Płd., 407), Stara Ochota (Ochota, 387), Goławek (Praga Płd., 369) (Ryc. 7).

Miejsca te charakteryzuje bardzo gęsta zabudowa mieszkalna z przewagą starych kamienic, zaś w przypadku Grochowa i Bródna gęsto zabudowane osiedla wykonane „z wielkiej płyty”. Potwierdzeniem powyższego jest rozkład gęstości pożarów wykonany metodą KDE, na tle którego zobrażowano bloki budynków w układzie 3D. Budynki podzielono na 4 klasy wysokościowe. Poprzez wysokość budynku należy rozumieć tu wysokość nad poziomem morza odniesioną do układu wysokościowego Kronsztad 1986 – dlatego nie należy jej mylić z normą

prawną ujętą w warunkach technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie¹⁹ (Ryc. 9). Oszacowanie ma jedynie charakter poglądowy i przedstawia jedynie gęstość zabudowy mieszkalnej.



Ryc. 7. Mapa zagrożeń pożarowych obiektów mieszkalnych Warszawy za lata 2000-2012

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSPS, danych GIS BGiK]

Fig. 7. Warsaw residential building fires hazard map for 2000-2012

[Own research based on NHoSFS statistical data, GCB's GIS data]

4.4. Estymacja gęstości pożarów metodą KDE

Opisana powyżej metoda budowy map zagrożeń zakłada przestrzenną agregację pożarów do poziomu administracyjnego miasta bądź systemu informacji o osiedlach. Nieco inaczej przedstawia się ich konstrukcja metodą KDE, zaliczającą się do grupy przestrzennych metod analizy danych.

Naukowe podstawy KDE mają odzwierciedlenie w nieparametrycznej metodzie estymacji jądrowej lub wymiennie nazywanej jądrową estymacją gęstości, służącej do wyznaczania gęstości rozkładu zmiennej losowej na podstawie wartości z uzyskanej próby (realizacji). Nieparametryczna metoda charakteryzuje się tym, że przy jej zastosowaniu nie jest wymagana wcześniejsza znajomość typu rozkładu. KDE działa w oparciu o równanie 1 (opracowano na podstawie [26], [27], [28], [29], [30]).

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{mh^n} \sum_{i=1}^m K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad \text{Równanie 1}$$

¹⁹ Według zapisów rozporządzenia budynki dzielą się na: niskie (N) – do 12 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości do 4 kondygnacji nadziemnych włącznie; średnio-wysokie (SW) – ponad 12 m do 25 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 4 do 9 kondygnacji nadziemnych włącznie; wysokie (W) – ponad 25 m do 55 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 9 do 18 kondygnacji nadziemnych włącznie; wysokościowe (WW) – powyżej 55 m nad poziomem terenu [32].

gdzie:

m – liczba elementów próby;

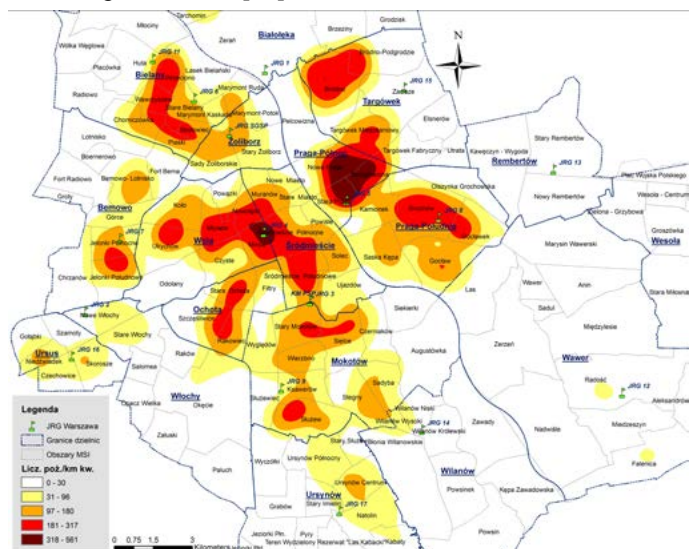
h – współczynnik wygładzania (szerokość pasma);

n – wymiar zmiennej losowej.

K – jądro, funkcja gęstości np. $f(x) = (2\Pi)^{-\frac{d}{2}} \exp(-\frac{1}{2} X^T X)$

mierzalna, symetryczna względem zera i posiadająca w nim słabe maksimum globalne, spełniająca warunki $K : R^n \rightarrow [0, \infty)$, $\int_{R^n} K(x)dx = 1$, $K(-x) = K(x)$.

W uproszczeniu – metoda działa na zasadzie szacowania gęstości pożarów zawierających się w komórkach rastra wyjściowego, a nie obszarów administracyjnych miasta. Wartość powierzchni jest najwyższa w miejscu lokalizacji zdarzeń i zmniejsza się wraz ze wzrastającą odległością promienia przeszukiwania. Osiąga zero przy odległości równej wartości promienia. Wielkość komórki rastra wyjściowego, promień przeszukiwania, miara gęstości są parametrami funkcji KDE systemu ArcGIS, określanymi na etapie obliczeń [30].



Ryc. 8. Gęstość pożarów obiektów mieszkalnych za lata 2000-2012 wyznaczona metodą KDE. Obszary MSI – widok 2D.

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSPS, danych GIS BGiK]

Fig. 8. Residential building fires density for 2000-2012 - KDE estimation. 2D view with housing estates.

[Own research based on NHoSFS statistical data, GCB's GIS data]

Szacowanie gęstości rozkładu zdarzeń metodą KDE nie jest uwarunkowane administracyjnym podziałem miasta, a jedynie gęstością skupień zdarzeń (Ryc. 8). Ma to zasadnicze znaczenie przy kwalifikacji osiedli lub ich części do odpowiedniego SZP. O ile poprzednia metoda warunkowała przynależność całych osiedli do określonego SZP, na przykład Bródno, Nowa Praga, Grochów – V SZP (Ryc. 7), o tyle w metodzie KDE jedynie część osiedli charakteryzujących się dużą gęstością zdarzeń kwalifikuje się do odpowiedniego SZP, np. część Szmulowizny, Starej Pragi włączone do V SZP. Ponadto niektóre osiedla, np. Grochów, Bródno zmieniły poziom zagrożenia z V na IV. W dodatku niecałe obszary osiedli należą do jednego SZP, np. Nowa Praga – V, IV, III, II SZP (Ryc. 8). Wniosek jest jednoznaczny – metoda KDE daje dokładniejsze dopasowanie obszarów osiedli do SZP.

Kolejnym uzasadnieniem celowości stosowania metody są wyniki analizy przestrzennej, przedstawiające infrastrukturę budowlaną miasta na tle gęstości pożarów (Ryc. 9). Na potrzeby badań infrastrukturę podzielono na 4 stopnie wysokości, tj. zabudowę niską (0-4 kondygnację), średniowysoką (5-9), wysoką (10-18) i wysokosciową (19-49). Zauważamy, że osiedla o wysokim SZP pokrywają się z obszarami o dużej gęstości infrastruktury budowlanej, np. Bródno, Nowa i Stara Praga, Mokotów, Śródmieście Płn. i Płd. Analiza wpływu gęstości infrastruktury mieszkalnej na SZP stanowi odrębny temat badawczy.

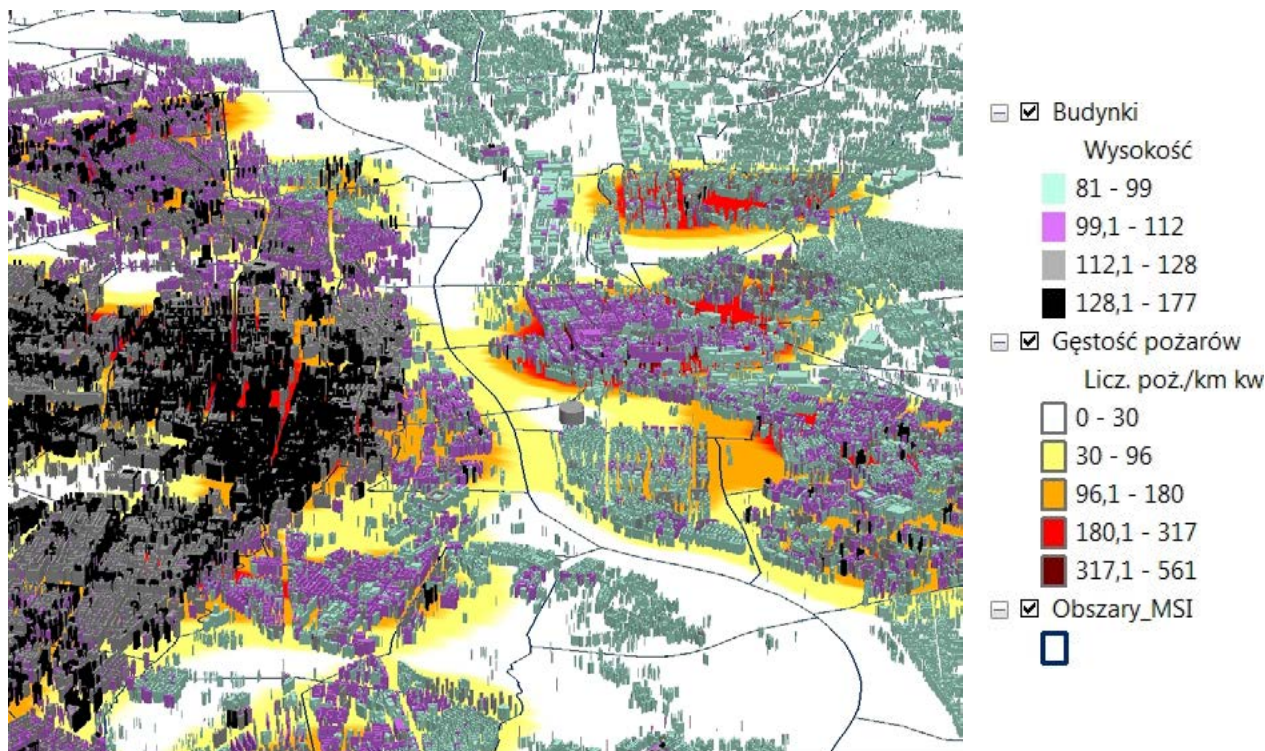
5. Podsumowanie

Celem artykułu była czasowo-przestrzenna charakterystyka zagrożeń pożarowych generowanych w obiektach mieszkalnych w środowisku GIS na przykładzie Warszawy. Motywem przewodnim badań były wysokie wskaźniki poszkodowanych w obiektach mieszkalnych [1], [4], jak również wnioski z przeglądu literatury wskazujące na stosunkowo niewielką implementację GIS w czasowo-przestrzennym badaniu natury pożarów. Jako podsumowanie przedstawia się wnioski w zakresie czasowo-przestrzennej charakterystyki pożarów, w rozumieniu częstości ich występowania w funkcji godzin, dni tygodnia, miesięcy, jak również wybranych metod generowania map zagrożeń pożarowych. Badania wskazują, że POM mają tendencję do nasilania się w godzinach 7-20 (maksimum w godz. 18-20) oraz jednostajnego spadku pomiędzy 21-4. W przypadku rozkładu zdarzeń w funkcji dni tygodnia trudno wyróżnić dni, w których częstość zdarzeń ma charakter dominujący, jednakże w czwartki,

piątki, soboty i niedziele zauważa się niewielką tendencję wzrostową. Miesiące o największej liczbie interwencji to grudzień, styczeń, luty – mające związek z okresem grzewczym oraz czerwiec, lipiec, sierpień – miesiące o wzmożonym ruchu dzieci i młodzieży (pożary śmieci, zszpów, szybów windowych, klatek schodowych, kanałów wentylacyjnych, pustostanów, itp.)

Postulat w zakresie budowy map zagrożeń dotyczy w głównej mierze wniosków z porównania tradycyjnej metody generowania map zagrożeń z metodą KDE. Pierwsza uwzględnia agregację cech (np. liczby pożarów) do elementów siatki kartograficznej, zbudowanej np. na bazie elementów miejskiego systemu informacji o osiedlach lub podziału administracyjnego (dzielnica, gmina, powiat). Podejście to determinuje stopień zagrożenia pożarowego dla całych osiedli, dzielnic, gmin, itp., a nie faktycznych miejsc koncentracji badanych cech. Druga metoda zakłada oszacowanie gęstości cech metodą KDE. Nieparametryczna metoda KDE, pochodząca z rodziny analitycznych metod GIS, szacuje np. stopień zagrożenia pożarowego na podstawie gęstości skupień pożarów. W praktyce daje to dokładniejsze dopasowanie wyników do fragmentów osiedli, dzielnic, gmin czy powiatów. Warunkiem otrzymania poprawnych wyników jest prawidłowe odniesienie przestrzenne badanych cech, w sensie ich współrzędnych geograficznych lub danych adresowych.

Wnioski przedstawione w artykule, jak również te wynikające z publikacji [1], [4], wskazują, że problematyka charakterystyki zagrożeń pożarowych obiektów mieszkalnych infrastruktury miejskiej stanowi ciekawy obszar badawczy, zaś implementacja systemów informacji przestrzennej umożliwia zaobserwowanie cech niewidocz-



Ryc. 9. Gęstość pożarów obiektów mieszkalnych za lata 2000-2012 wyznaczonych metodą KDE. Infrastruktura budowlana z podziałem na klasy wysokościowe n.p.m. – widok 3D

[Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSP, danych GIS BGiK]

Fig. 9. Residential building fires density for 2000-2012 - KDE estimation. Building's storey 3D view classification according to their height above sea level. [Own research based on NHoSFS statistical data, GCB's GIS data]

nych przy tabelarycznym systemie zapisu. Dodatkowo badania doskonale wpisują się w zakres i rozszerzają problematykę badań modeli zagrożeń aglomeracji miejskiej wraz z systemem zarządzania kryzysowego na przykładzie miasta stołecznego Warszawy [31], jak również profilaktyki minimalizacji ryzyka pożarowego. Ostatnią publikacją kończącą cykl badań nt. *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń jest Analiza przypuszczalnych przyczyny pożarów obiektów mieszkalnych w skali kraju i miasta (Warszawa)*.

Literatura

- Mazur R., Kwasiborski A., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007-2012. Pożary*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 17-22.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [Dz. U. z 2011, Nr. 46, poz. 239 z póź. zm.].
- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Ochronie Przeciwpożarowej (Dz. U. z 1991, Nr 81, poz. 351 z póź. zm.).
- Mazur R., Marzec M., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007-2012. Miejskowe zagrożenia*, BiTP Vol. 31 Issue 3, 2013, pp. 49-58.
- Mazur R., Tyrańska K., *Materiały do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu Systemy Informacji Przestrzennej*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej (materiały niepublikowane), Warszawa, 2010.
- Bielecka E., *Systemy informacji geograficznej – teoria i zastosowania*, Wydawnictwo Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych, Warszawa, 2006.
- Myrda G., Litwin L., *Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS*, Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2005.
- Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W., *GIS. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- Pew K. L., Larsen C. P. S., *GIS Analysis of Spatial and Temporal Patterns of Human-Caused Wildfires in the Temperate Rainforest of Vancouver Island*, "Forest Ecology and Management", Vol 140 Issue 1, 2001.
- Vakalis D., Sarimveis H., Kiranoudis C. T., Alexandridis A., Bafas G., *A GIS Based Operational System for Wildland Fire Crisis Management I Mathematical Modelling and Simulation*, "Applied Mathematical Modeling", Volume 28 Issue 4, 2004a.
- Vakalis D., Sarimveis H., Kiranoudis C.T., Alexandridis A., Bafas G., *A GIS Based Operational System for Wildland Fire Crisis Management II System Architecture and Case Studies*, "Applied Mathematical Modeling", Vol. 28 Issue 4, 2004b.
- Siljander M., *Predictive fire occurrence modeling to improve burned area estimation at a regional scale. A case study in East Caprivi, Namibia*, "International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation", Vol. 11, Issue 6 2009.
- Brunsdon C., Corcoran J., Higgs G., *Visualising space and time in crime patterns: A comparison of methods*, "Computers, Environment and Urban Systems", Vol. 31 Issue 1, 2007.
- Malczewski J., Poetz A., *Residential Burglaries and Neighborhood Socioeconomic Context in London, Ontario: Global and Local Regression Analysis*, "The Professional Geographer", Vol. 57 Issue 4, 2005. pp. 516-529.
- Brunsdon C., *The comap: exploring the spatial patterns via conditional distributions*. Computers, "Environment and Urban Systems", Vol. 25 Issue 1, 2001.
- Corcoran J., Higgs G., Higginson A., *Fire incidence in metropolitan areas: A comparative study of Brisbane (Australia) and Cardiff (United Kingdom)*, "Applied Geography", Vol. 31 Issue 1, 2011.
- Chhetri P., Corcoran J., Stimson R., *Exploring the spatio-temporal dynamics of fire incidence and the influence of socio-economic status A case study from south east Queensland Australia*, "Journal of Spatial Science", Vol. 54 Issue 1, 2009.
- Australian Bureau of Statistics (ABS), *Census of population and housing 2001*, Australia, 2002.
- Townsend P., *Deprivation*, "Journal of Social Policy", Vol. 16 Issue 2, 1987.
- Corcoran J., Higgs G., Brunsdon C., Ware A., *The Use of Comaps to Explore the Spatial and Temporal Dynamics of Fire Incidents: A Case Study in South Wales*, "Professional Geographer", Vol. 59 Issue 4, 2007.
- Asgary A., Ghaffari A., Levy J., *Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto*, "Fire Safety Journal", Vol. 45 Issue 1, 2010.
- Mazur R., *Badanie zakresu implementacji i stopnia wspomagania systemu „SWD-ST” na poziomie powiatu (miasta)*, BiTP, Vol. 20 Issue 4, 2010, pp. 77-90.
- Abakus Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o., *Podręcznik użytkownika Systemu SWD-ST 2.5*, Bielsko-Biała, 2012.
- Główny Urząd Statystyczny, *Krajowy Rejestr Urzędowy Podziału Terytorialnego Kraju TERYT*, [dok. elektr.] http://www.stat.gov.pl/bip/36_PLK_HTML.htm, [dostęp 19.11.2013].
- Environmental Systems Research Institute, *Opis produktu ArcGIS for Desktop*, [dok. elektr.] <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>, [dostęp 19.11.2013].
- Barteczko K., Drabik W., Starosta B., *Metody programowania*, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, [dok. elektr.] <http://edu.pjwstk.edu.pl/wyklady/mpr/scb>, [dostęp 11.11.2013].
- Kulczycki P., *Estymatory jądrowe w analizie systemowej*, WNT, 2005.
- Kościelniak P., Ombach J., Szczepański J., *Jądrowa estymacja gęstości*, Internetowe Laboratorium Statystyki Instytut Matematyki, Uniwersytet Jagielloński, [dok. elektr.] <http://www2.im.uj.edu.pl/ils/zagadnienia.html>, [dostęp 11.11.2013].
- Kobos M., *Kombinacja jądrowych estymatorów gęstości w klasyfikacji - własności teoretyczne wraz z testami na sztucznych i referencyjnych zbiorach danych*, Politechnika Warszawska [dok. elektr.] <http://www.mini.pw.edu.pl/~mandziuk/2011-02-28.pdf>, [dostęp 11.11.2013].
- Environmental Systems Research Institute, *ArcGIS 10.1 Help*, [dok. elektr.] <http://resources.arcgis.com/en/help/>, [dostęp 11.11.2013].
- Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Najgebauera, *Modele zagrożeń aglomeracji miejskiej wraz z systemem zarządzania kryzysowego na przykładzie miasta stołecznego Warszawy*, WAT, Warszawa, 2009.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jaki powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690].

mł. bryg. mgr inż. Robert Mazur – absolwent Studiów Inżynierskich (2002) oraz Uzupełniających Studiów Magisterskich (2004) na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Absolwent studiów podyplomowych Wyższej Polsko-Japońskiej Szkoły Technik Komputerowych na kierunku „Zaawansowane Multimedia w Internecie” (2006) oraz studiów trzeciego stopnia na Wydziale Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie na kierunku Informatyka (2011). Ukończył szereg szkoleń z zakresu wykorzystania systemów informacji przestrzennej ArcGIS w bezpieczeństwie powszechnym oraz analityki na bazie danych ORACLE. W latach 2002-2011 asystent, kierownik laboratorium, wykładowca Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (obecna Katedra Badań Bezpieczeństwa). Od 2011 roku starszy specjalista w Krajowym Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej. Na co dzień zajmuje się opracowaniami statystycznymi i analitycznymi z zakresu działalności PSP.

ERRATA

JEST:

⁷ Zdarzenie niebędące pożarem ani klęską żywiołową, wynikające z rozwoju cywilizacyjnego, naturalnych praw przyrody, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska [3].

⁸ Obowiązująca norma prawna uwzględnia klasyfikację zdarzeń PSP do klas obiektów: użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych, magazynowych, środków transportu, lasów, upraw i rolnictwa, innych [2].

⁹ GIS (*Geographical Information Systems*) – nazywane wymiennie systemami informacji przestrzennej (SIP), systemami informacji o terenie (SIT, LIS, *Land Information Systems*). Złożone ze sprzętu (komputery, sieć itp.), oprogramowania (bazy danych, systemy operacyjne itp.), danych (wektorowe, rastrowe, itp.), ludzi (użytkownicy, administratorzy, specjaliści GIS, itp.) oraz procedur (specyfikacje, standardy, itp.). GIS przeznaczony jest do zbierania, przechowywania, analizowania, wizualizacji danych, przestrzennie odniesionych do powierzchni Ziemi ([5] w oparciu o [6], [7], [8]).

¹⁰ COMAP (*Conditional MAP*) – mapa uwarunkowana. Narzędzie GIS działające na bazie zmodyfikowanej idei wykresu warunkowego COplot (*COnditional PLOT*). Wykres warunkowy składa się z wielu małych wykresów ilustrujących rozkład badanej zmiennej w funkcji innych zmiennych. COMAP stanowi rozwinięcie pomysłu zaproponowanego przez Clevelanda w 1993 r. [15], [16].

¹¹ SEIFA (*Index of Relative Socio-Economic Advantage/Disadvantage*) – jeden z czterech indeksów socjoekonomicznych stosowanych w Australii, uwzględniający stopień dochodów, wykształcenie, zatrudnienie, stan zdrowia i warunki bytowe [18].

¹² Wielowymiarowy indeks „wykluczenia” uwzględniający: stopień bezrobocia, zaludnienia mieszkań, liczbę osób nieposiadających własnego mieszkania, samochodu, itp. [19].

¹³ KDE (*Kernel Density Estimation*) – opis metody w części „Estymacja gęstości pożarów metodą KDE”.

POWINNO BYĆ:

⁷ SEIFA (*Index of Relative Socio-Economic Advantage/Disadvantage*) – jeden z czterech indeksów socjoekonomicznych stosowanych w Australii, uwzględniający stopień dochodów, wykształcenie, zatrudnienie, stan zdrowia i warunki bytowe [18].

⁸ Wielowymiarowy indeks „wykluczenia” uwzględniający: stopień bezrobocia, zaludnienia mieszkań, liczbę osób nieposiadających własnego mieszkania, samochodu, itp. [19].

⁹ KDE (*Kernel Density Estimation*) – opis metody w części „Estymacja gęstości pożarów metodą KDE”.

¹⁰ PCA (*Principal Component Analysis*) – statystyczna metoda wstępnej analizy danych, polegająca na ograniczeniu wektora danych wejściowych i wyborze zmiennych niezależnych. Ograniczenie stopnia wektora polega na dekompozycji macierzy kowariancji pod względem wektora charakterystycznego i uporządkowaniu wyników wg największych wartości wariancji [21].

¹¹ Pożary konstrukcji (*structure fires*) – termin Straży Pożarnej USA określający klasę pożarów budynków mieszkalnych, od domów jednorodzinnych, kamienic, apartamentów, wieżowców do różnych obiektów handlowych (biura, centra handlowe, itp.). Do celów ochrony ppoż. pożary konstrukcji dzieli się na 5 klas oznaczających stopień palności: I – konstrukcje o wysokim stopniu odporności ogniowej, II, III, IV – konstrukcje łatwopalne.

¹² System Wspomagania Decyzji – ST. Stan bazy danych 2000-2009 na 29.06.2011, 2010-2012 na 22.07.2013.

¹³ Kod obiektu określony na podstawie załącznika nr 6, pkt. 8 rozporządzenia MSWiA [2].