

## Wykorzystanie informacji geograficznej w kryminalistyce

The use of geographic information in criminology

Iwona Kaczmarek<sup>1</sup>, Dominika Olejniczak<sup>2</sup>, Maciej Szostak<sup>3</sup>, Adam Iwaniak<sup>4,2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Gospodarki Przestrzennej

<sup>2</sup> Wrocławski Instytut Zastosowań Informacji Przestrzennej i Sztucznej Inteligencji

<sup>3</sup> Uniwersytet Wrocławski, Katedra Kryminologii i Nauk o Bezpieczeństwie

<sup>4</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Geodezji i Geoinformatyki

**Słowa kluczowe:** analizy czasowo-przestrzenne, GIS, predykcja w kryminalistyce, grafowe bazy danych

**Keywords:** spatiotemporal analyses, GIS, prediction in criminology, graph databases

### Wstęp

*Kryminalistyka jest nauką o taktycznych zasadach i sposobach oraz o technicznych metodach i środkach do rozpoznawania i wykrywania prawnie określonych, ujemnych zjawisk społecznych, a w szczególności przestępstw i ich sprawców oraz udowadnianiu istnienia lub braku związku pomiędzy osobami i zdarzeniami; a także zapobiegania przestępstwom i innym niekorzystnym, lecz prawnie relewantnym zjawiskom. Nauka ta zajmuje się również strategią przewidywania i przyszłego rozpoznawania oraz zwalczania tych zjawisk zwłaszcza poprzez zapobieganie ich powstawaniu i rozwojowi (Hanausek, 2005).* Powiązanie przestępstw z przestrzenią oraz dynamiczny rozwój systemów GIS spowodowały zmiany w sposobie analizowania zjawisk przestępczych. W amerykańskim systemie kontroli społecznej wspieranie procesu działania policji przez wykorzystywanie systemów GIS odnajduje się w nurcie określanym jako *intelligence-led policing*. Obejmuje on szeroko rozumiane metody przetwarzania i analizy różnorodnych zbiorów informacji, pozwalających na wzbogacenie uzyskanej wiedzy i tym samym efektywniejsze zwalczanie i zapobieganie przestępczości. Systemy GIS już od 2000 roku wykorzystywane są przez wszystkie większe agencje w USA (Mordwa, 2013), między innymi: do opracowań map tematycznych, analiz rozmieszczenia obiektów, natężenia przestępstw oraz predykcji czasowo-przestrzennego rozmieszczenia zjawiska. To właśnie rozwój *intelligence-led policing* spowodował, iż zaczęto odchodzić od metod śledztwa reaktywnego, które jest podejmowane jako reakcja na przestępstwo i daje pozytywne wyniki tylko w wypadku wykrycia sprawcy. Stało się ono na chwilę obecną mniej efektywne niż podejścia proaktywne służące wykrywaniu i zapobieganiu przestępczości, szeroko wykorzystujące informacje geograficzną (Konieczny, 2012).

Analizy przestrzenne z wykorzystaniem systemów GIS cieszą się dużą popularnością w analizach kryminalnych, rozumianych jako *identyfikacja i badanie związków pomiędzy danymi kryminalnymi, a także innymi potencjalnie istotnymi danymi z myślą o wykorzystaniu ich przez policję i w praktyce sądowniczej* (Marcjan i in., 2013). Zaawansowane analizy statystyczne, w tym analiza miejsca popełnienia zbrodni, odgrywają kluczową rolę w zrozumieniu ciągu przyczynowo-skutkowego zaistniałego przestępstwa. Wykorzystanie technologii informatycznych, w tym systemów GIS, dla potrzeb wspierania analizy kryminalnej, stanowi dzisiaj przedmiot zainteresowania zarówno środowiska naukowego, jak i biznesu. Przykładem może być system LINK, będący wynikiem projektu rozwojowego realizowanego na Akademii Górniczo-Hutniczej. System został *zaprojektowany w celu ułatwienia analizy złożonych procesów, w szczególności tych związanych z działaniami operacyjnymi i dochodzeniowymi służb bezpieczeństwa wewnętrznego* (Marcjan i in., 2013). Pozwala on między innymi na analizę i przetwarzanie bilingów telefonicznych. Badanie relacji pomiędzy czasem połączeń a popełnionymi przestępstwami może pozwolić na wykrycie zależności, które ułatwią znalezienie przestępcy. Oprogramowanie dostarcza także funkcjonalności wizualizacji powiązań między obiektami (numery telefonów, osoby), co w znacznym stopniu może ułatwić pracę analityka kryminalnego. Innym przykładem jest oprogramowanie KASS, opracowane w Katedrze Informatyki Akademii Górniczo-Hutniczej, wykorzystujące metody analiz sieci społecznych do badania struktury sieci kryminalnej. Dużą popularnością w Polsce oraz na świecie cieszą się aplikacje firmy IBM. Wśród obecnie proponowanych rozwiązań znaleźć można program IBM i2 COPLINK. Jest to program, który pozwala na łączenie danych z wielu źródeł, przeprowadzanie analiz, które pozwolą na optymalizację sił i środków policji, wizualizację danych i wymianę informacji pomiędzy jednostkami (<http://www-03.ibm.com/software/products/en/coplink>). Firma IBM stworzyła również oprogramowanie wykorzystywane w Polsce – IBM i2 Analyst's Notebook. Jest to aplikacja dedykowana do zarządzania danymi będącymi w posiadaniu różnych jednostek. Pozwala na lepsze zrozumienie zjawisk przestępczych, terrorystycznych lub też różnych relacji sieciowych w świecie przestępczym. Pozwala na wizualizację powiązań między wybranymi osobami, grupami przestępczymi oraz na przeprowadzanie analiz, których celem jest uwidocznienie istotnych zjawisk (<http://www-03.ibm.com/software/products/en/analysts-notebook>).

## Wykorzystanie GIS w predykcji przestępstw

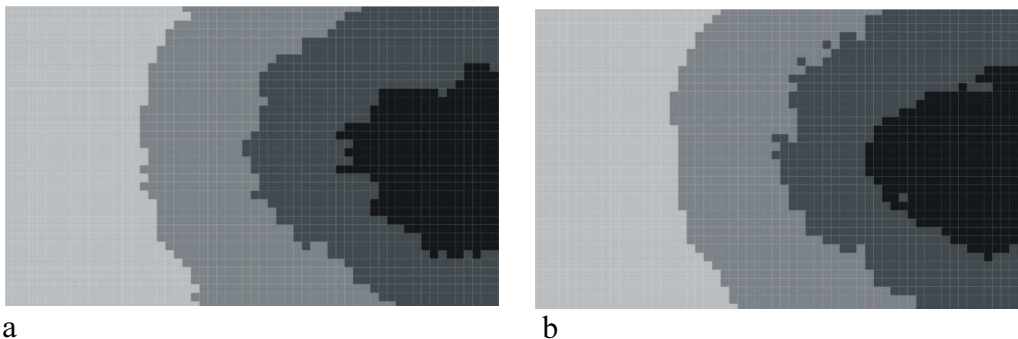
Systemy informacji przestrzennej stanowią pomocne narzędzie w zakresie predykcji przestępstw. Dostarczają one w pierwszej kolejności możliwości wizualizacji wybranego zjawiska, co ułatwia dalszą analizę i wnioskowanie. Służą także do prognozowania (z określonym stopniem prawdopodobieństwa) miejsc zbrodni na podstawie przeszłych zdarzeń.

Dzięki wykorzystaniu metod wizualizacji kartograficznej możliwe jest między innymi tworzenie opracowań mapowych, które pomagają w interpretacji rozkładu przestrzennego danego przestępstwa. Wśród wykorzystywanych metod wizualizacji znajdują się przede wszystkim podstawowe analizy dotyczące gęstości zjawisk. Do bardziej zaawansowanych należą metody pozwalające na określenie stopnia prawdopodobieństwa wystąpienia na danym terenie konkretnego przestępstwa czy też mapy przestępczości potencjalnej. Jakkolwiek należy mieć na uwadze, że dokładność prognozowania miejsc przyszłych przestępstw jest uzależniona od wielu aspektów. Są one związane bezpośrednio z danym środowiskiem,

na przykład poziom wiktyimizacji w środowisku lub występowanie impulsów prowokujących sprawcę do przestępstwa. Modele matematyczne nie pozwalają na uwzględnienie wszystkich tych zależności, a określenie miejsca zbrodni następuje na podstawie pewnych założeń przy ustalonym poziomie ufności. Dokładność określenia przyszłego zdarzenia jest zależna również od zastosowanych algorytmów.

### Analizy hot spot

Wśród najbardziej popularnych i powszechnie wykorzystywanych metod badania koncentracji zjawisk znajdują się analizy *hot spot* oraz *cold spot*. Pozwalają one na przedstawianie obszarów o dużej intensywności danego zjawiska (ang. *hot spot*) oraz terenów o małej, bądź zerowej intensywności (ang. *cold spot*). Wśród metod opierających się o badanie natężenia zjawisk, wyróżnia się między innymi mapy gęstościowe (ang. *heat maps*) oraz metodę zaimplementowaną w popularnym oprogramowaniu do analiz kryminalnych CrimeStat (<http://www.icpsr.umich.edu/CrimeStat/>) – metodę estymacji jądrowej (ang. *kernel density method*) (rys. 1). Dzięki takim analizom łatwiejsza staje się interpretacja zależności przestrzennych przestępstw oraz określenie miejsc szczególnie narażonych na ich występowanie. Rozwinięciem metody estymacji jądrowej jest metoda podwójnej estymacji jądrowej (ang. *dual kernel density*). Pozwala na analizowanie dwóch skorelowanych ze sobą przestępstw bądź przestępstwa oraz czynnika determinującego jego występowanie na przykład gęstość zabudowy i kradzieże. Dokładność tych metod jest uzależniona w dużej mierze od dokładności danych wejściowych. Lokalizacja zdarzenia nie zawsze jest reprezentowana za pomocą współrzędnych geograficznych. Częściej dostarczany jest jedynie adres bądź też tylko nazwa ulicy.



**Rysunek 1.** Fragment mapy stworzonej dla przykładowych danych losowych z wykorzystaniem metody estymacji jądrowej: a – raster dla danych oryginalnych, b – raster dla danych obarczonych błędem położenia  $\pm 700$  m (źródło: opracowanie własne)

### Algorytmy klasteryzacji

Jednymi z najprostszych metod analizy rozmieszczenia przestrzennego zjawisk są analizy związane z klasteryzacją obiektów. Zasada działania algorytmów opiera się wówczas o podział obiektów na grupy obiektów podobnych, które następnie zostają poddane reklasyfikacji na podstawie wybranych założeń, aż do momentu ich spełnienia.

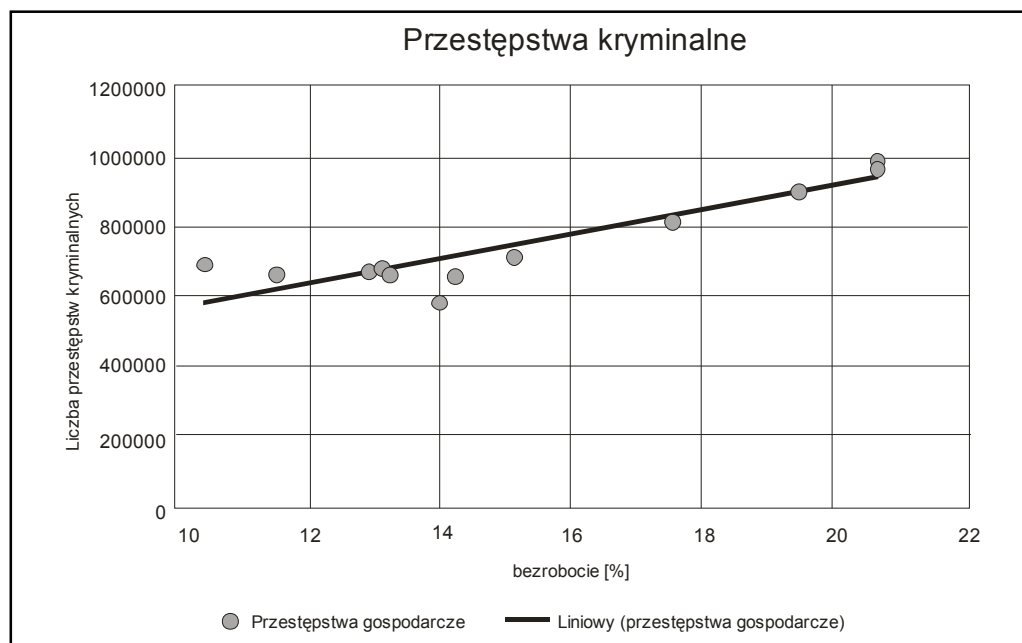
Wśród najbardziej znanych algorytmów klasteryzacji wyróżnia się metodę *k-średnich* (ang. *k-means*), rozmytej analizy skupień (ang. *fuzzy clustering*) oraz metody hierarchiczne.

W kryminalistyce zastosowanie znalazła przede wszystkim ostatnia grupa metod. W wyniku połączenia metody grupowania hierarchicznego oraz estymacji jądrowej powstała metoda grupowania hierarchicznego z uwzględnieniem ryzyka (ang. *Risk-adjusted NNH*), która uwzględnia czynniki determinujące wybrane przestępstwo, przykładowo gęstość zaludnienia (Smith S., Bruce, 2008).

W realizacji kryminalistycznej funkcji rozpoznawczo-wykrywczej, klasteryzacja może znaleźć zastosowanie w określeniu na przykład przybliżonych zasięgów działań poszczególnych grup przestępczych funkcjonujących na danym obszarze (rys. 4). Należy jednak podkreślić, iż dokładność tych analiz jest zależna od wybranego algorytmu klasteryzacji. Dla przykładu, jeżeli określimy wyłącznie liczbę grup, algorytm może narzucić ich centra w sposób losowy, a co za tym idzie wynik może się nieco różnić w kolejnych obliczeniach.

### Metody regresji

Duże możliwości zastosowania w kryminalistycznej funkcji rozpoznawczo-środowiskowej mają analizy regresji, które pozwalają na badanie zależności zjawisk. Na podstawie znanych wartości jednego zjawiska (np. liczba mieszkańców) można określić wartość drugiego zjawiska (np. liczba kradzieży samochodów). Pozwoli to na przeprowadzenie statystyk, które mogą zostać wykorzystane w badaniu przestępczości. Wykorzystując informacje dotyczące przestrzennego rozmieszczenia bądź też częstotliwości dokonywania wybranego przestępstwa oraz informacji na temat otoczenia, w którym zostało ono dokonane, można zbadać zależności między poszczególnymi czynnikami. Uwzględniając przestrzenne rozmieszczenie obiektów można dokonywać analiz z zakresu regresji przestrzennej oraz autokorelacji zjawisk.



**Rysunek 2.** Przestępstwa kryminalne w stosunku do stopy bezrobocia (źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS i statystyk policyjnych, 2015)

Pierwsze badania z zakresu regresji przestrzennej zostały przeprowadzone w 2002 roku przez Anselin'a (2002). Celem tych badań było określenie zmiennych zależnych oraz niezależnych, mających wpływ na model regresji. Autor (Anselin, 1995), w swoich wcześniejszych pracach badał także lokalne wskaźniki rozmieszczenia przestrzennego LISA (*Local Indicators of Spatial Association*). Dalsza analiza możliwości wykorzystania metod regresji w analizach kryminalistycznych została również przeprowadzona w 2007 roku przez Janc'a (2007). Tematyka ta została poruszona również w polskiej literaturze. Mordwa w swojej pracy „Kradzieże w przestrzeni Łodzi” analizuje przestępstwa wykorzystując model regresji oraz bada zmienność tego zjawiska w czasie (Mordwa, 2011).

Przykład analizy regresji przedstawiony został na wykresie (rys. 2). Można zauważyć, że w badanym regionie istnieje pewnego rodzaju korelacja między liczbą przestępstw gospodarczych a wielkością bezrobocia. Na podstawie stworzonej linii trendu można następnie prognozować liczbę przestępstw gospodarczych na podstawie znanej wartości bezrobocia. Wykorzystując taką analizę istnieje możliwość wykonania mapy reszt z regresji, która pozwoliłaby na wskazanie rejonów o szczególnie małej lub bardzo dużej różnicy między prognozowaną liczbą przestępstw a ich liczbą rzeczywistą.

### Metoda bliskiego powtórzenia

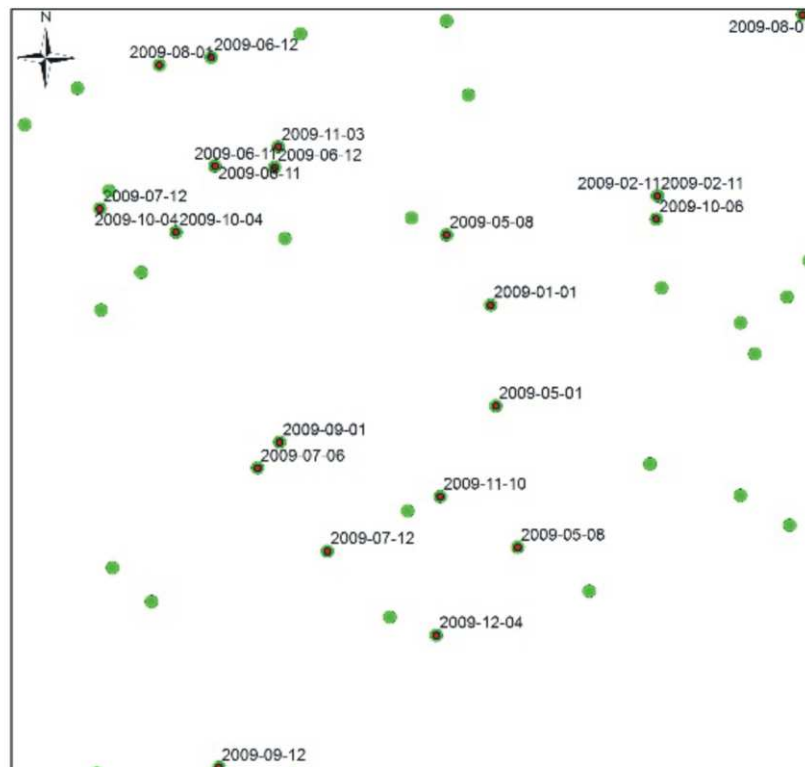
Z punktu widzenia działań prewencyjno-policyjnych, obok metod pozwalających na analizowanie przestępstw, bardzo istotna jest również ich predykcja. Jedną ze znanych i stosowanych w prognozowaniu przestępstw metod jest metoda bliskiego powtórzenia (ang. *near repeat*). Zgodnie z tą teorią zakłada się, że jeżeli przestępstwo wystąpiło w danym miejscu, to istnieje szansa na ponowne jego wystąpienie na danym obszarze w najbliższym czasie. Rozwiązanie tego typu uznaje się jednak za przybliżone i możliwe do wykorzystania tylko w przypadku seryjnych przestępstw. Tematykę powtarzania się przestępstw podejmuje między innymi Pease w 1998 roku, w swojej pracy „Repeat Victimization: Taking Stock” (Pease, 1998).

W metodzie bliskiego powtórzenia wykorzystuje się algorytm Monte Carlo, który pozwala na określenie miejsca wystąpienia danego przestępstwa z określonym prawdopodobieństwem (Haberman, Ratcliffe, 2011). Wynik analizy jest również uzależniony od przyjętego losowego rozmieszczenia punktów przy pierwszej iteracji. W pracy policji w tym wypadku nie jest istotne dokładne określenie współrzędnych geograficznych prognozowanego zajścia, lecz określenie przybliżonego rejonu, w jakim należy się go spodziewać. Pozwoli to wówczas na odpowiednie rozlokowanie sił i środków, a co za tym idzie pozwoli to na szybszą reakcję na zaistniałe zdarzenie. Tabela i rysunek 3 przedstawiają przykładową analizę przeprowadzoną dla włamań w Wiedniu z wykorzystaniem narzędzia *Near Repeat Calculator*. Tabela zawiera dane z raportu dotyczącego prawdopodobieństwa wystąpienia kolejnego włamania w tej samej lokalizacji, od 200-400 m oraz powyżej 400 m. Zgodnie z otrzymanymi wynikami, szansa na wystąpienie kolejnego włamania w tej samej lokalizacji do 5 dni od poprzedniego włamania wynosi 620% (wartość 6,20). Prawdopodobieństwo maleje wraz ze wzrostem odległości oraz czasu, jaki minął od popełnienia poprzedniego przestępstwa. Wartości statystycznie istotne zostały zaznaczone w tabeli kolorem szarym. Rysunek 3 obrazuje prognozę przestrzennego i czasowego rozmieszczenia miejsc włamań. Obiekty oznaczone jasną (zieloną) kropką to przestępstwa popełnione w przeszłości na podstawie, których została dokonana analiza. Wynikiem owej analizy są obiekty oznaczone ciemną (czerwoną) kropką wraz z prognozowaną datą włamania.

**Tabela.** Fragment raportu z Near Repeat Calculator dla przykładowych danych dotyczących włamań w Wiedniu (źródło: opracowanie własne)

Observed over expected frequencies table			
	0 to 5 days	6 to 10 days	More than 10 days
Same location	6,20	0,41	0,74
1 to 200 meters	1,13	0,97	0,99
201 to 400 meters	1,13	0,96	0,99
More than 400 meters	1,00	1,00	1,00
Statistical significance table			
	0 to 5 days	6 to 10 days	More than 10 days
Same location	0,05	1,00	1,00
1 to 200 meters	0,05	0,75	1,00
201 to 400 meters	0,05	0,85	1,00
More than 400 meters	1,00	0,05	0,05

### Prognozowanie przestrzennego i czasowego rozmieszczenia włamań z wykorzystaniem Near Repeat Calculator



**Rysunek 3.** Wynik analizy z Near Repeat Calculator dla przykładowych danych dotyczących włamań w Wiedniu (źródło: opracowanie własne)

#### Legenda

- Przewidywane\_zdarzenia
- Przeszłe\_zdarzenia

### Mapy przestępczości potencjalnej

Badanie zależności między zjawiskami determinującymi dane przestępstwo a rozkładem przestrzennym samego przestępstwa pozwala na tworzenie map przestępczości potencjalnej. Wśród znanych metod tego typu należy wyróżnić *Risk Terrain Modelling*. Na podstawie wieloletnich badań i obserwacji zachowań sprawców określono czynniki, których występowanie powoduje wzrost danego rodzaju przestępstw w okolicy. Dobrym przykładem są rabunki, dla których czynnikami powodującymi wzrost prawdopodobieństwa kradzieży są między innymi odległość od obszarów handlu narkotykami, odległość od transportu publicznego (przystanki autobusowe, tramwajowe, metro itd.), barów, pubów, banków, bankomatów lub też restauracji (Caplan, Kennedy, 2011).

Na rysunku 5 przedstawiono gęstość występowania czynników determinujących wystąpienie kradzieży na terenie gminy Wrocław. Do elementów wpływających na zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia kradzieży zaliczone zostało między innymi rozmieszczenie barów, restauracji, przystanków tramwajowych, bankomatów itd. Na tej podstawie została wyznaczona gęstość występowania czynników determinujących kradzież. Na podstawie stworzonego opracowania można zatem wnioskować, iż największe prawdopodobieństwo kradzieży występuje w centrum miasta (obszar oznaczony kolorem czerwonym).

### Zalety zastosowania GIS w analizie kryminalnej

Wśród zalet zastosowania systemów informacji geograficznej w kryminalistyce, kluczowa jest przede wszystkim możliwość gromadzenia, analizy i wizualizacji danych o charakterze przestrzennym. Wykorzystanie GIS pozwala na częściową automatyzację procesu analizy przestępstwa (Marcjan i in., 2013). Każde przestępstwo w rejestrach policji, oprócz szczegółowego opisu samego zajścia, zawiera również informacje pozwalające na powiązanie go z przestrzenią, tj. adres bądź też obszar, którego dotyczy (Mordwa, 2013). Dzięki systemom bazodanowym istnieje możliwość przechowywania tych informacji w uporządkowanych strukturach, które pozwolą na późniejsze ich wykorzystanie. Weisburd (1998) podkreśla, iż do istotnych zalet wykorzystania systemów GIS w analizach kryminalnych należy możliwość gromadzenia danych pochodzących z różnych źródeł. Informacje zapisane w bazach danych można ze sobą powiązać za pomocą odpowiednio określonych między nimi relacji. Przykładem zastosowania systemów bazodanowych w pracy policji są bazy danych przechowujące cechy artykulacji i języka danej osoby. Policja, będąc w posiadaniu nagrania z rozmowy osób podejrzanych, może odnaleźć w bazie szczegółowe informacje o osobie charakteryzującej się określonymi cechami wykrytymi w nagraniu (Paprzycki, Rau, 2009). Nie bez znaczenia jest również aspekt współpracy policji z lokalną społecznością oraz innymi instytucjami w zakresie wymiany informacji. Takie działania powodują wzrost poczucia bezpieczeństwa mieszkańców (Weisburd, McEwen, 1998).

Wizualizacja kartograficzna jest jedną z najważniejszych i najbardziej popularnych funkcjonalności systemów GIS wykorzystywanych w pracy wykrywczej policji. Pozwala ona na przedstawienie przestrzennego rozmieszczenia obiektów i zjawisk (np. miejsc wystąpienia włamań i kradzieży), dzięki czemu można łatwo dostrzec związki występujące pomiędzy nimi. Herbert (1989) zwraca uwagę na ułatwienie procesu analizy powiązań między przestępczością a przestrzenią oraz możliwość badania cech danego środowiska z wykorzysta-

niem systemów informacji geograficznej. Popularyzacja GIS i ich powszechna dostępność pozwala na przeprowadzanie badań nad danym zjawiskiem na poziomie lokalnym, co powoduje zwiększenie efektywności działań policji (Weisburd, McEwen, 1998). W wypadkach wymagających dogłębnej eksploracji pomocnym narzędziem są zatem analizy przestrzenne. Mogą one posłużyć do określenia zgrupowań obiektów, a co za tym idzie określenia rejonów szczególnie narażonych na danego typu przestępstwo. Efektem analiz może być również określenie najlepszej lokalizacji patroli policyjnych. Takie wizualizacje oraz podstawowe analizy ułatwiają analizowanie przestępstw oraz wyciąganie właściwych wniosków. Najlepszym przykładem jest przestrzenne rozmieszczenie czynników determinujących występowanie wybranego przestępstwa. W przypadku kradzieży będzie to lokalizacja banków, bankomatów lub restauracji. Tworząc mapę, na której obiekty te będą przedstawione w postaci punktów otrzymuje się niejednoznaczną informację o danym zjawisku. Po wykonaniu mapy gęstości rozmieszczenia wybranych obiektów, interpretacja zjawiska przestępczości i określenie miejsc zagrożonych kradzieżami staje się o wiele łatwiejsza.

Wykorzystując zaawansowane metody predykcji zjawisk na podstawie zależności czasowo-przestrzennych istnieje możliwość prognozowania występowania przestępstw. Według niektórych metod, na przykład metody najbliższego powtórzenia, należy zakładać, iż jeżeli w danym miejscu wystąpiła kradzież, to prawdopodobieństwo ponownego jej zajścia w tym samym miejscu, w najbliższym czasie, jest bardzo wysokie. Po pierwszym włamaniu złodziej posiada wiedzę na temat między innymi najlepszej drogi ucieczki i najmniej chronionych wejść do budynku. Są to oczywiście metody uproszczone, które nie uwzględniają wszystkich czynników determinujących wystąpienie danego przestępstwa, gdyż nie wszystkie elementy można opisać w sposób matematyczny i uwzględnić w obliczeniach. Dobrym przykładem są impulsy wysyłane ze środowiska do przestępcy, między innymi zaistnienie dogodnej sytuacji do dokonania przestępstwa jakim jest brak potencjalnych świadków. Te uproszczone narzędzia mogą być wykorzystywane jako wsparcie dla procesów decyzyjnych.

## Grafowe bazy danych w analizach kryminalnych

Analiza kryminalna jest procesem, w którym niezbędna jest umiejętność odpowiedniego przetwarzania informacji, łączenia ich ze sobą i wykazywania zależności pomiędzy nimi (Ibek, 2012). Analizowanie powiązań pomiędzy takimi elementami jak: osoby, wydarzenia, czynności stanowi jej istotny element. W szczególności dotyczy to przestępczości zorganizowanej, gdzie kluczowa staje się identyfikacja siatek przestępczych oraz ról, jakie pełnią członkowie poszczególnych grup. Analizy powiązań na przykład osobowych są możliwe dzięki zastosowaniu metod analizy sieci społecznych (ang. *Social Network Analysis – SNA*), które mogą być z powodzeniem wykorzystywane dla potrzeb badania i eksploracji struktur sieci kryminalnych. Sieci społeczne rozumiane są jako *struktura utworzona przez ludzi powiązanych ze sobą (bezpośrednio lub pośrednio) poprzez wspólne relacje lub zainteresowania* (Haręźlak, Kozielski, 2010). Sieć kryminalna może być również rozumiana jako sieć społeczna (Piekaj i in., 2007). Wykonując analizę sieci kryminalnej możliwe jest określenie między innymi powiązań pomiędzy poszczególnymi osobami oraz ich zadań w strukturze kryminalnej grupy (Haręźlak, Kozielski, 2010).



Jednym z ważniejszych badanych parametrów sieci kryminalnej jest miara centralności osobników w sieci, definiowanych jako pozycja danego osobnika w strukturze sieci. Miary centralności, jakie można badać w sieci kryminalnej to przykładowo (Piekaj i in., 2007):

- środek ciężkości (ang. *bary center*) – miara opisująca dany węzeł, obliczana na podstawie wszystkich najkrótszych ścieżek do danego węzła w sieci,
- centralność (*betweeness*) – miara obliczana na podstawie wszystkich najkrótszych ścieżek do wszystkich węzłów,
- stopnie wierzchołków wchodzących (ang. *degree distribution in*) oraz wychodzących (ang. *degree distribution out*) – miary obliczane na podstawie liczby krawędzi wchodzących i wychodzących z danego węzła w sieci,
- stopień koncentracji (ang. *hubness*) i autorytet (ang. *authoritativeness*) – miary obliczane na podstawie sposobu w jaki węzły wskazują na siebie.

Wykorzystanie algorytmów SNA wymaga reprezentacji danych w formie grafu, w którym poszczególne węzły połączone są ze sobą relacjami. Węzły mogą reprezentować różne byty: osoby, połączenia telefoniczne, wydarzenia itp. Powiązania natomiast reprezentować mogą różne relacje zachodzące pomiędzy węzłami, np. „zna”, „jest partnerem biznesowym”, „sprzedał”, „dokonał transakcji” itp. Reprezentacja informacji w strukturze grafowej, umożliwia nie tylko szeroką analizę i eksplorację danych (np. z wykorzystaniem algorytmów sieci społecznej), ale również ułatwia ich integrację z innymi zasobami, niekoniecznie o charakterze otwartym.

Wraz z dynamicznym rozwojem sieci WWW, rośnie rola serwisów społecznościowych jako źródła informacji, które mogą być wykorzystane w procesie analizy kryminalnej. Coraz więcej danych, w tym danych na temat osób, ale również wydarzeń bądź też miejsc powiązanych z osobami, publikowanych jest w modelu RDF (ang. *Resource Description Framework*). Zyskuje on na coraz większym znaczeniu dzięki popularyzacji projektu *Semantic Web* i danych powiązanych (*Linked Data*). Istotą reprezentacji danych w RDF jest użycie prostego modelu opartego na trójce (ang. *triple*) składającej się z podmiotu predykatu i przedmiotu. Zastosowanie takiego modelu umożliwia łatwą integrację danych oraz zwiększa efektywność ich wyszukiwania. Dane reprezentowane w formie grafu skierowanego nie są ograniczone sztywnym schematem danych, tak jak ma to miejsce w przypadku relacyjnych baz danych. Dzięki temu graf może być w łatwy sposób aktualizowany i wzbogacany o nowe informacje. Ma to istotne znaczenie przy analizie powiązań osobowych, które dynamicznie zmieniają się w czasie.

Dotychczas powstało wiele ontologii służących do opisu powiązań społecznych w sieci WWW, w tym FOAF (*Friend of a Friend*, <http://www.foaf-project.org/>) lub SIOC (*Semantically-Interlinked Online Communities*, <http://sioc-project.org>). FOAF jest słownikiem, który służy do opisu osób oraz ich aktywności. Posiada elementy (klasy i właściwości) pozwalające na reprezentację w modelu RDF takich informacji jak: imię osoby, adres strony domowej, adres e-mail itd. Pozwala również na definiowanie powiązań pomiędzy różnymi użytkownikami, przykładowo relacji znajomości. Natomiast SIOC Core Ontology jest ontologią, za pomocą której możliwe jest łączenie informacji pochodzących z mediów społecznościowych (fora, blogi, listy mailingowe, Wiki). W sieci WWW publikowane są miliony dokumentów FOAF. Niektóre z nich mają charakter otwarty, inne (np. pochodzące z serwisów komercyjnych) nie są udostępniane. Olbrzymie kolekcje dokumentów FOAF stanowią zatem swoistą sieć społeczną, która może być analizowana z wykorzystaniem opisanych wcześniej algorytmów SNA. Możliwość automatycznego przetwarzania i analizy tego typu informacji

(pochodzących głównie ze źródeł otwartych, takich jak prasa i serwisy społecznościowe) wraz z danymi przestrzennymi i geoprzestrzennymi narzędziami analitycznymi, stanowi w przekonaniu autorów nowy i ciekawy kierunek badań w obszarze wykorzystania GIS i SNA w analizie kryminalnej.

## Wnioski

Wykorzystanie systemów informacji geograficznej w realizacji wszystkich czterech funkcji kryminalistyki: rozpoznawania, wykrywania, dowodzenia, i przeciwdziałania (profilaktyki i prewencji) – ma duży potencjał aplikacyjny. Przedstawione metody mogą w znacznym stopniu wspomóc codzienną pracę polskiej policji. Należy jednak podkreślić, iż są one tylko narzędziem wspierającym procesy decyzyjne, ponieważ nie uwzględniają zależności społecznych występujących w danym środowisku. Całkowita automatyzacja procesów jest niemożliwa, gdyż na rzeczywisty wynik wpływa zbyt wiele dynamicznych zmiennych, warunkujących zależności życia społecznego, których nie da się uwzględnić w obliczeniach i modelowaniu matematycznym.

## Literatura

- Anselin L., 1995: Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis* vol. 27, issue 2: 93-184.
- Anselin L., 2002: Under the Hood. Issues in the Specification and Interpretation of Spatial Regression Models, *Agricultural Economics* vol. 27, issue 3: 247-267.
- Caplan J.M., Kennedy L.W., 2011: Risk Terrain Modeling Compendium. Rutgers Center on Public Security: 9-11.
- Hanausek T., 2005: Kryminalistyka. Zarys wykładu, Kraków: 23-24.
- Haberman C., Ratcliffe J., 2011: The Predictive Policing Challenges of Near Repeat Armed Street Robberies. International Crime & Intelligence Analysis Conference, Manchester.
- Haręźlak K., Kozielski M., 2010: Metody analizy sieci kryminalnych. *Studia Informatica* vol. 31 nr 2A: 35-46.
- Herbert D.T., 1989: Crime and place: an introduction. [W:] Evans D., Herbert D. (red.), *The geography of crime*, Routledge, London.
- IBM i2 Data Analyst's Notebook. Dostęp 12.01.2015 r. <http://www-03.ibm.com/software/products/en/analysts-notebook>
- IBM i2 COPLINK. Dostęp 12.01.2015 r. <http://www-03.ibm.com/software/products/en/copl原因>
- Ibek A., 2012: Teoretyczne podstawy analizy kryminalnej. Analiza informacji w służbach policyjnych i specjalnych, Konieczny J. (red.), Akademia Prawa, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.
- Janc K., 2007: Wpływ kapitału ludzkiego na efektywność gospodarek lokalnych w Polsce – przykład zastosowania regresji przestrzennej. [W:] Brezdeń P., Grykień S. (red.), *Regionalny wymiar integracji europejskiej*, Wrocław.
- Konieczny J., 2012: Kryzys czy zmiana paradygmatu kryminalistyki. *Państwo i Prawo* t. 67, nr 1: 3-16.
- Marćjan R., Łakomy M., Wysokiński M., Pięta K., Kisiel-Dorohinicki M., 2013: Analiza kryminalna wspomagana narzędziami GIS w aplikacji LINK, *Zeszyty Naukowe AON*: 326-345.
- Mordwa S., 2011: Kradzieże w przestrzeni Łodzi.
- Mordwa S., 2013: Zastosowanie GIS w badaniach przestępczości, *Acta Universitatis Lodzianensis Folia Geographica Socio-Oeconomica* nr14: 77-92.
- Paprzycki L.K., Rau Z., 2009: Praktyczne elementy zwalczania przestępczości zorganizowanej i terroryzmu: nowoczesne technologie i praca operacyjna. Paprzycki L.K., Rau Z. (red.). Oficyna Wolters Kluwer Polska.
- Pease K., 1998: Repeat victimisation: Taking stock. London: Home Office Police Research Group.

- Piekaj W., Skorek G., Zygmunt A., Koźlak J., 2007: Środowisko do identyfikowania wzorców zachowań w oparciu o podejście sieci społecznych. *Technologie Przetwarzania Danych TPD*, 24-26.
- Smith S.C., Bruce Ch.W., 2008: *CrimeStatIII User Workbook*: 61-8.0
- Weisburd D., McEwen T. (eds.), 1998: *Crime mapping and crime prevention no. 8*. New York: Criminal Justice Press.
- Wójcik K., 2012: Wykorzystanie analizy informacji w praktyce śledczej. *Analiza informacji w służbach policyjnych i specjalnych*. Konieczny J. (red.), Akademia Prawa, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.

### **Streszczenie**

*Kryminalistyka jest nauką, która zajmuje się zarówno wykrywaniem przestępstw, jak również przewidywaniem oraz zapobieganiem powstawaniu i rozwojowi przestępczości. Już w XIX wieku lokalizacja miejsca przestępstwa była jednym z najważniejszych zadań wykrywczych organów ścigania. Niespełna sto lat później zaczęto wykorzystywać systemy informacji geograficznej w celu szybszego rozpoznawania i wykrywania sprawców przestępstw, prognozowania ich przestępczych zachowań, jak również planowania efektywniejszej dyslokacji patroli policyjnych.*

*W artykule autorzy dokonują przeglądu metod i możliwości wykorzystania narzędzi GIS w rozpoznawaniu, wykrywaniu, dowodzeniu i przeciwdziałaniu (profilaktyce i prewencji) zachowań przestępczych. Przedstawiają także potencjalne możliwości wykorzystania grafowych baz danych, np. dla potrzeb tworzenia wersji kryminalistycznej, profilowania kryminalnego czy też w analizie kryminalnej.*

### **Abstract**

*Criminology is a science that deals not only with the detection of crimes, but also with prediction and prevention of their emergence and development. As early as in the 19th century location of a crime was one of the most important tasks of law enforcement investigations. Less than a hundred years later, GIS began to be used in order to faster recognise and detect offenders, predicting their criminal behaviour, as well as for planning efficient dislocation of police patrols.*

*In the article, the authors review the methods and possibilities to use GIS for crime recognition, detection, command and prevention. They also show the potential use of graph databases, e.g. for the purpose of criminal profiling or in the crime analysis.*

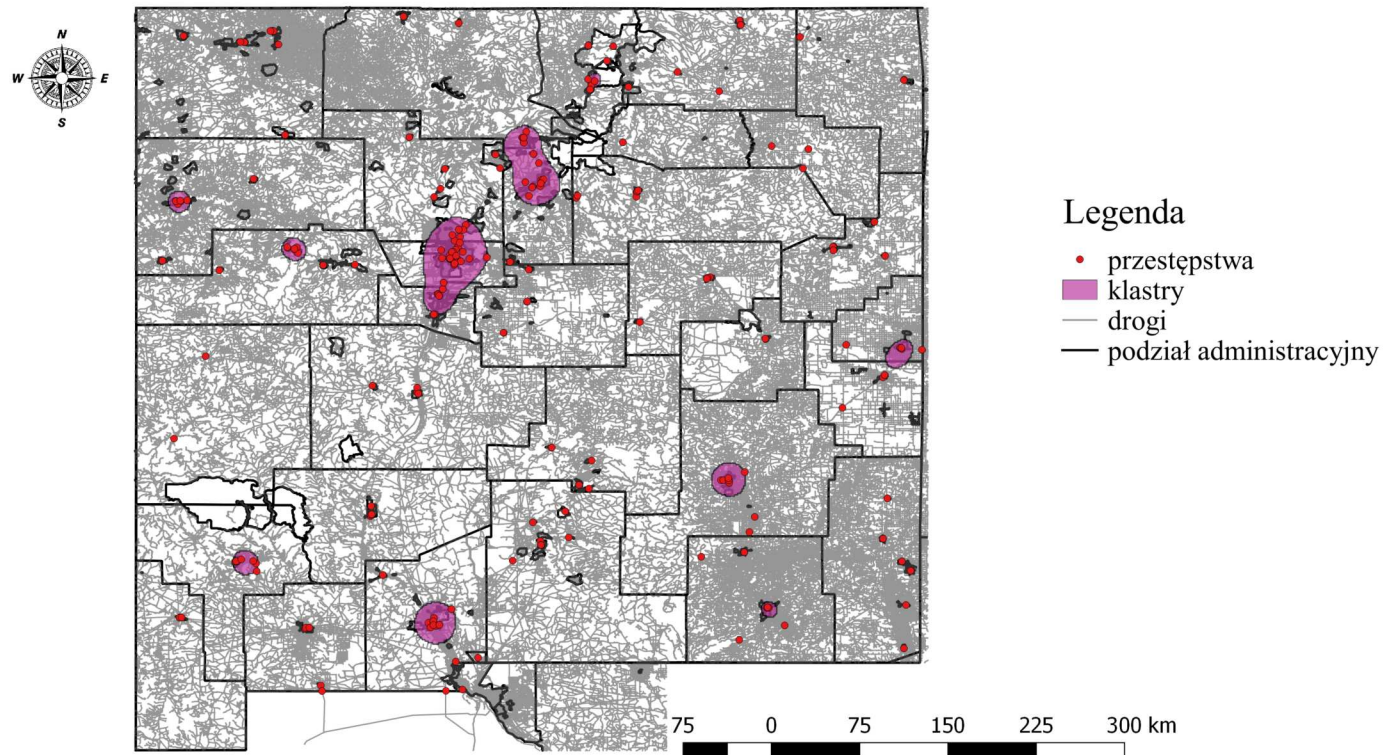
dr inż. Iwona Kaczmarek  
iwona.kaczmarek@up.wroc.pl

mgr inż. Dominika Olejniczak  
dominika.olejniczak@wizipisi.pl

prof. dr hab. Maciej Szostak  
maciej.szostak@uwr.edu.pl

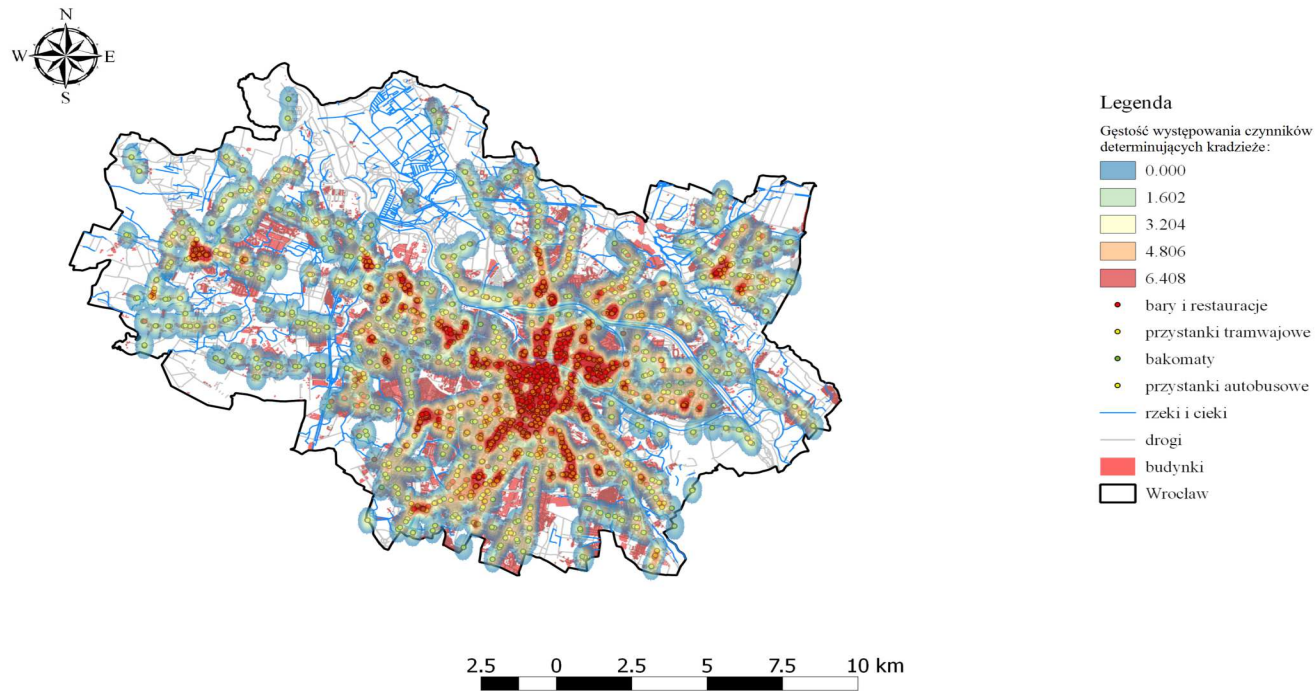
dr inż. Adam Iwaniak  
adam.iwaniak@up.wroc.pl

# Przestępstwa w Meksyku



**Rysunek 4.** Przykład klasteryzacji dla przykładowych danych przestępstw w Meksyku (źródło: opracowanie własne na podstawie danych z repozytorium data.gov: <http://www.data.gov>, 2015)

# Mapa przestępczości potencjalnej -kradzieże



**Rysunek 5.** Mapa przestępczości potencjalnej dla gminy Wrocław dla kradzieży  
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych z OpenStreetMap, 2015)