

**Andrzej Biłozor, Szymon Czyża,
Karol Szuniewicz**

**Wykorzystanie algorytmów
genetycznych do prognozowania
stanów przestrzeni miejskiej w
procesie proaktywnego
przeciwdziałania zagrożeniom**

Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum 12/1, 31-43

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

WYKORZYSTANIE ALGORYTMÓW GENETYCZNYCH DO PROGNOZOWANIA STANÓW PRZESTRZENI MIEJSKIEJ W PROCESIE PROAKTYWNEGO PRZECIWDZIAŁANIA ZAGROŻENIOM

Andrzej Biłozor, Szymon Czyża, Karol Szuniewicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W artykule zaprezentowano możliwości zastosowania algorytmów genetycznych do prognozowania stanów przestrzeni miejskiej. Potencjał kryzysowy miasta budowany jest nie tylko na podstawie elementów znajdujących się na danym obszarze, ale również uwzględnia sąsiedztwo i możliwość jego oddziaływania. Badania dają możliwość wskazania istotnych tendencji i procesów w przemianach dotyczących tkanki miejskiej w odniesieniu do zagrożeń. Analiza wzajemnych relacji i zależności między obszarami o różnym potencjale zagrożeń z wykorzystaniem algorytmów genetycznych pozwala przewidywać oddziaływania potencjałów poszczególnych terenów miejskich między sobą. Daje to możliwość stworzenia dynamicznego systemu przeciwdziałania zagrożeniom.

Słowa kluczowe: algorytmy genetyczne, prognoza, zarządzanie kryzysowe

WPROWADZENIE

Zarządzanie kryzysowe w mieście należy do kompetencji organów administracji publicznej i polega na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do podejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych oraz na odtwarzaniu infrastruktury lub przywróceniu jej pierwotnego charakteru.

Analiza wzajemnych relacji i zależności między obszarami o różnej intensyfikacji zagrożeń (potencjale) z wykorzystaniem algorytmów genetycznych okazuje się niezwykle przydatnym narzędziem w tworzeniu proaktywnego systemu przeciwdziałania zagrożeniom. Zastosowanie algorytmów genetycznych pozwala na przewidywanie oddziaływania

potencjałów poszczególnych terenów miejskich między sobą. Na tej podstawie możliwe jest wskazanie optymalnych stanów przestrzeni w przyszłości z jednoczesną prognozą zmian potencjału kryzysowego miasta. Prognoza stanów przestrzeni miejskiej wskaże zachodzące w niej procesy oraz umożliwi w sposób dynamiczny wskazanie zarówno obszarów, na których dochodzi do dywersyfikacji, jak i koncentracji zagrożeń. Uzyskane w ten sposób informacje o przestrzeni miejskiej będą stanowiły podstawę prowadzenia działań w zakresie wzmocnienia systemu ochrony miejsc o wysokim potencjale kryzysowym miasta, z uwzględnieniem dynamicznego charakteru zjawisk budujących jego wartość. Daje to możliwość stworzenia dynamicznego systemu przeciwdziałania zagrożeniom.

ALGORYTMY GENETYCZNE

W obecnej nauce spotykamy się z zastosowaniem metod, które wykorzystują rozwiązania zaczerpnięte z natury. Sieci neuronowe stosowane szeroko w różnych dziedzinach życia człowieka bazują na procesach zachodzących w układzie nerwowym. Podobnie jest z algorytmami genetycznymi, które oparte są na mechanizmach doboru naturalnego i dziedziczenia, podstawowych elementach związanych z ewolucją. Algorytmy genetyczne najogólniej można zdefiniować jako metodę poszukiwania łączącą zasady ewolucji, w których silniejszy przetrwa, ze randomizowaną wymianą informacji oraz dozą pomysłowości właściwą ludzkiemu umysłowi. Nawiązując do sieci neuronowych, należy zauważyć zasadniczą różnicę wynikającą z czasu, w którym zachodzą procesy. W przypadku sieci neuronowych mamy doczynienia z błyskawicznym przetwarzaniem danych, tak jak w sieci neuronowej, natomiast procesy ewolucji są powolne. Za pomocą nowoczesnych narzędzi technik komputerowych wykonanie symulacji w obu przypadkach nie stanowi problemu. Jednak może być to argument w doborze optymalnej metody w odniesieniu do badanych zjawisk [Gwiazda 1995, Cytowski 1996, Rutkowska 1997]. Trafne wydaje się sformułowanie, że algorytm genetyczny „wykorzystuje efektywnie przeszłe doświadczenia do określenia nowego obszaru poszukiwań o spodziewanej podwyższonej wydajności” [Goldberg 1995].

Początki prac nad algorytmami genetycznymi przypadają na lata 60. i 70. XX wieku. Zespół naukowców z Uniwersytetu Michigan pod kierownictwem Johna Hollanda postawili tezę, że możliwe jest stworzenie algorytmu komputerowego pozwalającego na rozwiązywanie trudnych zagadnień w sposób wykorzystywany przez naturę, czyli z zastosowaniem ewolucji. Jednym z pierwszych interesujących spostrzeżeń rzutującym na dalszy rozwój badań nad algorytmami genetycznymi było stwierdzenie faktu, że zmiany ewolucyjne nie zachodzą bezpośrednio na żywych organizmach, lecz na informacji zakodowanej w chromosomach [Rutkowska i in. 1997]. Badania skoncentrowano na realizacji dwóch głównych celów:

- opisaniu i wyjaśnieniu procesów adaptacyjnych ze świata przyrody z wykorzystaniem narzędzi matematycznych;
- stworzeniu oprogramowania korzystającego z wcześniej wymienionych mechanizmów na potrzeby tworzonych przez człowieka systemów.

Pomimo adaptacji algorytmu genetycznego na potrzeby różnych dziedzin nauki łącznie z badaniami operacyjnymi, informatyką, ekonomią itd. jego teoria nadal dość silnie związana jest z terminologią biologiczną wykorzystywaną w genetyce, która powszechnie stosowana jest we wszystkich dziedzinach nauki. Do najistotniejszych pojęć wykorzystywanych w algorytmach genetycznych należą:

- populacja (zbiór elementów) – rozumiana jako zbiór osobników (element), których liczebność jest znana;
- osobnik (element) – zbiór chromosomów określany jako element przestrzeni poszukiwań (ang. *search points*) najlepszego rozwiązania;
- chromosomy (zakodowana informacja, ciąg kodowy, łańcuch kodowy) – uporządkowany zbiór informacji o przedmiotowym zagadnieniu lub zadaniu;
- gen – stanowi pojedynczą wartość badanej cechy w genotypie;
- genotyp – struktura składająca się z chromosomów, unikatowa dla pojedynczego osobnika (elementu), genotyp może stanowić pojedynczy chromosom;
- fenotyp – jest zestawem rzeczywistych wartości odpowiadających zakodowanej strukturze genotypu;
- allel – wartość danego genu, opisywana również jako wartość cechy lub wariant cechy;
- locus (pozycja) wyznacza miejsce danego genu w ciągu kodu, czyli jego lokalizację w chromosomie.

Najważniejszym pojęciem oddającym charakter działania algorytmu genetycznego jest funkcja przystosowawcza (ang. *fitness function*) nazywana również funkcją dopasowania lub funkcją oceny. Jest to miernik przystosowania pojedynczego osobnika w danej populacji. Znając wartość funkcji przystosowawczej, jesteśmy w stanie określić, które osobniki w danej populacji są najlepiej przystosowane, zgodnie z założeniem ewolucji, że osobniki silniejsze, lepiej przystosowane, są pulą rodzicielską dla kolejnych pokoleń populacji. Prawidłowe zdefiniowanie i określenie wartości funkcji przystosowawczej jest podstawą osiągnięcia właściwych wyników działania algorytmu genetycznego. Zagadnienia, dla których wykorzystywane są algorytmy genetyczne, określa rodzaj wyznaczonej wartości, może być to zarówno funkcja błędu w przypadku teorii sterowania czy funkcja kosztu w przypadku zagadnień związanych z teorią gier, może dotyczyć zagadnień minimalizacji, wtedy przekształcana jest w funkcję celu, w której dążymy do jej maksymalizacji.

Najprostszym przykładem i zarazem najlepiej objaśniającym działanie algorytmu genetycznego jest jego forma nazywana klasyczną lub też elementarną. W jej ramach należy wyróżnić siedem kroków [Rutkowska i in. 1997]:

1. Inicjacja, czyli utworzenie losowej populacji początkowej składającej się z osobników o określonej liczbie chromosomów i zakodowanej informacji z wykorzystaniem systemu binarnego. Polega na przyporządkowaniu rzeczywistym wartościom poszczególnych genów (cech) zakodowanej wartości.

2. Ocena przystosowania chromosomów w populacji. Dla każdego chromosomu w populacji wyznaczana jest wartość funkcji przystosowawczej, która świadczy o jakości danego chromosomu. Funkcja przystosowawcza przyjmuje wartości nieujemne i w większości przypadków odnosi się do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych będących poszukiwaniem maksimum tej funkcji.

3. Sprawdzenie warunku zatrzymania. Warunek zatrzymania jest ściśle związany z celem postawionym na początku zadania. Zatrzymanie algorytmu może zajść w momencie uzyskania wartości lub zbioru wartości optymalnych funkcji przystosowawczej, dodatkowym warunkiem może być dokładność uzyskanej wartości. W pewnych przypadkach o zakończeniu działania algorytmu mogą zdecydować ograniczenia czasowe lub liczba iteracji ustalona w wyniku wcześniejszych analiz. Stwierdzenie, że kolejne postąpienia algorytmu nie poprawiają wyników z poprzednich pokoleń, może również być przesłanką do zakończenia pracy. Wyznaczenie warunków zakończenia dokonywane jest każdorazowo po wyznaczeniu nowej populacji i określeniu wartości funkcji przystosowawczej. Jednocześnie jest przedostatnim krokiem działania algorytmu w przypadku spełnienia warunku, w następstwie którego wyprowadzane jest rozwiązanie danego problemu.

4. Selekcja chromosomów. Kolejny etap to dobór chromosomów, które utworzą pulę rodzicielską stanowiącą podstawę utworzenia populacji potomków. O doborze chromosomów decyduje funkcja przystosowawcza na podstawie, której wyznacza się prawdopodobieństwo wyboru danego chromosomu opisane wzorem:

$$p_s(ch_i) = \frac{F(ch_i)}{\sum_{i=1}^N F(ch_i)}$$

gdzie:

- $p_s(ch_i)$ – prawdopodobieństwo selekcji chromosomu;
- ch_i – chromosom w populacji gdzie $i = 1, 2, \dots, N$;
- N – liczebność populacji,
- $F(ch_i)$ – wartość funkcji przystosowawczej.

Zgodnie z założeniami działania algorytmu genetycznego, gdzie o selekcji decyduje lepsze przystosowanie, największe szanse na wystąpienie w puli rodzicielskiej mają elementy o najwyższej wartości funkcji przystosowawczej. Najpopularniejszą metodą selekcji jest tzw. metoda ruletki (ang. *roulette wheel selection*). Według niej dla każdego chromosomu możliwe jest wydzielenie fragmentu koła ruletki zgodnie z wartością funkcji przystosowawczej, gdzie dla chromosomu określany jest wycinek koła wyrażony wartością procentową zgodnie ze wzorem:

$$v(ch_i) = p_s(ch_i) \cdot 100\%$$

gdzie:

- $v(ch_i)$ – udział procentowy w powierzchni koła ruletki dla danego chromosomu,
- $p_s(ch_i)$ – prawdopodobieństwo selekcji chromosomu.

Stworzona w ten sposób tarcza ruletki jest podstawą selekcji – wyboru chromosomów dokonuje się przez obrót kołem ruletki, wybierany jest element, do którego należy wybrany wycinek koła.

5. Zastosowanie operatorów genetycznych. Celem przeprowadzenia tego kroku jest wyznaczenie nowej populacji bazującej na elementach populacji rodzicielskiej utworzonej w poprzednim etapie. W elementarnym algorytmie genetycznym zastosowanie znajdują dwa operatory genetyczne: operator krzyżowania (ang. *crossover*) oraz mutacja (ang. *mutation*). Zdecydowanie większe znaczenie ma operacja krzyżowania, zgodne z wysokim prawdopodobieństwem (w przedziale $0,5 \leq p_c \leq 1$) tego działania. Mutacja opisana jest prawdopodobieństwem z przedziału $0 \leq p_m \leq 0,1$, co powoduje jej rzadkie występowanie, co jest kolejnym bezpośrednim odniesieniem do świata organizmów żywych, gdzie mutacje występują sporadycznie. Kolejność wykonywania obu operacji nie ma znaczenia.

6. Utworzenie nowej populacji. Powstaje tymczasowa populacja nazywana populacją bieżącą dla danej iteracji algorytmu genetycznego. Ponownie wyznaczana jest funkcja przystosowania i następuje sprawdzenie warunków zatrzymania. W dalszym etapie możliwe są dwie ścieżki postępowania – zakończenie pracy algorytmu poprzez wyprowadzenie chromosomu, zgodnie z założeniami w warunkach zatrzymania, lub przystępuje się do kolejnego kroku, czyli selekcji i wykonania operacji genetycznych. Tworząc nową populację, należy pamiętać, że każda kolejna generacja ma taką samą liczbę elementów.

7. Wyprowadzenie „najlepszego” chromosomu. Jest następstwem spełnienia warunku zatrzymania i skutkuje zakończeniem pracy algorytmu genetycznego. Efektem pracy jest wyprowadzenie chromosomu o największej wartości funkcji przystosowawczej.

Klasyczny algorytm genetyczny jest metodą opierającą się na wzorowaniu się na mechanizmach naśladujących ewolucję występującą w naturze, a wymiana genów między osobnikami w populacji jest procesem zachodzącym w pewnym przedziale czasowym. Według podstawowego założenia największą szansę ma potomstwo osobników o największym przystosowaniu i to one będą dominowały w kolejnym pokoleniu. Selekcja tworzy populację, w której zwiększa się liczba osobników lepiej przystosowanych oraz operatory genetyczne pozwalające na wymianę genów z puli rodzicielskiej w celu stworzenia potomków jeszcze lepiej przystosowanych. John Hollanda w swoich publikacjach [Holland 1981] wyróżnia trzy elementy jako filary klasycznego algorytmu genetycznego: reprodukcje, krzyżowanie i mutacje. Bardzo często reprodukcja jest stosowana zamiennie z pojęciem selekcji, bardziej prawidłowe jest definiowanie reprodukcji jako tworzenie nowej populacji na podstawie puli rodzicielskiej, natomiast selekcja jest doбором chromosomów do populacji rodziców. W ramach reprodukcji mamy do czynienia z procesami krzyżowania i mutacji, które decydują o wyglądzie przyszłych pokoleń, a co za tym idzie stanowią istotę całego algorytmu.

WYKORZYSTANIE ALGORYTMÓW GENETYCZNYCH DO PROGNOZOWANIA STANÓW PRZESTRZENI

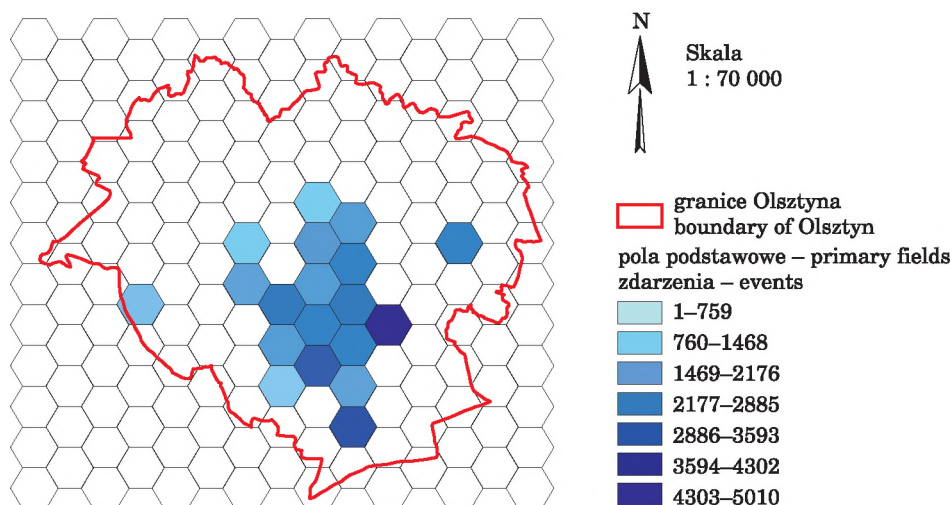
Zarządzanie kryzysowe na terenie miasta to działalność organów administracji publicznej polegająca na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do podejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia takich sytuacji oraz na odtwarzaniu infrastruktury lub przywróceniu jej pierwotnego charakteru. Wykorzystanie algorytmu genetycznego w prognozowaniu stanów przestrzeni miejskiej ma stać się narzędziem wspomagającym w procesie proaktywnego przeciwdziałania zagrożeniom w mieście. W tym celu:

- określono potencjał kryzysowy miasta poprzez uproszczoną waloryzację opartą na analizie wybranych wskaźników [Biłozor i in. 2010];
- zastosowano algorytm genetyczny do określenia wzajemnego oddziaływania na siebie obszarów o różnej wysokości potencjału kryzysowego miasta.

Do określenia potencjału kryzysowego miasta przyjęto wskaźniki:

- obiekty infrastruktury krytycznej – rysunek 1,
- zdarzenia zgłoszone jako interwencje służb (policji, straży miejskiej, straży pożarnej) – rysunek 2,
- wskaźnik intensywności zabudowy – rysunek 3,
- średni dobowy ruch pojazdów – rysunek 4.

Rangowanie poszczególnych cech (przyjętych wskaźników) poprzez bonitację punktową umożliwiło wyznaczenie potencjału kryzysowego miasta, co przedstawiono na rysunkach 1–4.

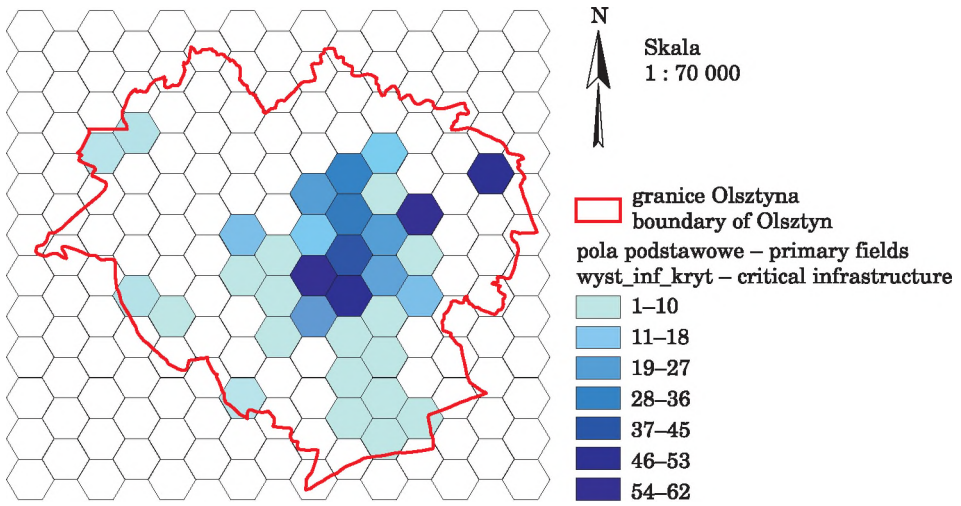


Rys. 1. Występowanie infrastruktury krytycznej

Fig. 1. The presence of critical infrastructure

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

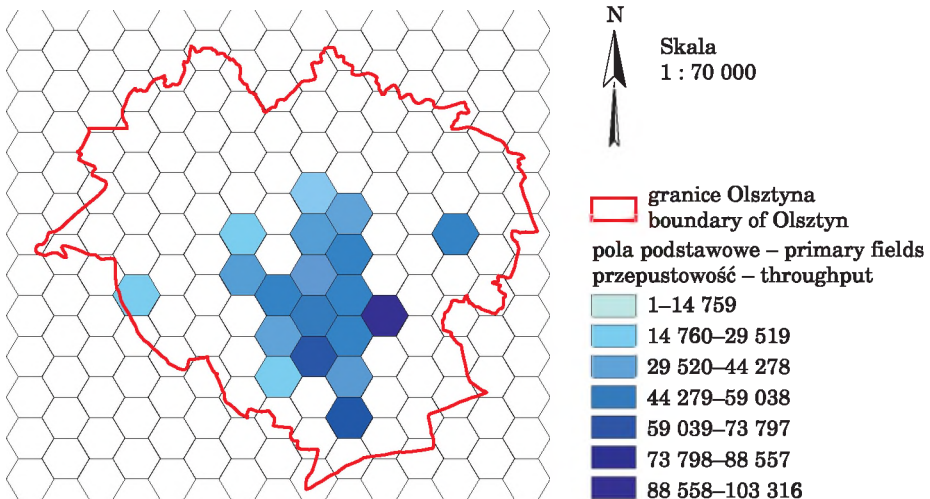


Rys. 2. Zdarzenia zgłoszone jako interwencje

Fig. 2. Events reported interventions

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

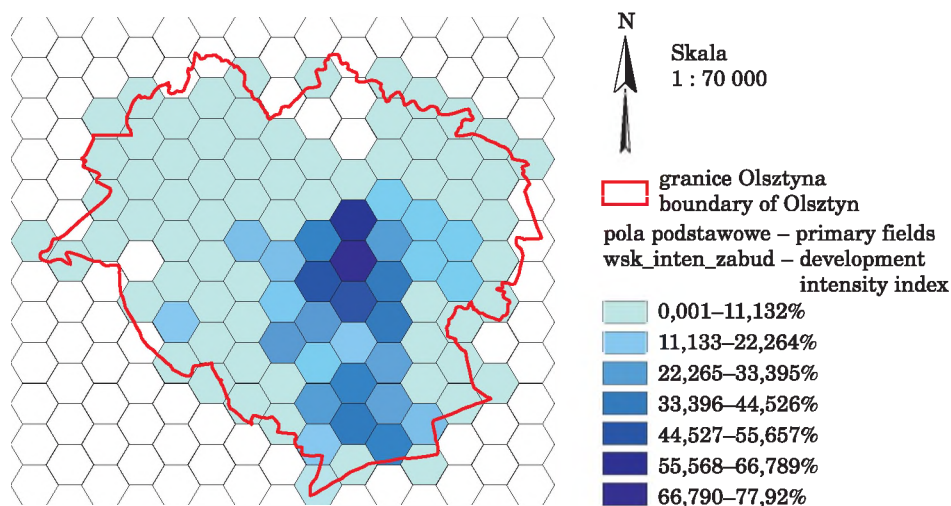


Rys. 3. Wskaźnik intensywności zabudowy

Fig. 3. Development intensity index

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 4. Przepustowość – średni dobowy ruch pojazdów

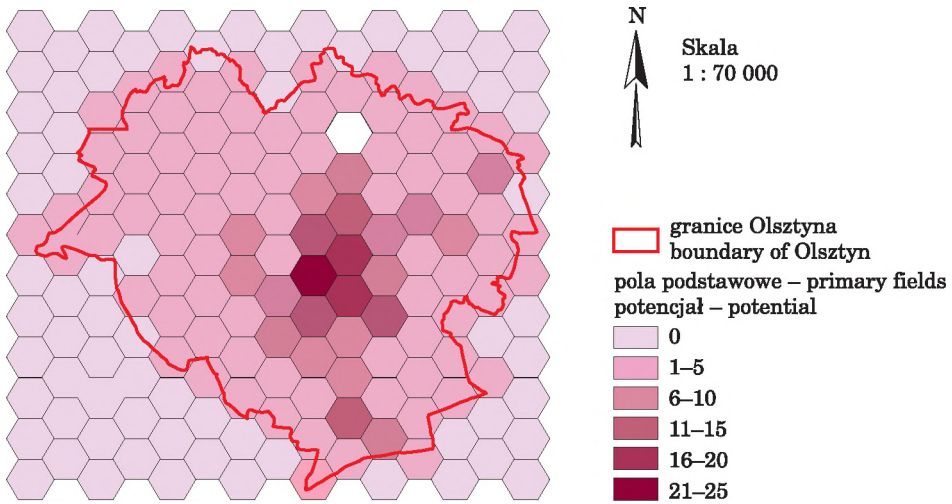
Fig. 4. Throughput – average daily traffic

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W oparciu o przyjętą grupę wskaźników dokonano uproszczonej waloryzacji pól podstawowych i w przyjętej 6-stopniowej skali przedstawiono to na rysunku 5. Największy potencjał kryzysowy uwidacznia się w centralnej części miasta. Obszar ten z racji pełnionej funkcji charakteryzuje się największą liczbą obiektów infrastruktury krytycznej, wysokim wskaźnikiem intensywności zabudowy, największą liczbą zgłoszonych zdarzeń oraz wysokim średnim dziennym ruchem pojazdów.

Na potrzeby badań sformułowano koncepcję potencjału kryzysowego, korzystając z prawa grawitacji określanego jako „konieczny warunek istnienia istoty ludzkiej” [Carey 1958]. Wieleś nauk, w których z powodzeniem zaadaptowano tę teorię pozwala stwierdzić, że będzie to odpowiednie narzędzie do przeprowadzania analiz przestrzennego kształtowania się zjawisk związanych z zarządzaniem kryzysowym. Wychodząc z założeń przyjętych przez Warntza [1959] w badaniach przestrzenno-ekonomicznych dotyczących potencjału demograficznego, można określić potencjał kryzysowy miasta mianem potencjału przestrzennego i interpretować jako „wielkość pola, które jest miarą zagregowanych wskaźników i określa ilościowo makropołożenie” [Biłozor i in. 2010 za Warntz 1959].



Rys. 5. Potencjał kryzysowy miasta

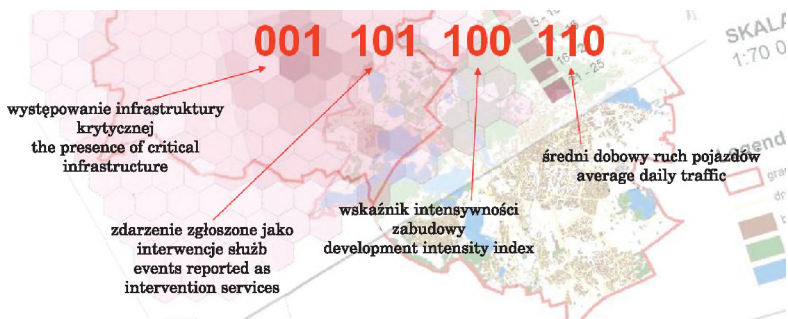
Fig. 5. The potential for crisis city

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

ZASTOSOWANIE ALGORYTMU GENETYCZNEGO W BADANIACH

1. Zapis potencjału kryzysowego miasta jako ciągu binarnego. Warunkiem zastosowania algorytmu genetycznego jest zakodowanie informacji o danych elementach w postaci ciągu binarnego. W przypadku badanego zjawiska potencjału kryzysowego poszczególne cechy przedstawione wcześniej mają przypisane wartości w kodzie binarnym, ich złączenie daje informacje o całym elemencie – rysunek 6.



Rys. 6. Zakodowana postać potencjału kryzysowego miasta

Fig. 6. Encoded form of the potential crisis city

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

2. Zbiór pól podstawowych traktowany jako populacja elementów przekazujących informacje o stanie potencjału kryzysowego miasta (oddziałujących między sobą) – tabela 1.

Tabela 1. Zakodowana postać potencjału kryzysowego miast

Table 2. Encoded form of crisis city potential

ID Pola ID Field	Potencjał kryzysowy miasta The potential for crisis city	Postać binarna Binary form
79	6	001001001011
80	22	111111101011
81	9	011010100000
82	3	000001010000
83	1	000001000000
84	2	000001001000
85	0	000000000000
86	2	000001001000

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

3. Wartość potencjału kryzysowego określa możliwości oddziaływania danego elementu na otaczającą przestrzeń (pozostałe pola podstawowe) i jest oznaczona jako funkcja przystosowawcza danego elementu.

4. Korzystając z metod probabilistycznych, algorytm genetyczny na podstawie funkcji przystosowawczej dobiera elementy generujące zmiany potencjału. Prawdopodobieństwo oddziaływania danego pola określono wg wzoru:

$$\frac{f_i}{\sum f}$$

gdzie:

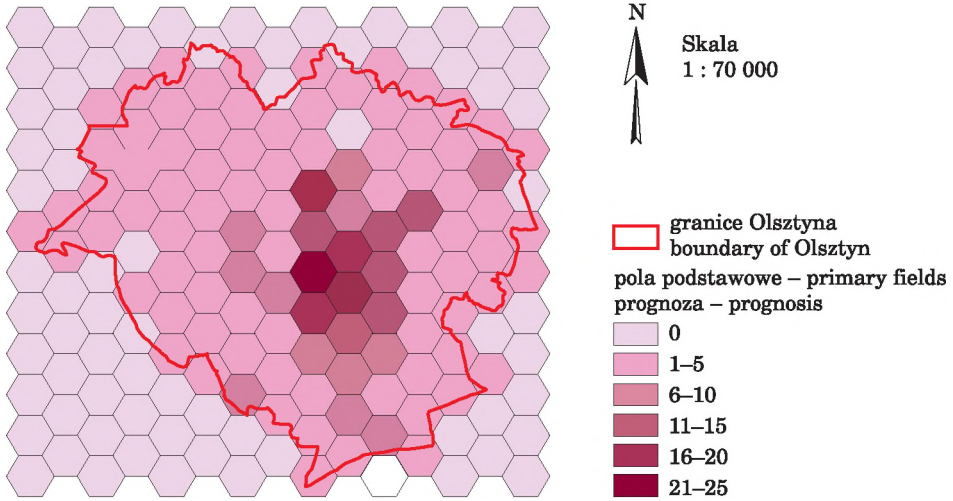
f_i – i-te pole podstawowe;

f – funkcja przystosowawcza (potencjał kryzysowy miasta).

5. Zastosowanie operatorów genetycznych:

- w wyniku zastosowania operatorów genetycznych powstaje nowa populacja elementów o nowych wartościach funkcji przystosowawczej;
- kolejne postąpienia algorytmu korzystają z tej samej procedury, aż do uzyskania elementu lub zbioru elementów zgodnych z założeniem celu;
- w przypadku badań nad przestrzenią, a w szczególności nad analizowanymi zjawiskami ze względu na dynamizm tego układu, konieczne jest wykonanie dodatkowych badań dotyczących liczby postąpień;

– uzyskana ostatecznie nowa populacja pozwala na zobrazowanie w formie kartograficznej zmiany potencjału kryzysowego, czyli jego prognozy (rys. 7).

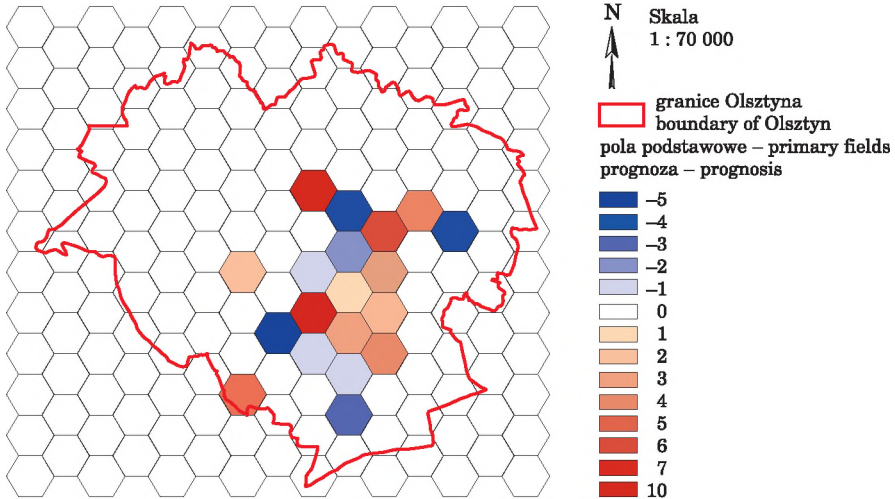


Rys. 7. Prognoza potencjał kryzysowego miasta

Fig. 7. Forecast of potential crisis

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 8. Różnice wynikające z prognozy i potencjału kryzysowego miasta

Fig. 8. Differences in prognosis and potential for crisis center

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Różnice występujące między określonym potencjałem kryzysowym miasta (rys. 5) a prognozą tego potencjału (rys. 7) pokazano na rysunku 8. Wskazano tam tendencje zmian dotyczących potencjału kryzysowego miasta uzyskane w wyniku zastosowania algorytmu decyzyjnego. W wyniku przeprowadzonych analiz określono możliwość wzrostu tego potencjału w 10 polach podstawowych, a tym w dwóch znacznie. Prognozowany spadek potencjału kryzysowego określono w ośmiu polach podstawowych. Wszelkie określone różnice wynikają z określonego oddziaływania potencjału pól podstawowych między sobą.

PODSUMOWANIE

Miasto jako obszar o najwyższej koncentracji ludności oraz związanych z tym problemów gospodarczych, społecznych, kulturowych, technicznych, przyrodniczych i administracyjno-politycznych powstaje i rozwija się dzięki pełnionym przez siebie funkcjom. Analiza tak zróżnicowanej i skomplikowanej struktury powinna opierać się na podejściu systemowym. Istotą tego podejścia jest traktowanie przestrzeni miejskiej jako systemów otwartych (zbiorów elementów) powiązanych w taki sposób, że tworzą nową całość, która wyróżnia się w danym otoczeniu.

Analiza wzajemnych relacji i zależności między obszarami o różnej intensyfikacji zagrożeń (potencjałe) okazuje się niezwykle przydatnym narzędziem w tworzeniu proaktywnego systemu przeciwdziałania określonym zagrożeniom. Polega na przewidywaniu potencjalnych obszarów ich wystąpienia. Określenie potencjału kryzysowego miasta poprzez uproszczoną waloryzację opartą na analizie wybranych wskaźników z wykorzystaniem elementów oraz oprogramowania GIS umożliwia sprawną charakterystykę zagrożeń oraz ocenę ryzyka ich wystąpienia, a także tworzenie map ryzyka i zagrożeń. Potencjał kryzysowy miasta budowany jest nie tylko na podstawie elementów znajdujących się na danym obszarze, ale również powinien uwzględniać sąsiedztwo i możliwość jego oddziaływania. Przedstawione badania dają możliwość wskazania istotnych tendencji i procesów w przemianach dotyczących tkanki miejskiej w odniesieniu do zagrożeń.

PIŚMIENNICTWO

- Biłozor A., Czyża Sz., Szuniewicz K., 2010. Materiały konferencyjne. VI Międzynarodowa konferencja naukowa. Katastrofy Naturalne i Cywilizacyjne. Różne oblicza bezpieczeństwa. Analiza potencjału kryzysowego miasta w proaktywnym przeciwdziałaniu zagrożeniom, Wrocław.
- Carey H.C., 1958. Principles of social science, Philadelphia 1, 42.
- Cytowski J., 1996. Algorytmy genetyczne. Postawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.
- Gwiazda T., 1995. Algorytmy Genetyczne. Wstęp do teorii, Warszawa.
- Hollanda J.H., 1981. Genetic algorithms and adaptation. Technical Report No. 34. Ann Arbor, University of Michigan, Department of Computer and Communication Sciences.
- Rutkowska D., Pliński M., Rutkowski L., 1997. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, PWN Warszawa – Łódź.

- Rutkowska D., 1997. Inteligentne systemy obliczeniowe. Algorytmy genetyczne i sieci neuronowe w systemach rozmytych, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.
- Wamtz W., 1959. Geography at Mid Twentieth Century, *World Politics* 3, 450.

USE OF GENETIC ALGORITHMS TO FORECASTING THE UNITED URBAN SPACE IN THE PROCESS OF THREATS AGAINST PROACTIVE

Abstract. The paper presents the possibility of using genetic algorithms to predict the state of urban space. The potential crisis center is being built not only on the basis of the items in a given area, but also takes into account the neighborhood and the possibility of its impact. This study make it possible to identify major trends and processes in the transformation of the urban fabric in relation to the risks. Analysis of the relationships and dependencies between different areas of potential risk with the use of genetic algorithms can predict the potential impact of individual urban areas between them. This gives you the opportunity to create a dynamic system threats.

Key words: genetic algorithms, forecast, crisis management

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.02.2013