

DARIA ADAMSKA, CEZARY KOWALCZYK

Katedra Planowania i Inżynierii Przestrzennej
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

ANALIZA GIS ORAZ METODY STATYSTYCZNE ROZMIESZCZENIA DRZEW – PRZYKŁAD PARKU JAKUBOWO

GIS ANALYSIS AND STATISTICAL METHODS OF TREE LOCATION –
A CASE STUDY OF JAKUBOWO PARK

Abstrakt

Wstęp. Drzewa w mieście rosną w środowisku, które nie jest sprzyjające ich rozwojowi. Autorzy podjęli próbę znalezienia odpowiedzi na pytanie, które obszary antropogeniczne o jednorodnej funkcji mogą wpływać negatywnie na rozwój drzew. Z uwagi na różnorodność gatunków i ich wymagań środowiskowych badania potraktowano jako wstępny przegląd stanu zdrowia drzew z uwzględnieniem bezpośredniego sąsiedztwa obszarów zadrzewionych.

Materiał i metody. Badania wykonano na obszarze parku Jakubowo w Olsztynie, który jest najstarszym założeniem parkowym w mieście. Autorzy w pierwszym etapie zajęli się opisem drzewostanu pod kątem stanu zdrowotnego i jego zależności od wieku i gatunku. W ramach prac przygotowawczych teren został zinwentaryzowany za pomocą urządzeń pomiarowych, takich jak średnicomierz, taśma miernicza oraz wysokościomierz. Na podstawie uzyskanych wyników stworzono mapę oraz tabelę inwentaryzacyjną badanego obszaru. Wynikiem wizualizacji jest mapa przedstawiająca klasy stanu zdrowotnego. W drugim etapie badano korelacje lokalizacji drzewostanów w różnym stanie zdrowotnym z terenami sąsiednimi o odrębnej funkcji. Zastosowano metody wykorzystujące narzędzia GIS – zlokalizowano drzewa w różnym stanie zdrowotnym oraz zdefiniowano obszary antropogeniczne w bezpośrednim sąsiedztwie. Wszystkie analizy przestrzenne wykonano z wykorzystaniem oprogramowania QGis oraz Statistica.

Wyniki. Analizując wykresy wykonane w ramach badania relacji wewnętrznych zmiennych, można stwierdzić, iż gatunkami cechującymi się największą liczbą zdrowych okazów są głóg pośredni (*Crataegus ×media* Bechst.) oraz jarzab pospolity (*Sorbus aucuparia* L.). Rośliny, których kondycja prezentuje się najgorzej (mediana jest umiejscowiona na poziomie pierwszej – najsłabszej – klasy stanu zdrowia), to brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth), dąb czerwony (*Quercus rubra* L.), dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), klon jesionolistny (*Acer negundo* L.), klon pospolity (*Acer platanoides* L.) oraz lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.).

Wnioski. Z analizy korelacji stanu zdrowia i lokalizacji drzew z jednolitymi obszarami antropogenicznymi wynika, że zmniejszaniu odległości od obszarów zdefiniowanych jako ogólnodostępne obszary rekreacyjne towarzyszy zmniejszenie liczby drzew w pogorszonym stanie. Inna korelacja zachodzi w przypadku obszarów pod wodami stojącymi (np. stawy): drzewa rosnące w większej odległości od stawów są w gorszym stanie zdrowotnym.

Słowa kluczowe: narzędzia GIS, inwentaryzacja, mapa rozmieszczenia, klasa zdrowotna, wiek drzewostanu

Wstęp

Drzewostany są najtrwalszymi nasadzeniami, które kształtują przestrzeń. Odpowiadają one m.in. za nadawanie krajobrazowi jego unikatowych, indywidualnych cech. Ponadto drzewa mają ogromny wpływ na środowisko, które oczyszczają – zwłaszcza na terenach miejskich (Szczepanowska, 2007).

Obecność drzew jest szczególnie ważna na obszarach zurbanizowanych, gdyż poza swą funkcją związaną z oczyszczaniem środowiska pełnią one również funkcję gospodarczą, społeczną, zdrowotną, ekologiczną, jak również stanowią esencjonalną składową w kształtowaniu przestrzeni (Szczepanowska, 2007). Przede wszystkim drzewostany występujące w miastach w formie lasów miejskich lub założeń parkowych tworzą swoisty mikroklimat poprzez wpływanie m.in. na temperaturę, wilgotność, retencję wody oraz poziom nasłonecznienia (Kubiak i Książniak, 2005).

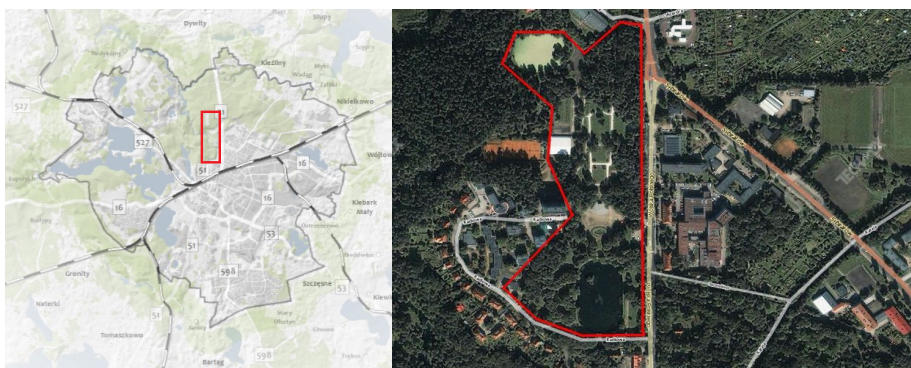
Należy jednak pamiętać, iż stan zdrowotny drzew w mieście jest warunkowany przez czynniki zarówno biotyczne, jak i abiotyczne oraz antropogeniczne. Szczególne znaczenie mają w tym przypadku emisje przemysłowe (Beker, 2009). Aby uzyskać pożądane efekty wizualne i zdrowotne, należy podczas projektowania oraz pielęgnowania założeń istniejących uwzględnić zarówno wymagania siedliskowe roślin, jak i uwarunkowania glebowe, fitosocjologiczne oraz fizjologiczne danego terenu (Kubiak i Książniak, 2005). Ponadto należy pamiętać o zachowaniu różnorodności gatunkowej oraz o regularności wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych, co na pewno zwiększy atrakcyjność zadrzewień oraz poprawi ich stan zdrowotny. Środowisko miejskie, w którym rosną drzewa, nie sprzyja ich dobrej kondycji. W celu potwierdzenia powyższej hipotezy wykonano badania.

Charakterystyka obszaru badań

Badania wykonano na terenie parku Jakubowo w Olsztynie (województwo warmińsko-mazurskie), który zajmuje powierzchnię 13,56 ha. W ujęciu geobotanicznym według profesora Szafera rejon opracowania jest umiejscowiony w Dziale Północnym, w Krainie Mazursko-Kurpiowskiej (Szafer i Zarzycki, 1972). Z kolei według podziału fizykogeograficznego profesora Kondrackiego teren ten znajduje się w Dziale Bałtyckim, do którego należy Poddział Pasa Równin Przymorskich i Wysoczyzn Pomorskich w Krainie Pojezierza Pomorskiego, na terenie Okręgu Olsztyńskiego (Kondracki, 1998).

Park Jakubowo (dawniej zwany po niemiecku *Jakobsberg* – Wzgórze św. Jakuba) powstał w 1862 roku i jest najstarszym założeniem tego typu w Olsztynie. Do początku XX wieku kompleks miał charakter leśny, a obecnie pełni głównie funkcję rekreacyjną

i wypoczynkową. Park jest położony w północnej części Olsztyna przy alei Wojska Polskiego (droga krajowa nr 51) (rys. 1). W bezpośrednim sąsiedztwie znajdują się obszary o zróżnicowanych funkcjach: od strony zachodniej duży teren zabudowy mieszkaniowej, od strony wschodniej droga nr 51 oraz obszar usługowy, od strony północnej las miejski oraz nieduże obszary zabudowy usługowej. Na terenie parku znajdują się również dwa zbiorniki wodne: staw północny (tzw. Czarny Staw) oraz staw południowy. Ogród spacerowy jest położony w północnej części Olsztyna, na granicy osiedla Wojska Polskiego oraz osiedla Zatorze.



Rys. 1. Lokalizacja parku Jakubowo na terenie Olsztyna

Rzeźba terenu parku jest zróżnicowana, z wyniesieniem w części centralnej oraz obniżeniami w częściach północnej i południowej, a także ze spadkami w kierunku obydwu stawów parkowych. Rzędne tego obszaru wynoszą: 122,2 m n.p.m. w miejscu najwyższym położonym, które znajduje się w części centralnej (we wnętrzu parkowym z trawnikami), oraz 113,9 m n.p.m. na brzegu leżącego najniższego stawu północnego (Liżewska i Knercer, 2003).

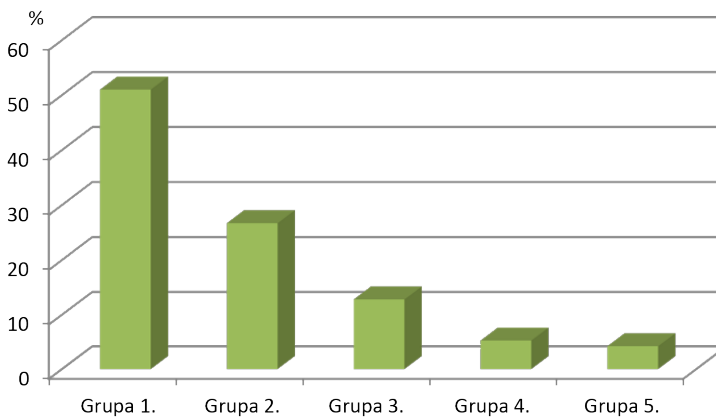
Wykonana przez autorów w 2015 roku inwentaryzacja dendrologiczna została oparta na wcześniejszych analizach (Jaszczak, 2008). Wykazała ona, iż szata roślinna opisywanego założenia składa się z 1127 sztuk roślinności, z czego większość – 66% – stanowią drzewa. Inwentaryzację wykonano za pomocą takich narzędzi, jak pierśnicomierz, wysokościomierz, taśma miernicza i dalmierz oraz z wykorzystaniem atlasu drzew i krzewów (Rostański i Rostański, 2013) do rozpoznania gatunków flory występujących na terenie parku.

Część północną oraz centralną reprezentują zróżnicowane kompozycje drzew i krzewów ozdobnych położone na tle masywu roślinnego o charakterze boru sosnowego (Krawczyk i Błażejczyk, 1999). Obszar w sektorze południowym cechują aleje klonowe oddzielające przestrzeń od zadrzewień iglastych. Roślinność parku jest zdominowana przez gatunki liściaste (85%), takie jak: klon pospolity (*Acer platanoides* L.), dąb czerwony (*Quercus rubra* L.), olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.), robinia akacja (*Robinia pseudoacacia* L.) i wiąz szypułkowy (*Ulmus laevis* L.). Wśród rzadziej występujących gatunków można wyróżnić: wierzby płaczące (*Salix ×sepulcralis* 'Chrysocoma'), graby pospolite (*Carpinus betulus* L.), jarząby szwedzkie (*Sorbus intermedia* Pers.) oraz lipy drobnolistne (*Tilia cordata* Mill.) (Ważyńska i in., 2008b).

Gatunki iglaste to niewielka składowa roślinności, a główny komponent tej grupy stanowią sosna pospolita (*Pinus sylvestris* L.) oraz świerk pospolity (*Picea abies* L.). Do innych, rzadziej występujących okazów można zaliczyć żywotnika zachodniego (*Thuja occidentalis* L.) oraz sosnę drzewokosą (*Pinus ×rhaetica* Brügger) (Ważbińska i in., 2008a).

Pośród krzewów, które powierzchniowo stanowią 34% całości założenia (stosunek stanowisk krzewów do łącznej liczby stanowisk wszystkich drzew i krzewów), dominującymi gatunkami są: berberys Thunberga (*Berberis thunbergii* DC.), jałowiec sabiński (*Juniperus sabina* L.), tawuła japońska (*Spiraea japonica* L.), porzeczek alpejski (*Ribes alpinum* L.) oraz ligustr pospolity (*Ligustrum vulgare* L.). W mniejszych ilościach można tu spotkać pęcherznicę kalinolistną (*Physocarpus opulifolius* L.), żywotnika zachodniego (*Thuja occidentalis* L.), jałowca łuskowatego (*Juniperus squamata* Buch. Ham.) i jaśminowca wonnego (*Philadelphus coronarius* L.).

Struktura wiekowa drzewostanu (rys. 2) w parku Jakubowo jest zróżnicowana: występują tutaj okazy reprezentujące każdą z pięciu grup wiekowych. Wiek drzewostanu określono jedną z metod bezpośrednich (opierając się na podstawowych danych dendrometrycznych, takich jak obwód pnia i wysokość drzewa), na podstawie tabeli opracowanej przez profesora Longina Majdeckiego. Połowa drzew na analizowanym obszarze jest w wieku do 40 lat (grupa 1.). Jest to zbiór 377 okazów – 51% wszystkich nasadzeń. Kolejno, w im starszym wieku są okazy, tym mniej jest drzew reprezentujących dany gatunek. Ostatnia, 5. grupa wiekowa jest reprezentowana przez najmniejszą liczbę drzew – zaledwie przez 32 sztuki (4,22%).



Rys. 2. Procentowy udział grup wiekowych drzewostanu w parku Jakubowo

W przypadku krzewów sytuacja prezentuje się podobnie: najczęściej okazów – 72,5% – należy do najmłodszej grupy wiekowej – grupy A. Jest to spowodowane tym, iż kilka lat temu wprowadzono na badanym terenie nowe okazy. Znajdują się one pomiędzy pomnikiem „Bohaterom Walk o Wyzwolenie Narodowe i Społeczne Warmii i Mazur” a dawnym stawem browarnianym. Starsze nasadzenia krzewów są rozmieszczone w sposób w miarę symetryczny w całej przestrzeni parkowej, dlatego osoba spacerująca może odnieść wrażenie, iż jest tych nasadzeń więcej niż okazów młodych.

Metodyka

Badanie układów przestrzennych obszarów zadrzewionych jest złożonym przedsięwzięciem ze względu na różnorodność skal opisujących drzewa (parametry fizyczne i zdrowotne) oraz dane geolokalizacyjne. Dobór metody w dużym stopniu zależy od celu oraz dostępnych danych (Crosier i in., 2004). W badaniach przestrzennych można się oprzeć na relacjach wewnętrznych, tj. zależnościach między rozmieszczeniem badanych elementów między sobą, oraz na relacjach zewnętrznych, tj. rozmieszczeniem badanych obiektów względem obiektów znajdujących się w otoczeniu. W ramach badań zaproponowano dwie metody:

1) metoda badania relacji zewnętrznych – przedstawienie związku między cechami drzewostanu a jego rozmieszczeniem w terenie względem obszarów zewnętrznych;

2) metoda badania relacji wewnętrznych – badania statystyczne zbioru danych o badanych obiektach (drzewach).

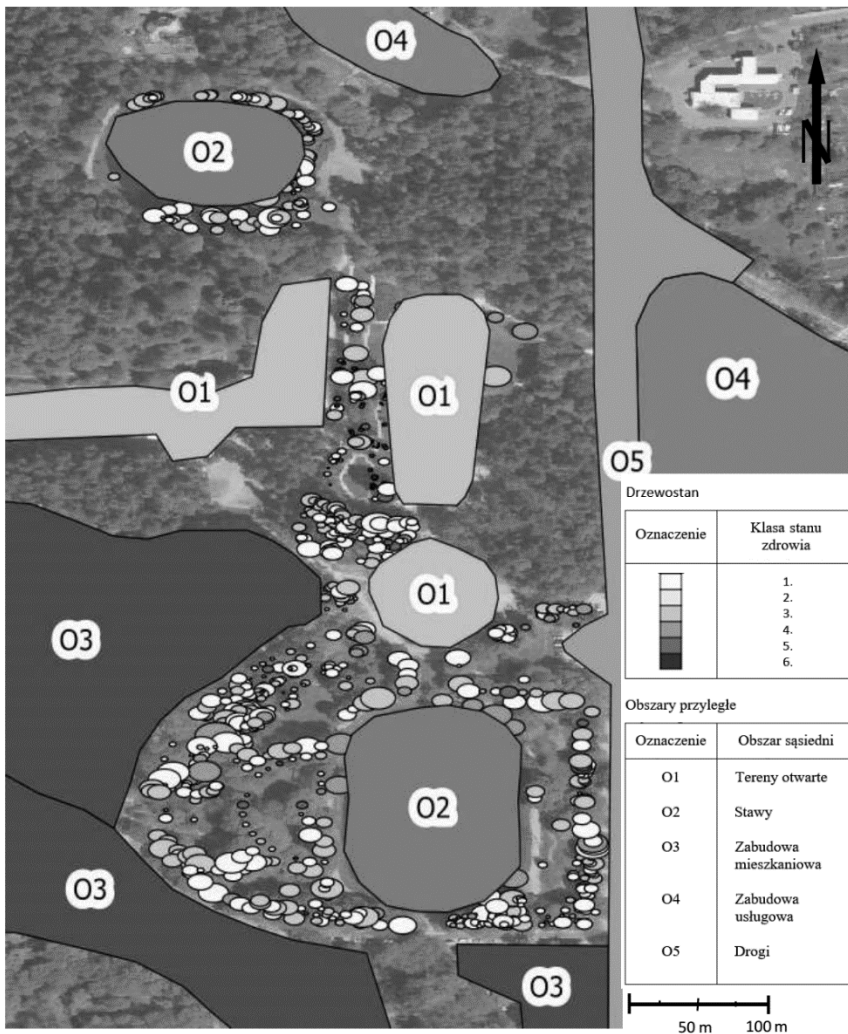
Pierwsza metoda ma na celu identyfikację występowania drzewostanu o określonych cechach w zależności od lokalizacji w przestrzeni.

Dane do badań pozyskano podczas inwentaryzacji drzewostanu wykonanej za pomocą urządzeń pomiarowych, takich jak średnicomierz (klupa), taśma miernicza oraz wysokościomierz. Uzyskane dane geokodowano (Iwańczak, 2016) na podstawie danych z mapy cyfrowej, otrzymując w konsekwencji geobazę z zobrazowaniem na mapie rozmieszczeniem drzew w przestrzeni XY. Miejsce lokalizacji poszczególnych drzew zamarkowano okręgiem o średnicy równej pierśnicy powiększonej 10 razy, aby w skali obserwowanej mapy lepiej odczytać zróżnicowanie pierśnicy. Wykonanie inwentaryzacji dendrologicznej pozwoliło także na określenie przynależności danego okazu do grupy wiekowej. Następnym krokiem pozwalającym na dalszą analizę przestrzenną było sporządzenie skali punktów przyznawanych za stan zdrowotny rośliny (tab. 1). Po identyfikacji stanu zdrowotnego możliwe było wykonanie obserwacji w celu stwierdzenia, jakie aspekty mają wpływ na ten stan.

Tabela 1. Punktacja za stan zdrowotny

Stan zdrowotny	Punktacja	Kryteria
Bardzo dobry	6	Brak chorób, uszkodzeń i szkodników
Dobry	5	Posusz do 5%, niewielka liczba odrostów korzeniowych lub mała liczba połamanych gałęzi
Średni	4	Posusz do 10%, odrosty korzeniowe, niewielka liczba połamanych gałęzi, dopuszczalna niewielka liczba zablźniających się ran
Zły	3	Posusz do 30%, połamane gałęzie lub konary, duża liczba odrostów korzeniowych, występowanie ran lub ran próchnięjących, zrakowacenia, punktowe występowanie jemioli
Bardzo zły	2	Posusz do 50%, duża liczba odrostów korzeniowych, połamane konary i gałęzie, duża liczba ran oraz zrakowaceń, szkodniki, jemiola na 1/2 rośliny
Roślina do usunięcia	1	Posusz powyżej 50%, bardzo duża liczba odrostów korzeniowych, połamane gałęzie i konary, roślina ogołocona z kory, bardzo duża liczba ran i zrakowaceń, roślina opanowana przez jemiolę, pozostałości po roślinie (np. sam pień), roślina wysuszona

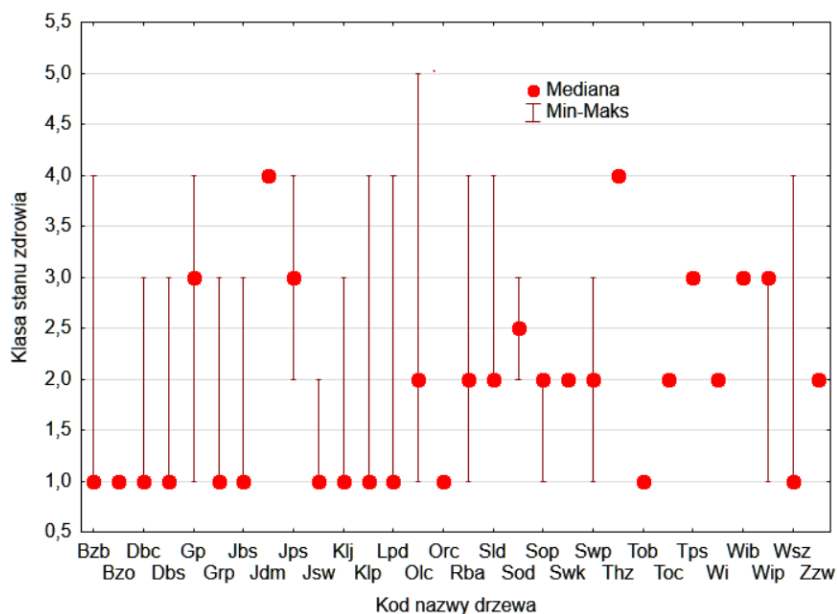
Wszystkie analizy przestrzenne zostały wykonane z wykorzystaniem oprogramowania QGIS oraz Statistica. Na fotomapie poza lokalizacją drzew oznaczono obszary sąsiadujące o odrębnym sposobie użytkowania: (O1) obszary otwarte – ogólnodostępne obszary rekreacyjne bez drzewostanu, (O2) obszary pod wodami stojącymi – stawy, (O3) zabudowa mieszkaniowa, (O4) zabudowa handlowo-usługowa, (O5) obszary pod drogami. Następnie dla każdego z drzew wyznaczono najkrótszą odległość do obszarów od O1 do O5 (Iwańczak, 2016). Wynikiem wizualizacji jest mapa przedstawiająca klasy stanu zdrowotnego (rys. 3). Klasa 1. oznacza drzewa przeznaczone do usunięcia, a klasa 6. – to rośliny o bardzo dobrej kondycji, które nie są uszkodzone ani zaatakowane przez szkodniki czy choroby.



Rys. 3. Mapa rozkładu przestrzennego klas stanu zdrowia drzewostanu w parku Jakubowo

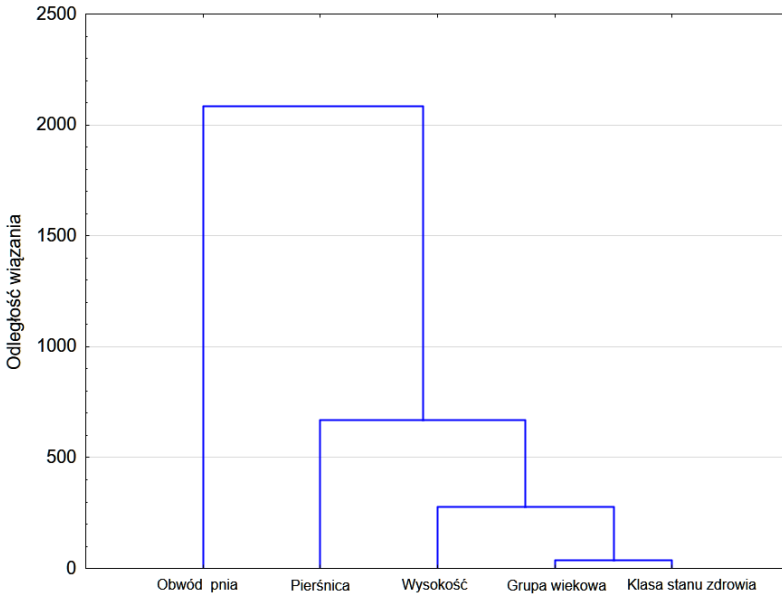
Materiał pozyskany z geobazy z wykorzystaniem korelacji prostej posłużył do ustalenia współwystępowania zmiany zdrowia drzew oraz funkcji obszaru znajdującego się w sąsiedztwie.

Metodę badania relacji wewnętrznych oparto na narzędziach analizy statystycznej: analizie skupień i statystyce opisowej. Statystyka opisowa została wykorzystana do sprawdzenia zależności pomiędzy gatunkiem a klasą stanu zdrowotnego roślinności w parku Jakubowo. Rysunek 4 przedstawia wartości maksymalne oraz minimalne ukazujące kondycję poszczególnych gatunków drzew, a także prezentuje wartość mediany, czyli miarę danej cechy (w tym przypadku stanu zdrowia) w szeregu, który jest uporządkowany, i powyżej oraz poniżej której znajduje się taka sama liczba obserwacji.



Rys. 4. Zależności pomiędzy gatunkiem a klasą stanu zdrowia wśród roślinności parku Jakubowo

Metoda analizy skupień (rys. 5) polega na wykryciu i pogrupowaniu cech na podstawie podobieństwa w zmienności obserwowanej w poszczególnych drzewach. Typowym przykładem wykorzystania tego rodzaju analiz są badania marketingowe, w których dla dużej próby respondentów są zbierane pomiary liczby zmiennych (wiele cech) opisujących zachowania konsumentów (Kot i in., 2011). Celem badania jest utworzenie grup cech, które na podstawie ich rozkładu można połączyć, inaczej mówiąc, celem jest wyznaczenie zespołów parametrów, które są w jakiś sposób do siebie podobne, a dokładniej: są podobne w obrębie tego samego skupienia – w odróżnieniu od innych grup cech. Oprócz wyznaczenia skupień zazwyczaj równie interesujące jest ustalenie, czym skupienia różnią się od siebie. Oznacza to ustalenie zmiennych i wymiarów, które wyznaczają skupienia.

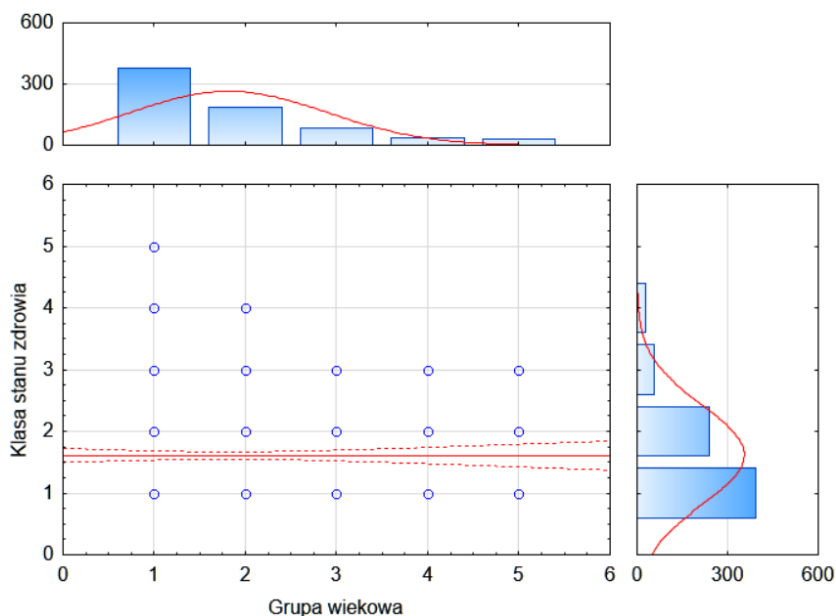


Rys. 5. Metoda analizy skupień

Dyskusja i wnioski

Analizując wykresy wykonane w ramach badania relacji wewnętrznych zmiennych, można stwierdzić, iż gatunkami cechującymi się największą liczbą zdrowych okazów są głóg pośredni (*Crataegus ×media* Bechst.) oraz jarzab pospolity (*Sorbus aucuparia* L.). Rośliny, których kondycja prezentuje się najgorzej (mediana jest umiejscowiona na poziomie pierwszej – najsłabszej – klasy stanu zdrowia) to brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth), dąb czerwony (*Quercus rubra* L.), dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), klon jesionolistny (*Acer negundo* L.), klon pospolity (*Acer platanoides* L.) oraz lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.). Na rysunku 5 zaobserwowano, iż grupa wiekowa i klasa zdrowia tworzą grupy cech o podobnej zmienności. Są to położone najbliżej siebie dwie grupy cech, które tworzą jedno skupienie. Oznacza to, że rozkłady w tych cechach są bardzo zbliżone. W dalszych badaniach możliwe byłoby utworzenie jednej wspólnej cechy dla tych dwóch zmiennych. Kolejną cechą, która zbliża się swoim rozkładem do grupy wiekowej i klasy stanu zdrowia, jest wysokość drzewa. Należy jednak zauważyć, że klasa stanu zdrowia nie zmienia się z taką samą dynamiką jak obwód pnia. Rysunek 6 jeszcze dokładniej obrazuje związki przedstawione na rysunku 5. Można na nim zaobserwować, że im młodsza jest dana roślina, tym wyższa jest klasa stanu zdrowia, którą reprezentuje (tzn. tym zdrowsza jest roślina).

Badanie relacji zewnętrznych było możliwe po ustaleniu odległości poszczególnych drzew od obszarów o innym sposobie użytkowania. Z analizy korelacji (tab. 2) wynika, że zmniejszaniu odległości od obszarów O1 (ogólnodostępne obszary rekreacyjne bez



Rys. 6. Zależności pomiędzy grupą wiekową a klasą stanu zdrowia wśród roślinności parku Jakubowo

Tabela 2. Korelacja obszarów sąsiednich i stanu zdrowia

	Obszary sąsiednie				
	O1	O2	O3	O4	O5
Stan zdrowia	-0,219	0,260	0,069	-0,073	-0,019

drzewostanu) towarzyszy zmniejszanie się liczby drzew w pogorszonym stanie zdrowotnym. Odrębna korelacja zachodzi w przypadku obszarów O2 (wody stojące – stawy), tj. drzewa rosnące w większej odległości od stawów są w gorszym stanie zdrowotnym. W przypadku położenia drzew o określonym stanie zdrowia względem obszarów O3, O4 i O5 nie zauważono korelacji.

Uzyskane wyniki stanowią początek badań przestrzennych, które w kolejnych etapach powinny być skierowane na analizę rozmieszczenia skupisk drzew (analiza przestrzenna w QGis prowadząca do stworzenia rastrowej mapy termicznej) o pogorszonym stanie, a następnie na analizę rozmieszczenia skupisk względem obszarów o odmiennym niż zadrzewienie i zalesienie użytkowaniu.

Literatura

- Beker, C. (2009). Stan zdrowotny drzewostanów sosnowych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Murowana Goślina w latach 1992–2006. *Sylwan*, 8, 528–533.
- Crosier, S., Booth, B., Dalton, K., Mitchell, A., Clark, K. (2004). *ArcGIS 9. ArcGIS basics*. New York: ESRI.
- Iwańczak, B. (2016). *QGis. Tworzenie i analiza map*. Gliwice: Helion.
- Jaszcak, R. (2008). Inwentaryzacja zasobów drzewnych w urządzaniu lasu w Polsce. *Sylwan*, 5, 14–25.
- Kondracki, J. (1998). *Geografia regionalna Polski*. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Kot, S., Jakubowski, J., Sokołowski, A. (2011). *Statystyka*. Warszawa: Difin.
- Krawczyk, B., Błażejczyk, K. (1999). Klimatyczna i bioklimatyczna charakterystyka Polski północno-wschodniej. *Zesz. IGiPZ PAN*, 58, 18–31.
- Kubiak, J., Księżniak, A. (2005). Przyrodnicze uwarunkowania zadrzewień na obszarach zurbanizowanych. *Teka Kom. Archit. Urban. Stud. Krajobr.*, 1, 168–176.
- Liżewska, I., Knercer, W. (2003). Zachowane – ocalone? O krajobrazie kulturowym i sposobach jego kształtowania. Olsztyn: Borussia.
- Rostański, K., Rostański, K. M. (2013). *Atlas i klucz. Drzewa i krzewy Polski*. Krzeszowice: Kubajak.
- Szafer, W., Zarzycki, K. (1972). *Szata roślinna Polski*. Warszawa: PWN.
- Szczepanowska, H. B. (2007). Ekologiczne, społeczne i ekonomiczne korzyści z drzew na terenach zurbanizowanych. *Człowiek i Środowisko*, 31, 3–4, 5–26.
- Ważbińska, J., Kawecki, Z., Płoszaj, B. (2008a). *Drzewa i krzewy iglaste*. Olsztyn: Wyd. UWM.
- Ważbińska, J., Kawecki, Z., Płoszaj, B. (2008b). *Drzewa i krzewy liściaste*. Olsztyn: Wyd. UWM.

GIS ANALYSIS AND STATISTICAL METHODS OF TREE LOCATION – A CASE STUDY OF JAKUBOWO PARK

Abstract

Background. The city is not a propitious environment for the growth of trees. The authors attempted to solve the problem which anthropogenic areas of uniform function may have negative influence on the development of trees. Due to the diversity of tree species and their different environmental requirements the study was a preliminary overview of their health, allowing for the direct neighbourhood of wooded areas.

Material and methods. The research was conducted in Jakubowo Park in Olsztyn, which is the oldest park in the city. At the first stage of the study the authors described the health of the trees according to their age and species. The research involved preparatory work, during which the site was catalogued by means of a calliper, measuring tape and altimeter. The results were used to make a map and inventory table of the area. The visualisation resulted in a map showing health classes of the tree stand. At the second stage of the study the correlation between the location of tree stands in different health states and the neighbouring areas with separate functions was investigated. GIS tools were used to locate trees in different health states. GIS software also enabled identification of anthropogenic areas in direct neighbourhood of the stand. QGis and Statistica software was used for all spatial analyses.

Results. The diagrams of internal relationships between variables show that the most healthy specimens could be found among hawthorns (*Crataegus ×media* Bechst.) and rowans (*Sorbus aucuparia* L.). Silver birches (*Betula pendula* Roth), red oaks (*Quercus rubra* L.), common oaks

(*Quercus robur* L.), ashes (*Fraxinus excelsior* L.), ash-leaved maples (*Acer negundo* L.), common maples (*Acer platanoides* L.) and small-leaved limes (*Tilia cordata* Mill.) were in the poorest health, because their medians showed the first, poorest health class.

Conclusions. The correlation analysis showed that the overall health of the trees was better when they stood closer to public recreational areas. There was a separate correlation in the case of areas under standing water, e.g. ponds. Trees growing at longer distances from ponds were in worse health.

Keywords: GIS tools, inventory, distribution map, health class, age of tree stand

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Daria Adamska, Katedra Planowania i Inżynierii Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Prawocheńskiego 15, 10-720 Olsztyn, Poland, e-mail: daria.adamska@uwm.edu.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

21.06.2017

Do cytowania – For citation:

Adamska, D., Kowalczyk, C. (2017). Analiza GIS oraz metody statystyczne rozmieszczenia drzew – przykład parku Jakubowo. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 2, 185–195. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00180>