

**OPTYMALIZACJA ANALIZ PRZESTRZENNYCH  
NA PRZYKŁADZIE BADANIA ZALEŻNOŚCI  
WE FRAGMENTACJI  
KORYTARZA EKOLOGICZNEGO RZEKI BUG**

**OPTIMIZATION OF SPATIAL ANALYSIS: THE CASE  
OF SPATIAL RELATIONS IN THE PART  
OF ECOLOGICAL CORRIDOR OF THE BUG RIVER**

**Paweł Sypuła<sup>1</sup>, Joanna Adamczyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Warszawie, Oddział w Szczecinku

<sup>2</sup>Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

**Słowa kluczowe: analizy przestrzenne, lasy, zadrzewienia, korytarz ekologiczny**

Keywords: spatial analyses, forests, forested areas, ecological corridor

## **Wprowadzenie**

Analizy przestrzenne na podstawie interpretacji danych teledetekcyjnych stały się bardzo popularne w codziennej pracy przyrodnika. Zgodnie ze światowymi trendami praca z GIS nie jest już wysoko specjalizowaną umiejętnością zarezerwowaną jedynie dla ekspertów. Aplikacja GIS wyposażona w podstawowe funkcje ma być narzędziem w codziennej pracy porównywalnym w częstotliwości i łatwości obsługi z innymi rodzajami oprogramowania np. edytorami tekstów. Dlatego też coraz częściej poruszany jest temat udostępniania analiz przestrzennych on-line. Będą to analizy najbardziej popularne i dostępne dla ekspertów z innych dziedzin (np. przyrodników) dysponujących podstawowymi umiejętnościami w zakresie GIS. Jest to odpowiedź rynku na praktykę, która wskazuje, że najczęściej wykorzystuje się te analizy dostępne w bardzo rozbudowanych pakietach GIS, które stanowią kompromis pomiędzy prostotą (czasem) zastosowania a informatywnością. Zestaw danych bazowych dla analiz przestrzennych wybierany jest na podstawie rachunku ekonomicznego, z którego najczęściej wynika, że wykorzystywane są materiały najbardziej popularne.

Powstaje zatem pytanie: Jak w zaistniałej sytuacji przeprowadzić efektywną analizę przestrzenną prowadzącą do użytecznych wniosków? Takie pytanie pojawia się dość często w rozmowach z przyrodnikami postrzegającymi GIS jako wsparcie w podejmowaniu decyzji.

## Cel i zakres pracy

Celem artykułu jest przedstawienie przykładu efektywnego wykorzystania popularnych analiz GIS na podstawie łatwo dostępnych materiałów, m.in. zdjęć lotniczych. Przedstawiona analiza jest zoptymalizowana w zakresie relacji kosztów do zakresu uzyskiwanych informacji. Została ona przeprowadzona w ramach badań nad występującymi w dolinie Bugu gatunkami ptaków oraz wynikającymi ze struktury przestrzennej uwarunkowaniami pełnienia przez ten fragment doliny funkcji korytarza ekologicznego. W analizach skupiono uwagę na próbie określenia metody oceny relacji przestrzennych pomiędzy lasami i zadrzewieniami w omawianym obszarze. Założono, że wyrażają się one w takich cechach przestrzennych obiektów (płatów) jak: powierzchnia, kształt, sąsiedztwo, bliskość, ciągłość. Rozpatrywano również wpływ obiektów na występujące na tym terenie stanowiska lęgowe poszczególnych gatunków ptaków.

Do klasyfikacji obiektów leśnych i zadrzewieniowych wykorzystano zdjęcia lotnicze. Na ich podstawie uzyskano warstwy informacyjne, uzupełnione wynikami inwentaryzacji terenowej przy użyciu GPS.

## Obszar badań

Analizowany obszar obejmuje tereny oceniane jako najcenniejsze przyrodniczo, a jednocześnie spełniające rolę korytarza ekologicznego doliny rzeki Bug (Dombrowski i in., 2005). Interpretacja zdjęć lotniczych wykazała, że obszar ten wyróżnia się na tle dominującego krajobrazu rolniczego występowaniem złożonej struktury lasów i zadrzewień. Łączna powierzchnia badanego obszaru wynosi około 80 km<sup>2</sup> i obejmuje odcinek rzeki między miejscowościami Zajęczniki (52°22'45N 22°45'51E) i Wojtkowic Glinna (52°35'44N 22°25'50E). Długość koryta rzecznoego wynosi około 47 km. Na terenie badań występują następujące obszary Sieci Natura 2000:

- SOO (Specjalny Obszar Ochrony siedlisk) „Ostoja Nadbużańska” (kod PLH140011), który obejmuje odcinek doliny Bugu od ujścia Krzny do Jeziora Zegrzyńskiego o długości ok. 260 km.
- OSO (Obszar Specjalnej Ochrony ptaków) „Dolina Dolnego Bugu” (kod PLB140001), który niemal w całym swym zasięgu pokrywa się z Ostoją Nadbużańską.

Na obszarze tym występuje co najmniej 38 gatunków ptaków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej, 13 gatunków z Polskiej Czerwonej Księgi (PCK). Jest to bardzo ważna ostoja ptaków wodno-błotnych.

## Przygotowanie materiałów

W pracy wykorzystano zdjęcia lotnicze w barwach naturalnych z roku 2006. Materiał ten uznano za najbardziej efektywny ekonomicznie, ze względu na:

- akceptowalny koszt zdjęć,
- mały obszar objęty analizami – co powoduje stosunkowo niewielki wysiłek związany z kalibracją,

- największą ilość informacji oferowaną w stosunku do niskobudżetowych obrazów satelitarnych, dzięki wyższej rozdzielczości (0,36 m) i obrazowi składającemu się z trzech kanałów. (W ramach obniżania kosztów zrezygnowano z kanałów podczerwieni, które nie były kluczowe w przedstawianej analizie).

Termin wykonania zdjęć lotniczych przypadł na późne lato, co zostało potwierdzone na podstawie interpretacji gruntów ornych oraz stanu wody w rzece, która płynie pełnym korytem. Zastosowano również następujące wejściowe warstwy informacyjne:

- warstwy poligonowe przebiegu granic obszaru Sieci Natura 2000 dla obiektów na terenie badań, dla dyrektyw siedliskowej SOO i ptasiej OSO;
- dane punktowe GPS ze stanowiskami gniazdowania ptaków, użyte przez Muzeum i Instytut Zoologii PAN w Warszawie, w postaci współrzędnych geograficznych pozyskanych za pomocą GPS uzupełnionych opisem; inwentaryzacja ta została przeprowadzona w latach 2004 i 2005 na terenie dolin rzek Bug i Narew.

Główne etapy przygotowania bazowego zasobu informacyjnego były następujące:

1. Przygotowanie geobazy o zdefiniowanym układzie współrzędnych oraz zaimportowanie do niej wszystkich danych wejściowych.

2. Kalibracja zdjęć lotniczych wykonana na podstawie szkicu układu zdjęć oraz za pomocą interaktywnej ortofotomapy zamieszczonej w portalu [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl), z której pobrano współrzędne 5–12 charakterystycznych obiektów (skrzyżowań dróg, narożników budynków i ogrodzeń). Kontrola dokładności procesu kalibracji odbywała się za pomocą warstw przebiegu granic Dyrektyw Siedliskowej oraz Ptasiej – linie te przeważnie przebiegają skrajem drzewostanów, dróg lub innych obiektów terenowych.

3. Interpretacja zdjęć lotniczych (rys. 1) prowadzona w celu przygotowania warstw wejściowych do analiz przestrzennych (tab. 1). Warstwy te przygotowano z założeniem, że analizy prowadzone będą w skali około 1:25 000.

**Tabela 1.** Wykaz warstw tematycznych

| Nazwa warstwy          | Rodzaj warstwy | Opis   |
|------------------------|----------------|--|
| <b>Wejściowe</b>       |                |  |
| Obszar_SOO             | poligonowa     | Specjalny Obszar Ochronny siedlisk – Dyrektywa Siedliskowa |
| Obszar_OSO             | poligonowa     | Obszar Specjalnej Ochrony ptaków – Dyrektywa Ptasia        |
| Gniazda                | punktowa       | stanowiska lęgowe ptaków                                   |
| <b>Interpretacyjne</b> |                |  |
| Rzeka                  | liniowa        | brzegi rzeki   |
| Rzeka10m               | liniowa        | linia odsunięta 10 m w głąb lądu od brzegu rzeki           |
| Kontur_zdjęć           | liniowa        | obramowanie obszaru zdjęć                                  |
| Kat_terenu             | poligonowa     | las i zadrzewienia naturalne i sztuczne                    |
| Wyspy                  | poligonowa     | kategorie wysp rzecznych                                   |

## Analizy przestrzenne

W celu rozpoznania funkcjonowania korytarza ekologicznego rzeki Bug oraz określenia różnych cech środowiska, przeprowadzone zostały następujące analizy:

- struktur wysp rzecznych – w celu scharakteryzowania ich elementów oraz zbadania zależności struktury wysp rzecznych i kategorii pokrycia terenu (zadrzewionych, zakrzewionych, zazielenionych, łąch piaszczystych) od ich powierzchni;
- relacji lasów i zadrzewień – w celu określenia ilościowej oraz powierzchniowej struktury lasów i zadrzewień, stopnia naturalności jaki reprezentują, ich powierzchni na fragmencie obszaru objętego Dyrektywą Siedliskową pokrytym zdjęciami lotniczymi;
- brzegu rzeki – w celu określenia relacji brzegu otwartego do porośniętego;
- wpływu lasów i zadrzewień na rozmieszczenie stanowisk lęgowych ptaków – w celu określenia odległości lasu i zadrzewień do gniazd badanych gatunków ptaków;
- sąsiedztwa, ciągłości lasów i zadrzewień – w celu określenia sąsiedztwa lasów i zadrzewień oraz spójności korytarza ekologicznego.

### Analiza struktur wysp rzecznych

Dane dotyczące kształtu i powierzchni wyspy pochodzą z ręcznie wykonanej interpretacji zdjęć lotniczych. Warstwa taka pozwoliła na automatyczny pomiar powierzchni oraz obwodu poszczególnych poligonów. Po właściwej interpretacji wysp pod względem występującej na niej roślinności lub jej braku, nastąpiło przypisanie im kategorii według następujących założeń:

- zadrzewiona – pokryta roślinnością drzewiastą powyżej 50% powierzchni,
- zakrzewiona – pokryta roślinnością krzewiastą powyżej 50% powierzchni,
- zazieleniona – pokryta roślinnością trawiastą powyżej 50% powierzchni,
- łąchy piaszczyste – piaszczyste wyspy pozbawione roślinności.

Wyniki wykazały zależność wielkości wyspy do jej charakteru (rys. 2). Wyspy zadrzewione oraz zakrzewione posiadają największą powierzchnię, tu roślinność drzewiasta i krzewiasta kształtowała się przez dłuższy czas. Natomiast najmniejsze powierzchniowo i zarazem najmłodsze są łąchy piaszczyste, na których nie zostały jeszcze zainicjowane żadne procesy sukcesji. Nieco większe od łąch są wyspy porośnięte roślinnością trawiastą w pierwszym etapie sukcesji. Rozkład ilościowy wysp jest mniej więcej taki sam, z małą przewagą wysp zakrzewionych.

### Analiza relacji lasów i zadrzewień

Dane dotyczące kształtu oraz powierzchni lasów i zadrzewień pochodzą z interpretacji zdjęć lotniczych, zmierzającej do oceny stopnia ich naturalności, wykonanej według następujących założeń:

#### 1. Kategoria obszaru zadrzewionego

- Las – traktowany jako zwarta powierzchnia minimum 10 arów pokryta roślinnością leśną nie będąca zadrzewieniem.
- Zadrzewienie naturalne lub antropogeniczne – powierzchnie pokryte roślinnością krzewiastą lub drzewiastą, nie będące lasem.

## 2. Metoda określania stopnia naturalności

- Sztuczne – obiekty pochodzenia antropogenicznego: uprawy, młodniki, lasy gospodarcze, przydrożne szpalery, zadrzewienia aglomeracyjne, zalesienia. Interpretacyjnie tego typu zalesienia były wyróżniane na podstawie następujących cech (rys.3a): prosty przebieg granic lasu, na ogół są to lasy iglaste o charakterze monokultury, widoczne linie podziału powierzchniowego, młodniki z widocznymi rzędami drzew.
- Seminaturalne – obiekty (rys.3b), w których ingerencja człowieka nie jest podstawowym czynnikiem kształtującym ich strukturę, o naturalnej formie: lasy i zadrzewienia seminaturalne, łożowiska, zarośla, obszary objęte naturalną sukcesją. Za cechy, które mogą świadczyć o naturalności fragmentu lasów i zadrzewień uznano: nieliniowy przebieg granicy lasu, widoczne etapy sukcesji naturalnej.

Z przeprowadzonej analizy wynika (rys. 4), iż największy udział powierzchniowy mają lasy gospodarcze stanowiące zwarte kompleksy o dość dużych powierzchniach. Natomiast najmniejszym udziałem charakteryzują się zadrzewienia sztuczne, co wiąże się z funkcjami jakie pełnią. Stosuje się je głównie do ochrony ciągów komunikacyjnych oraz osad ludzkich. Wzdłuż samego koryta rzeki oraz jego najbliższego sąsiedztwa znajdują się obszary w małym stopniu przekształcone przez człowieka, gdzie głównie występują zadrzewienia naturalne. W przeciwieństwie do lasów, stanowią one rozproszone elementy krajobrazu. Zadrzewienia mimo, że nie osiągają dużych powierzchni, to ich udział ilościowy jest największy. Zadrzewienia przybierają na ogół formę kępową, zbudowaną z kilku drzew lub krzewów, o powierzchni mniejszej niż 0,1 ha.

### **Analiza pokrycia brzegu rzeki**

Analiza pokrycia brzegu rzeki została przeprowadzona po obu jej stronach. Uwzględniając lokalne uwarunkowania topograficzne, za dobry sposób próbkowania strefy brzegowej, uznano linię znajdującą się 10 m od granicy wody (rys. 5). Za brzeg porośnięty uznano taki, na którym występuje poligon lasu lub zadrzewienia, bądź jego fragment. Brzeg otwarty to taki, na którym nie wystąpił żaden poligon lasu i zadrzewienia

Analiza wykonana została poprzez: powielenie linii brzegowej rzeki przesuniętej o założoną odległość oraz zbadanie jej przecięcia z poligonami lasów i zadrzewień.

Rzeka Bug na badanym odcinku charakteryzuje się zbliżoną długością brzegu otwartego i porośniętego. Wśród brzegów porośniętych największą długość mają fragmenty zadrzewione seminaturalnie (85%). Lasy gospodarcze mają kontakt z rzeką na łącznej długości 5900 m, co stanowi 12% brzegu porośniętego. Natomiast 3% stanowią linie brzegowe z lasami naturalnymi i zadrzewieniami sztucznymi.

### **Analiza wpływu lasów i zadrzewień na rozmieszczenie stanowisk lęgowych ptaków**

Pierwszym elementem analizy było określenie odległości gniazd ptaków do granicy lasów bądź zadrzewień. Badania objęły następujące gatunki: sieweczka rzeczna (*Charadrius dubius*), sieweczka obrożna (*Charadrius hiaticula*), czajka (*Vanellus vanellus*). W analizie posłużono się narzędziem *Near*, służącym do wyznaczenia odległości zadanego punktu (gniazda) do innych punktów lub linii (granic lasu lub zadrzewień) położonych w okręgu o żąda-

**Tabela 2.** Odległości gniazd poszczególnych gatunków do granicy lasów i zadrzewień

| Gatunek                     | Rok badań | Odległości [m] |       |         |       |          |       | Liczba gniazd |      |
|-----------------------------|-----------|----------------|-------|---------|-------|----------|-------|---------------|------|
|                             |           | średnia        |       | minimum |       | maksimum |       | 2004          | 2005 |
|                             |           | 2004           | 2005  | 2004    | 2005  | 2004     | 2005  |               |      |
| <i>Charadrius dubius</i>    |           | 157,7          | 166,0 | 100,5   | 118,1 | 223,0    | 215,1 | 6,0           | 3,0  |
| <i>Charadrius hiaticula</i> |           | 150,6          | 254,2 | 89,2    | 146,7 | 324,7    | 337,7 | 27,0          | 11,0 |
| <i>Vanellus vanellus</i>    |           | 179,9          | 204,7 | 94,3    | 82,3  | 233,3    | 350,3 | 23,0          | 39,0 |

**Tabela 3.** Gniazdowanie ptaków na wyspach

| Rodzaj wyspy      | Powierzchnia [ha] | Gatunki                     | Liczba osobników |
|-------------------|-------------------|-----------------------------|------------------|
| Zazieleniona      | 1,26              | <i>Charadrius hiaticula</i> | 11               |
|                   |                   | <i>Vanellus vanellus</i>    | 1                |
| Łacha piaszczysta | 0,53              | <i>Charadrius hiaticula</i> | 11               |
|                   |                   | <i>Charadrius dubius</i>    | 4                |
|                   |                   | <i>Vanellus vanellus</i>    | 2                |

nym promieniu i wyszukania najkrótszych odległości. Można również obliczyć współrzędne danego punktu (gniazda) oraz azymut linii skierowanej do niego.

Z przeprowadzonych analiz wynika (tab. 2 i 3, rys. 6), iż wymienione gatunki ptaków na miejsca gniazdowania wybierają otwarte przestrzenie łąk i nieużytków. Minimalna odległość do najbliższej granicy lasu lub zadrzewienia wyniosła 80 m, a maksymalna 350 m. Można zauważyć, że wpływ lasów i zadrzewień na wybór miejsc do zakładania gniazd jest mały, gdyż nie wchodzi one w strefę bezpośredniego oddziaływania. O wyborze miejsc mogą decydować warunki lokalne, niezauważalne z pułapu lotniczego w określonym czasie, takie jak: okresowe miejsca wylewów rzeki, wysokość roślinności trawiastej, struktura podłoża i innych elementów środowiska.

Badania prowadzone w 2004 roku obejmowały również dwie wyspy (zazielenioną i łąkę piaszczystą), na których gniazdowało łącznie 29 osobników z trzech gatunków ptaków. Można zauważyć iż łąka piaszczysta, o powierzchni stanowiącej 42% powierzchni wyspy zazielenionej, zapewniła środowiskowe warunki życia większej liczbie ptaków.

### Analiza sąsiedztwa, ciągłości lasów i zadrzewień

Określenie parametrów sąsiedztwa lasów i zadrzewień oraz ich wpływu na zachowanie ciągłości przebiegu korytarza ekologicznego przeprowadzone zostało za pomocą narzędzia, pozwalającego na ocenę bliskości poligonów w ramach określonej odległości (*Euclidean Distance*). Ciągłość korytarza rozpatrywana była na podstawie wzrokowej interpretacji po-

wstałych ciągów poligonowych. Założono, że korytarz jest ciągły, gdy jego poszczególne elementy – płyty znajdują się we wzajemnej odległości nie większej niż 100 m, uznając tę odległość za najbardziej uniwersalną dla popularnych gatunków fauny. Na rysunku 7 bliskość poligonów wyrażona jest graficznie skalą barw.

Na podstawie interpretacji wygenerowanych map analitycznych lasów i zadrzewień, można zauważyć, iż lasy gospodarcze stanowiące duże kompleksy są w znacznej mierze oddalone od siebie. Sąsiadują one na ogół bezpośrednio z różnymi formami zadrzewień (rys. 7), zapewniając tym samym większą spójność korytarza ekologicznego. Można stwierdzić, iż ciągłość korytarza ekologicznego jest zachowana. Należałoby ją jednak rozpatrywać dla konkretnych gatunków fauny, znając ich wymagania środowiskowe. Stopień sąsiedztwa obiektów obrazowany jest za pomocą skali barwnej.

## Wyniki i dyskusja

Powyżej zaprezentowany zestaw narzędzi i wykonanych za ich pomocą analiz został uznany za optymalny, z punktu widzenia pożądanego zestawu informacji. Poniżej przedstawiamy komentarz związany z korzyściami i ograniczeniami zastosowanej metody.

Bez narzędzia do wektoryzacji nie mogła by się odbyć praktycznie żadna analiza. W istocie proste narzędzie, daje możliwości generowania obiektów dla poszczególnych warstw tematycznych. Same zaś warstwy dają podstawę do różnych zestawień statystycznych. W dość szybki sposób można wyliczyć powierzchnie, obwód poligonów czy długości obiektów liniowych. Wektoryzując poszczególne obiekty można przy określonych założeniach dokonać jednocześnie ich klasyfikacji, a następnie w miarę kompletnej charakterystyki struktur krajobrazu dającej podstawę do oceny funkcjonalnej. Badany fragment korytarza ekologicznego w 75% powierzchni leśnej stanowią lasy gospodarcze, a tylko 25% to formy pochodzenia naturalnego, głównie zadrzewienia, rosnące w bezpośrednim kontakcie z brzegiem rzeki. Z kolei w analizie struktur wysp rzecznych ponad 90% powierzchni wysp (60 ha) jest porośniętych naturalną roślinnością drzewiastą lub krzewiastą. Wyspy te mają dużą wartość przyrodniczą, gdyż zachodzą na nich naturalne procesy ekologiczne bez ingerencji człowieka. Natomiast wyspy pozbawione roślinności, izolowane od drapieżników lądowych, dają możliwości bezpiecznego wyprowadzenia lęgów dla badanych gatunków ptaków. Gatunki te na miejsca zakładania gniazd wybierają tereny otwartych łąk, nieużytków, plaż znajdujących się w bliskiej odległości od rzeki. Potwierdzeniem tych wymagań ekologicznych była przeprowadzona analiza wpływu lasu lub zadrzewienia na rozmieszczenie stanowisk lęgowych ptaków. Na jej podstawie można stwierdzić, iż wpływ ten jest niewielki, a średnia odległość wynosi od 150 do 200 m. Do badań związków przestrzennych użyto narzędzia służącego do pomiarów najkrótszych odległości od obiektów punktowych, np. wyników pomiarów GPS do innych obiektów znajdujących się w innej warstwie.

Badając przebieg korytarza ekologicznego wzdłuż samej rzeki, można stwierdzić, iż charakteryzuje się on jednakowym stosunkiem brzegu otwartego do brzegu porośniętego przez lasy i zadrzewienia. Wśród brzegów porośniętych, największą długość mają te z zadrzewieniem naturalnym (85%). Wzdłuż nurtu rzeki zauważalne są, wprowadzone fragmentarycznie, zalesiania gruntów rolnych wąskimi pasami monolitów sosnowych. Z jednej strony

powoduje to ograniczenie możliwości wytworzenia się warunków typowych dla wnętrza lasu, a z drugiej zubożenie przyrodnicze terenu.

Poszczególne wyniki analiz można interpretować osobno lub łączyć je, w celu pełniejszego wyobrażenia funkcjonowania ekosystemu. Poszukując prawidłowości lub anomalii w funkcjonowaniu korytarza ekologicznego, można dokonywać różnego rodzaju przetworzeń danych w użyteczną informację. Przykładem może być analiza sąsiedztwa, w ramach której dookoła poligonów lasów i zadrzewień wyliczona została odległość euklidesowa. Ich kolorystyczne rozróżnienie, wpłynęło na lepszą percepcję odbioru kształtów oraz wzajemnego położenia. Dość często nawet małe poligony są lepiej widoczne przy zwiększonej skali (Nowak, 2007). Również dla zobrazowania ciągłości korytarza ekologicznego oznaczenie kolorem czerwonym wszystkich poligonów lasów i zadrzewień, a ich stref oddziaływania w promieniu 100 m intensywnością barw, daje wyraźny obraz spójności korytarza ekologicznego (Kraak, Ormeling, 1998). Na podstawie tej analizy można wzrokowo prześledzić przebieg korytarza ekologicznego i zlokalizować obszary, gdzie dowolnie dobrane gatunki migrującej fauny mogą napotkać na:

- bariery ekologiczne,
- miejsca silnej antropopresji,
- obszary lasów zwężających się lub odizolowanych.

Jak wynika z powyższych analiz, nie wszystkie wyniki można interpretować na podstawie konkretnych danych liczbowych, ale niekiedy określenie pewnych cech możliwe jest tylko na podstawie zobrazowań graficznych.

W wielu publikacjach można spotkać się z tendencją do łączenia małych fragmentów leśnych, poprzez wprowadzenie zalesień, prowadzonych w celu poprawy spójności korytarzy ekologicznych dolin rzecznych. Ich rozplanowanie nie może jednak wpłynąć negatywnie na funkcjonowaniu danego ekosystemu lub jego sąsiedztwa. Trzeba mieć na uwadze, że obszary będące dla niektórych migrujących gatunków miejscami stanowiącymi potencjalną barierę ekologiczną, dla innych gatunków mogą być miejscem odpoczynku, rozrodu i wychowaniem potomstwa. W takich przypadkach należałoby przeprowadzić symulację nowo wprowadzanych zalesień gruntów rolnych, znajdujących się np. w bezpośrednim kontakcie z brzegiem rzeki i określić ich wpływ na cały ekosystem. Do takiej analizy potrzebna byłaby większa liczba gatunków modelowych. Znając ich wymagania ekologiczne, behavior oraz posiadając zbiór informacji o interesującym nas obszarze, można dość łatwo zlokalizować potencjalne miejsca ich występowania, bazy żerowej lub rozrodu. Takie symulacje mogłyby potwierdzić istniejące przypuszczenia lub je wykluczyć.

Badania fragmentu korytarza ekologicznego były prowadzone jedynie na podstawie zdjęć lotniczych. W celu pełniejszej analizy można byłoby wykorzystać inne źródła informacyjne, takie jak: zdjęcia z kanałami podczerwieni (pozwoliło by to na lepsze rozróżnienie szaty roślinnej); numeryczny model terenu ukazujący rzeźbę doliny; leśne mapy numeryczne dające szereg szczegółowych informacji o obiektach leśnych; danych zebranych bezpośrednio w terenie (Adamczyk, Będkowski, 2007). Wzrokowa interpretacja zdjęć potwierdziła, iż teren ten jest silnie użytkowany rolniczo, a duże połacie lasów są często połączone naturalnymi zadrzewieniami rosnącymi wzdłuż rzeki. Należałoby się zastanowić, czy dla wszystkich migrujących zwierząt badany fragment korytarza ekologicznego najpełniej oddaje jego przebieg (Liro, Szacki, 1993). Być może dla określonych gatunków ma inny kierunek, inną szerokość. Wyznaczenie więc jakichkolwiek tras migracji zwierząt, powin-



no iść w parze z badaniami terenowymi, których wykonanie miało kluczowy wpływ na wyniki analiz.

## Podsumowanie

Analizy przestrzenne lasów i zadrzewień, przeprowadzone na terenie korytarza ekologicznego rzeki Bug, stanowią jedynie przykład możliwości zastosowań GIS w badaniach funkcjonowania środowiska przyrodniczego. Wykorzystane w pracy zdjęcia lotnicze dają pełny, aktualny obraz rozmieszczenia elementów środowiska przyrodniczego oraz stanowią dobre źródło informacji dla klasyfikacji obiektów leśnych i zadrzewionych. Można powiedzieć, że wnioski pochodzące z przeprowadzonej analizy są dość bogate, biorąc pod uwagę jak bardzo zoptymalizowano zakres analiz przestrzennych i zastosowanych danych wejściowych. Warto jednak również zauważyć, że wyniki uzyskane za pomocą tak bardzo ograniczonych metod mają znacznie węższy zakres zastosowań, w razie potrzeby rozwiązywania następných problemów. Zastosowany zestaw danych może również wymagać daleko idących uzupełnień. Jest to sytuacja odmienna w stosunku do sytuacji, w których gromadzi się dane i prowadzi analizy w znacznie szerszym zakresie, niejako „na zapas”, w celu późniejszego ich wykorzystania.

Wynika z tego nieco przekorna wymowa tego artykułu, że pomimo szerokich możliwości zaawansowanych technicznie analiz istnieje możliwość przeprowadzenia tych samych analiz w sposób uproszczony. Wydaje się, że w najbliższym czasie nastąpi rozdział rynku użytkowników GIS na użytkowników wykorzystujących oprogramowanie do codziennych (stosunkowo mało złożonych) zastosowań oraz specjalistów, angażowanych wtedy, gdy do rozwiązania jest problem o wysokim stopniu złożoności. Warto też zauważyć, że niektóre firmy produkujące oprogramowanie GIS od dawna stosują taki podział ofert.

## Literatura

- Adamczyk J., Będkowski K., 2007: Metody cyfrowe w teledetekcji. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Dombrowski A., Głowacki Z., Jakubowski W., Kovalchuk I., Michalczyk Z., Nikiforov M., Szwajgier W., Wojciechowski K.H. (red), 2002: Korytarz ekologiczny doliny Bugu. Stan – Zagrożenia – Ochrona. Wydawnictwo IUCN Poland, Warszawa.
- Liro A., Szacki J. 1993: Korytarz ekologiczny. Przegląd problematyki: Człowiek a Środowisko.
- Kraak M.J., Ormeling F., 1998: Kartografia. Wizualizacja danych przestrzennych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Nowak M., 2007: Kartograficzna prezentacja zadrzewień śródpolnych 33-34, [W:] Meyńska-Gulij B., Kaczmarek L. (red) Geodezja i kartografia w ochronie środowiska przyrodniczego, V konferencja N-T z cyklu „Wiosna w geodezji i kartografii”.

## Abstract

*Spatial analyses become more and more popular in everyday work. In consequence, the need for optimization of applied methods and base imagery has increased. The methods used should be efficient and should not require involvement of GIS specialists. The paper presents an example of spatial analysis performed in restricted economic conditions, but still leading to full realization of the research goals through obtaining all needed conclusions. The research has been performed in a part of ecological corridor of the Bug River Valley. The goal was to find spatial relations between forested areas*

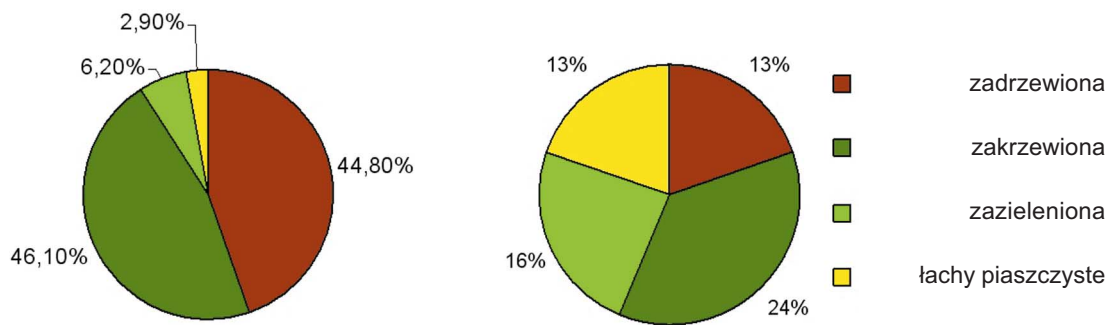
*(including forests) and their influence on bird species nesting on this area. The performed analyses were as follows: river islands structures, relations between forested areas, river valley, influence of forested areas to breeding stands of bird species, neighbourhood, continuity of the forested areas. They proved the possibility to obtain all needed research results. The limitation regarding further applications of the collected results were also discussed.*

mgr inż. Paweł Sypuła  
pawel\_sypula@wp.pl

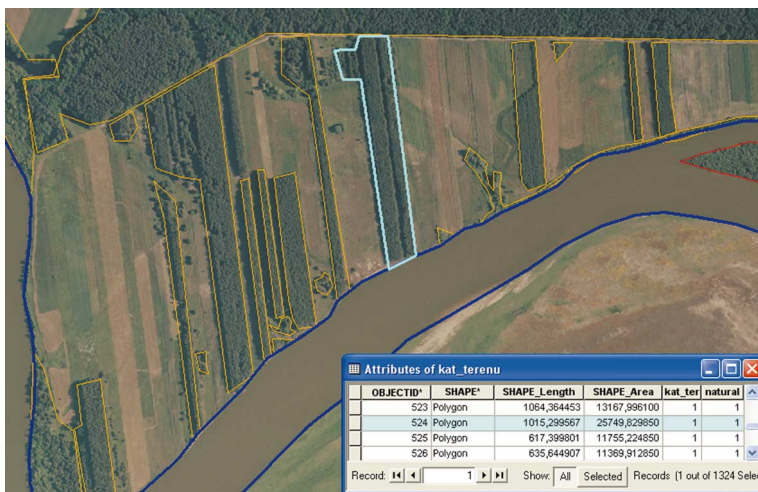
dr Joanna Adamczyk  
Joanna.Adamczyk@wl.sggw.pl



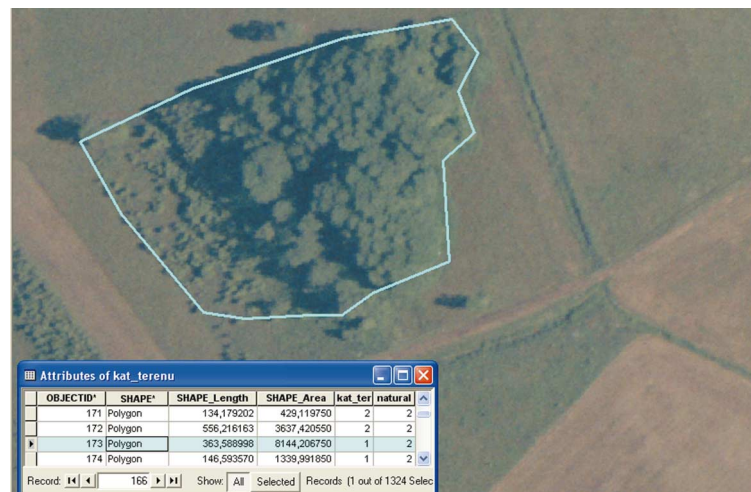
Rys. 1. Fragment terenu badań z widocznymi warstwami informacyjnymi pozyskanymi metodą interpretacji



Rys. 2. Udziały dla poszczególnych kategorii wysp: a – powierzchniowe, b – ilościowe

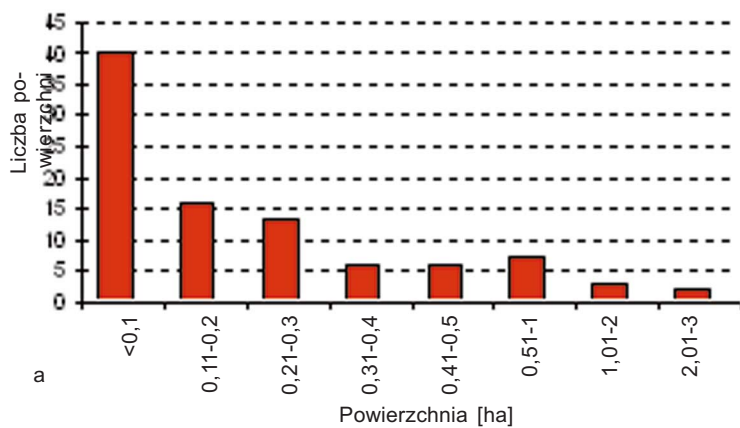


a

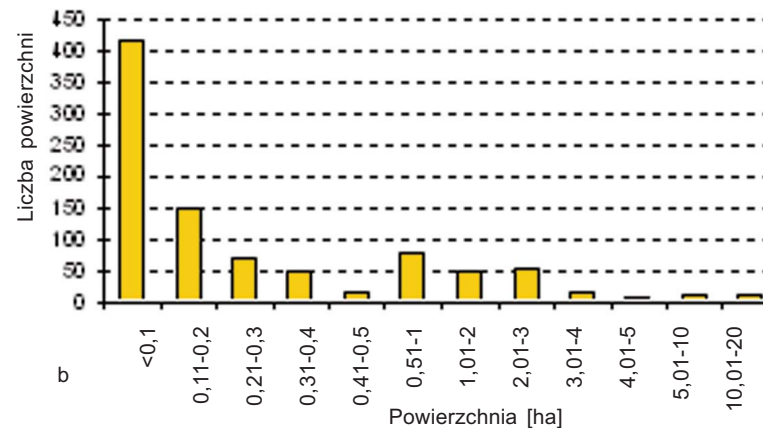


b

Rys. 3. Interpretacja różnych kategorii lasów i zadrzewień: a – lasy gospodarcze wprowadzone sztucznie; b – lasy o strukturze zbliżonej do naturalnych



a

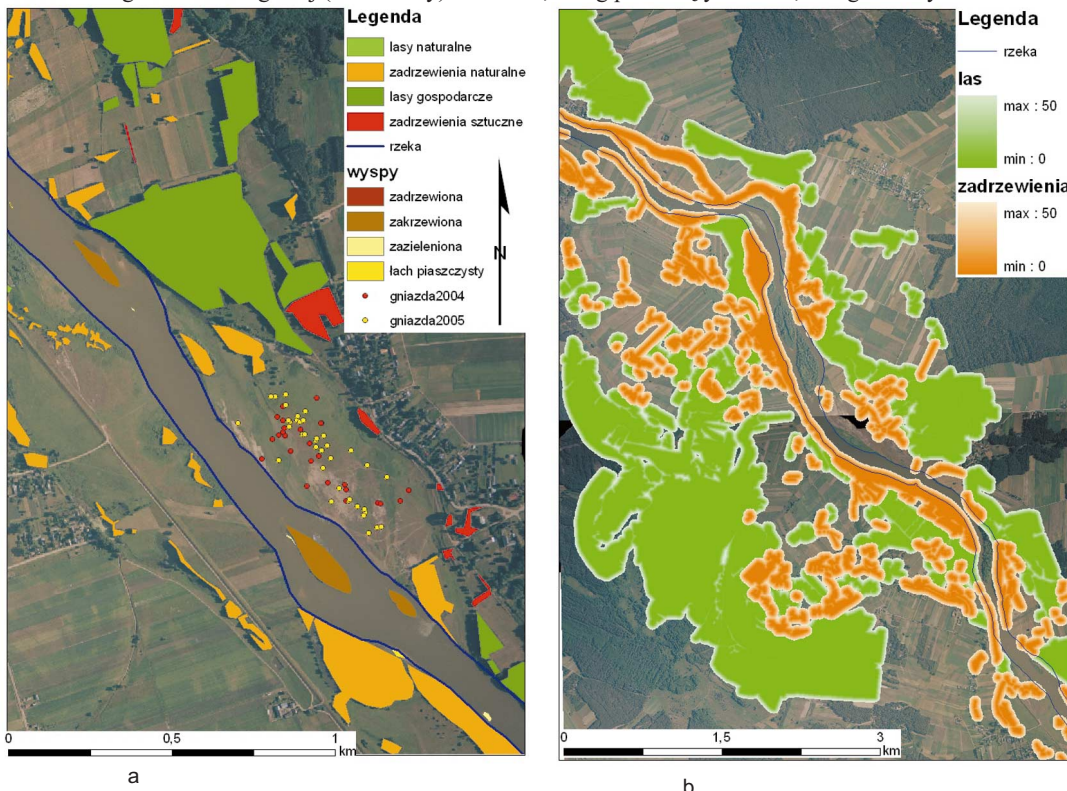


b

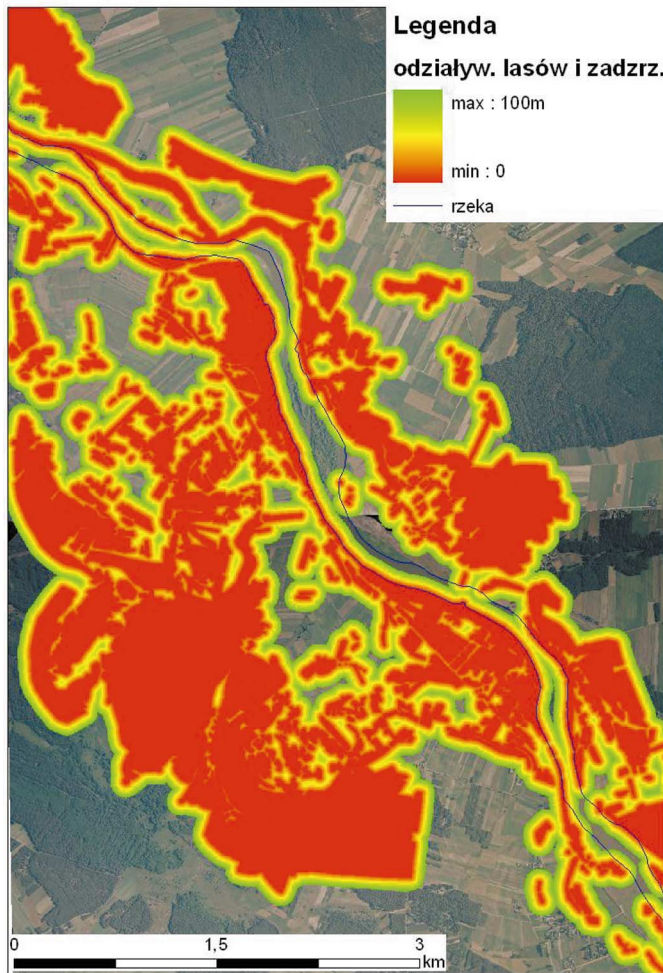
Rys. 4. Liczba zadrzewień w stosunku do ich powierzchni: a – sztucznych, b – seminaturalnych



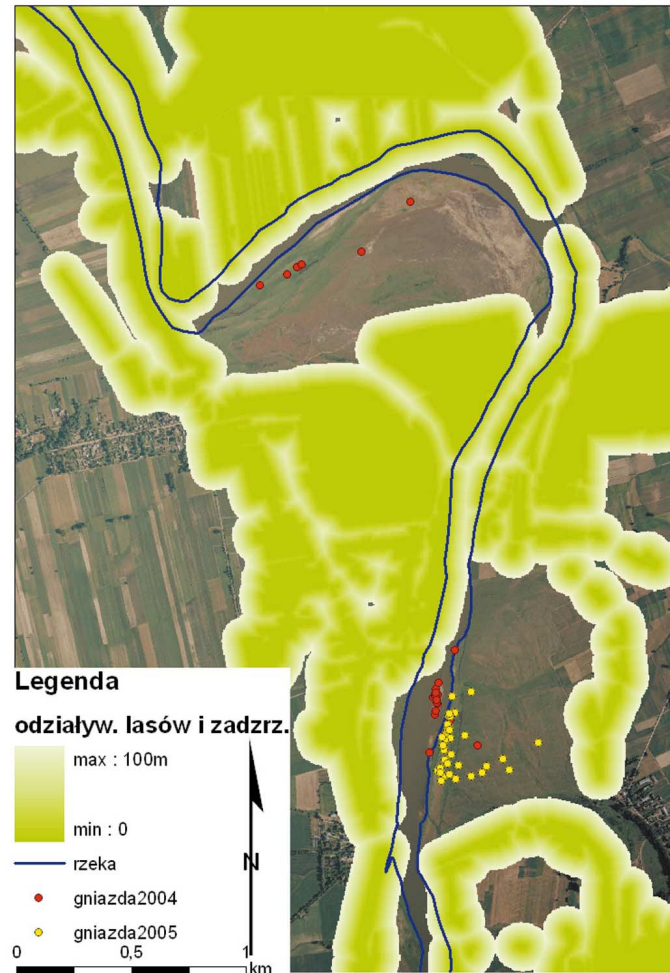
Rys. 5. Wynik analizy pokrycia brzegu rzeki: a – wizualizacja (jasne fragmenty linii – brzeg nie zarośnięty, ciemne – pokryty przez lasy lub zadrzewienia);  
 b – długość linii brzegowej (obie strony) 10 320 m, brzeg porośnięty 5020 m, brzeg otwarty 5300 m



Rys. 6. Fragmenty map z wynikami analiz: a – rozmieszczenie stanowisk ptaków w stosunku do lasów i zadrzewień, b – wpływ lasów i zadrzewień na rozmieszczenie stanowisk gniazd ptaków



a



b

Rys. 7. Fragmenty map z wynikami analiz: a – sąsiedztwa lasów i zadrzewień, b – ciągłości korytarza ekologicznego rzeki Bug