

**KLASYFIKACJA OBSZARÓW ZE WZGLĘDU  
NA WYBRANE WARUNKI ŚRODOWISKOWE  
W RELACJI DO OPADU  
NA OBSZARZE DOLNEGO ŚLĄSKA**

CLASSIFICATION OF AREAS ACCORDING TO SELECTED  
ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN RELATION  
TO PRECIPITATION IN LOWER SILESIA

**Joanna Bac-Bronowicz, Piotr Grzempowski**

Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**Słowa kluczowe:** dane punktowe, model, sieci neuronowe, geomorfometria, opad atmosferyczny  
Keywords: point data, model, artificial neural networks, morphometric relief, precipitation

## **Wstęp**

Duża część opracowań prowadzonych w systemach informacji przestrzennej służy kompleksowej diagnozie i ocenie środowiska przyrodniczego. Podstawowym narzędziem badawczym przy syntezie i analizie środowiskowych cech przestrzennych, jakościowych i ilościowych, jest wyznaczenie regionów lub klasyfikacja obszarów podobnych ze względu na cechy najistotniejsze dla celowego wnioskowania. Jedną z podstawowych metod badań podziału na części obszarów jest zastosowanie *kryterium jednorodności obszaru z punktu widzenia cech uznanych za ważne oraz kryterium spójności (wewnętrznych powiązań) obszaru* (Domański, 1983). Prace nad wydzieleniem obszarów podobnych i regionalizację dotyczącą kilku elementów przyrodniczych, a w szczególności fizycznogeograficzne (Kondraci, 2009; Maciejowski, 2009; Romer, 1949; Rychling, 1992; 2006), klimatyczne (Bac i in., 1992; Bac-Bronowicz, 1996; 2000; Lorenc, 1996; Obrębska-Starkel, 1977; Okołowicz, 1978; Stach, 2010; Wiszniewski, Chelchowski, 1975; Woś, 1995; Ziernicka-Wojtaszek, Zawora, 2006) i inne są prowadzone w Polsce od dwustu lat, a od pięćdziesięciu – w sposób odpowiadający dzisiejszym standardom. Przy budowie modelu rozkładu przestrzennego podstawowych elementów klimatu uwzględnia się ich zależność od uwarunkowań topograficznych, które w powiązaniu z warunkami wietrznymi kształtują rozkład opadów i temperatur. W badaniach rozkładu opadu głównym celem jest przejście z modelu dyskretnego na model ciągły, z uwzględnieniem potencjalnych warunków kształtujących rozkład zjawiska. Polska

sieć stacji pomiarowych nie reprezentuje większości jednostek wyodrębnionych przez warunki topograficzne i klimatyczne i dlatego powszechnie stosowane metody klasyfikacyjne nie zawsze spełniają oczekiwania praktycznie użytecznego modelowania klimatycznego. W celu podniesienia wiarygodności modelowania, metody służące zamianie informacji punktowej na ciągłą lub częściowo ciągłą powinny być stosowane w granicach wydzieleni fizycznogeograficznych, zaklasyfikowanych na podstawie analiz statystycznych, fraktalnych lub innych (Bac-Bronowicz, 2003). W artykule opisano wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych w zastosowaniu do rozpoznania i klasyfikacji obszarów ze względu na wybrane warunki środowiskowe, wpływające na rozkład przestrzenny opadu. Stworzony model umożliwia wyłączenie obszarów o cechach różniących się od wzorców w otoczeniach stacji pomiarowych.

### **Badania wielkości opadu na stacjach pomiarowych Dolnego Śląska. Analiza skupień stacji pomiarowych ze względu na wartości opadu**

Regularne pomiary opadu na Dolnym Śląsku prowadzone są od 1891 roku. Najobszerniejsze opracowania pochodzą z okresu 1891-1930 (Wiszniewski, 1953) oraz 1971-2010 w sieci Instytutu meteorologii i Gospodarki Wodnej. Weryfikacja danych wykazała możliwość pozyskania wiarygodnych danych z 390 stacji dla pierwszego okresu oraz 50 stacji dla drugiego okresu. Na podstawie tych opracowań wykonano analizy (Bac-Bronowicz, 1996) dotyczące średniej wielkości opadu atmosferycznego określonych sumą opadów w trzech okresach: wegetacyjnym oraz sum maja i czerwca, lipca i sierpnia. Dwie ostatnie wartości zostały wprowadzone do klasyfikacji ze względu na ich szczególny wpływ na plony roślin uprawnych wiodących w Polsce. Wyniki analiz posłużyły do podziału stacji na klasy charakteryzujące się wspólnymi zakresami wartości cech, w tym przypadku wartości średniej opadu (Bac-Bronowicz, 1997; Bac-Bronowicz, Borkowski, 2003). Wyznaczając zasięg pola wielowariantowego wyznaczono obszary podobne pod względem wielkości opadu w wybranych okresach pomiarowych ustalając zakres jego zmienności w poszczególnych klasach. Przyjęto niehierarchiczną metodę klasyfikacji ISODATA. Jest to metoda aglomeracyjno-podziałowa i iteracyjna, która stosuje zarówno dzielenie, jak i łączenie skupień. Wymaga wstępnego ustalenia kilku parametrów wejściowych. W literaturze znanych jest kilka odmian tej metody (Kucharczyk, 1982). Różnice dotyczą m.in. możliwości określania parametrów wejściowych oraz sterowania tymi parametrami w zależności od otrzymywanych wyników, podczas wykonywania obliczeń. Na podstawie przeprowadzonej klasyfikacji wydzielono osiem skupień (rys. 2) uwzględniając średnią wysokość wartości opadu w różnych okresach roku oraz inne parametry mające wpływ na jego rozkład, głównie wysokość nad poziom morza.

### **Wybór warunków środowiskowych związanych z opadami. Analiza otoczenia stacji pomiarowych**

Na temat klasyfikacji cech środowiska przyrodniczego Dolnego Śląska istnieje obszerna i cenna literatura, jednak podział na różniące się między sobą obszary jest odmienny zarówno pod względem liczby wyodrębnionych regionów, jak i przebiegu ich granic, wynikających z

zastosowanych metod. W przedstawionych badaniach do wyznaczenia otoczeń wokół stacji przyjęto następujące cechy: przynależność do jednostki fizycznogeograficznej, średnia wysokość bezwzględna, spadek i nachylenie terenu. Dane te przyjęto jako wartość średnią wyznaczoną dla pól siatki TEMKART (o powierzchni 1 km<sup>2</sup>) (Podlacha, Szeliga, 1999). Każdej stacji opadowej przyporządkowano trapezowe pole podstawowe siatki, w obrębie którego jest ona położona.

### **Jednostki fizyczno-geograficzne (Kondracki, 2000)**

Z przyrodniczego punktu widzenia przyjęcie jako jednego z kryteriów do klasyfikacji obszarów podobnych regionów fizycznogeograficznych z granicami wynikającymi z ukształtowania terenu, podnosi prawdopodobieństwo prawidłowego określenia rozkładu zjawisk zależnych od ukształtowania terenu (Bac, 1997; Stach, 2010). Wyróżnione przez Kondrackiego i Walczaka (Atlas..., 2008) obszary są podobne pod względem: rzeźby terenu, nachylenia, wystawy, wysokości bezwzględnej, budowy geomorfologicznej itp. Na ich podstawie można wyróżnić bariery morfologiczne, które są podstawowym czynnikiem rozkładu wielu cech na przykład klimatycznych. Dokładność wyznaczenia granic tych jednostek wynika z dokładności najmniej dokładnej z map topograficznych, geologicznych, geomorfologicznych i krajobrazowych służących do określenia granic. Dokładność wynikowa lokalizacji granic zależy od dokładności danych i sposobu ich przetwarzania (Bac-Bronowicz, 2010). Przyjmuje się, że dokładność wyznaczenia granic jednostek fizycznogeograficznych odpowiada wyznaczeniu granic na mapie 1: 200 000 (skala najmniej dokładnej mapy geologicznej) w starszych opracowaniach oraz 1:50 000 – w nowszych (Nikita, 2010; Sowińska, Chmielewski, 2007).

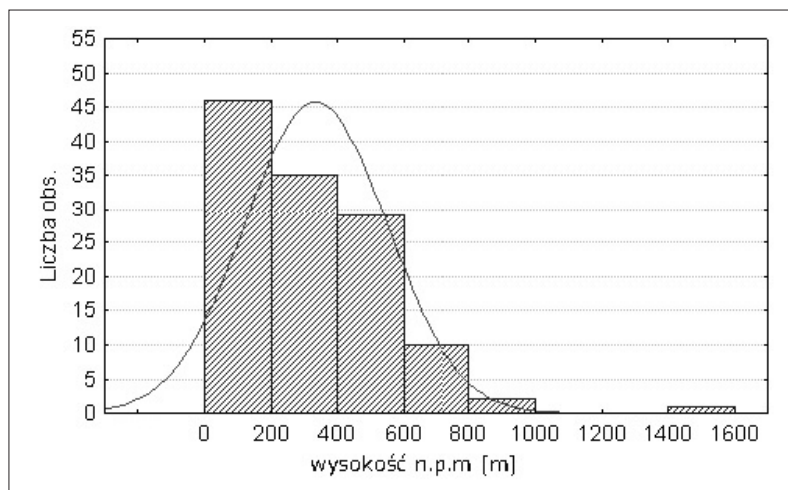
### **Rzeźba terenu**

Rzeźba terenu wpływa na wiele procesów i zjawisk, a jest jedynym z niewielu elementów środowiska geograficznego, który może być pomierzony i przedstawiony w modelach z dokładnością pozwalającą na wyznaczanie parametrów liczbowych (Burrough, 2001; Wiczorek, Żyszkowska, 2011).

Rozkład opadu atmosferycznego często jest związany z wysokością terenu nad poziomem morza, dlatego w południowej części Dolnego Śląska – w terenie górzystym – wartości opadu są największe. Nie jest to jednak jedyny czynnik warunkujący tę cechę. Duży wpływ na wielkość opadu atmosferycznego, a dokładniej na częstość jego występowania i intensywność, ma obecność zbiorników wodnych oraz barier naturalnych zatrzymujących chmury deszczowe.

### **Wysokość bezwzględna**

W analizach przyjęto 3 kategorie wyznaczania otoczeń stacji opadowych: nizinne, wyżynne, górskie (Bac-Bronowicz, 2006). Zróznicowanie tej cechy na Dolnym Śląsku widoczne jest na histogramie (rys. 1). Wyraźnie zaznacza się skośność rozkładu tej cechy w badanym terenie, a więc należy przyjąć kategorie wynikające z wcześniejszych powszechnie używanych opracowań, a nie wprowadzać sztywne statystyczne podziały.



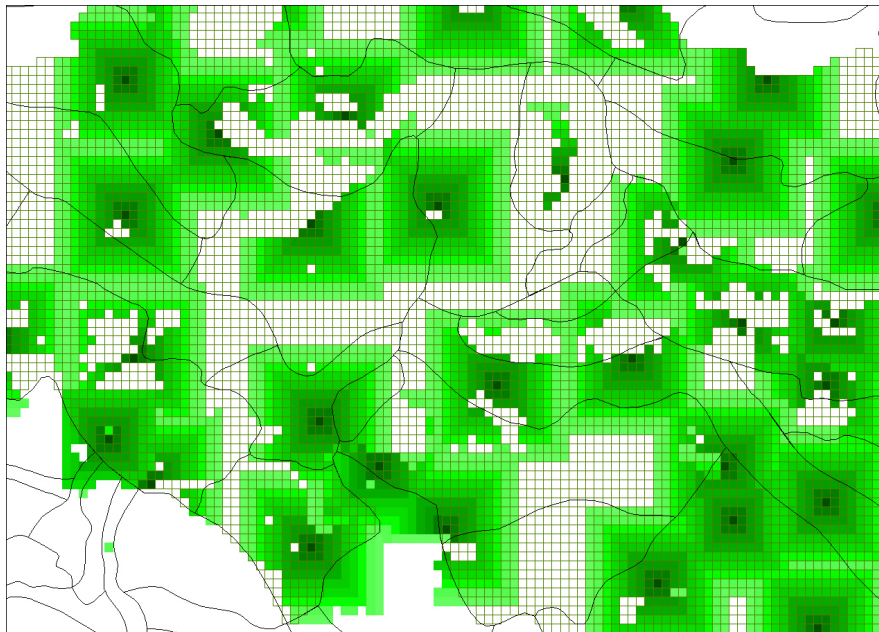
Rys. 1. Rozkład wartości wysokości bezwzględnej w miejscach lokalizacji posterunków opadowych

Na obszarze Dolnego Śląska wyraźnie dają się rozróżnić trzy krainy geograficzne: niziny, wyżyny i góry. Każda z tych krain charakteryzuje się innymi warunkami topograficznymi, w tej pracy przede wszystkim brana pod uwagę jest wysokość nad poziom morza. W środowisku klimatologów przyjęto, że wysokość stacji pomiarowej ma istotny wpływ na przenoszenie wartości opadu w otoczenie stacji. Biorąc pod uwagę zróżnicowanie tych wysokości, wydaje się konieczne podzielenie stacji pomiarowych na trzy klasy, odpowiadające trzem krainom geograficznym Dolnego Śląska, uwzględniające wysokości n.p.m. Do pierwszej klasy „nizinne” zakwalifikowano stacje, których wysokość znajduje się w przedziale 75-200 m. W drugiej klasie „wyżynne” umieszczono stacje z przedziału 201-400 m. Natomiast w trzeciej klasie „górskie” są stacje, których wysokość jest większa od 400 m. Taki podział stacji na klasy prowadzi do ich rozkładu w miarę zgodny z zasięgami krain geograficznych (Bac-Bronowicz, 2006).

Trzem klasom przypisano, ze względu na stopień zmienności, promień przenoszenia informacji z punktu pomiarowego na otoczenie. W klasie „nizinne” otoczenie stacji określono na 9 km (rys. 5), w klasie „wyżynne” na 5 km, a w górach na 2 km. Analiza wykazała, że przy założonych ilościach otoczeń i różnicach wysokości, dopuszczonych do przenoszenia informacji zostało 76% terenu na nizinach, 46% wyżynnych i tylko 28% górskich. Wynik w górach spowodowany był głównie zbyt rzadką siecią pomiarową. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.

### Nachylenie terenu

Dolny Śląsk od południa pokryty jest górami, a większość jego obszaru jest terenem nizinnym i płaskim, dlatego duży jest obszar, gdzie w miejscu występowania posterunków opadowych nachylenie terenu nie przekracza 3 stopni (rys. 4). Zmienność warunków opadowych uzasadniałaby raczej dostosowanie gęstości stacji do zmienności, co spowodowałoby zmianę położenia stacji, a także ich liczby. Konieczność używania odpowiednio długich



Rys. 5. Stacje wraz z polami w strefach spełniające założone wymagania

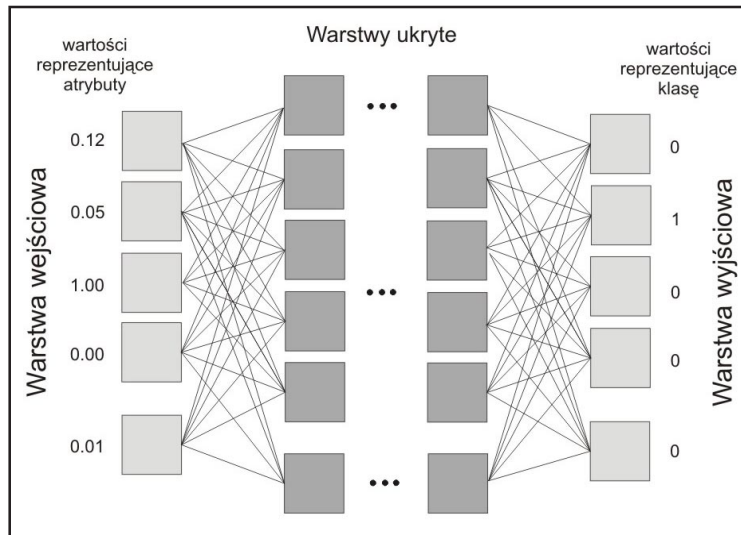
ciągów pomiarowych (trzydziesto-, czterdziestoletnich) uniemożliwia jednak zmiany w położeniu punktów pomiarowych i konieczność wykorzystania istniejących danych.

## Klasyfikacja obszarów ze względu na wybrane warunki środowiskowe

### Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do rozpoznawania i klasyfikacji obszarów podobnych do otoczeń stacji opadowych

Obserwacje na stacjach meteorologicznych dostarczają danych w punktach ich lokalizacji, natomiast celem modelowania jest zazwyczaj przejście z modelu dyskretnego do modelu ciągłego lub częściowo ciągłego. Jedną z możliwości realizacji tego zadania jest wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych. Zakłada się, że w pewnej odległości od stacji warunki są podobne i zjawiska pogodowe mają podobny przebieg. Istota metody jest założenie, że otoczenia w pobliżu stacji opadowych z danego skupienia mogą stanowić wzorzec klasy. Wzorzec scharakteryzowany jest przez wybrane cechy jakościowe i ilościowe oraz znana jest jego klasa przynależności. W odniesieniu do struktury sieci neuronowych, cechy opisujące wzorzec stanowią informacje wprowadzane na jej warstwę wejściową, natomiast przynależność do klasy (skupienia) stanowi informację przyporządkowaną do warstwy wyjściowej (rys. 6). Liczba neuronów wyjściowych odpowiada liczbie wcześniej wyznaczonych skupień.

Model powiązania informacji o cechach i przynależności do otoczenia wzorców buduje się w procesie nauki sieci neuronowej. W kolejnych iteracjach wprowadzane są korekty do



Rys. 6. Idea wykorzystania sztucznych sieci neuronowych

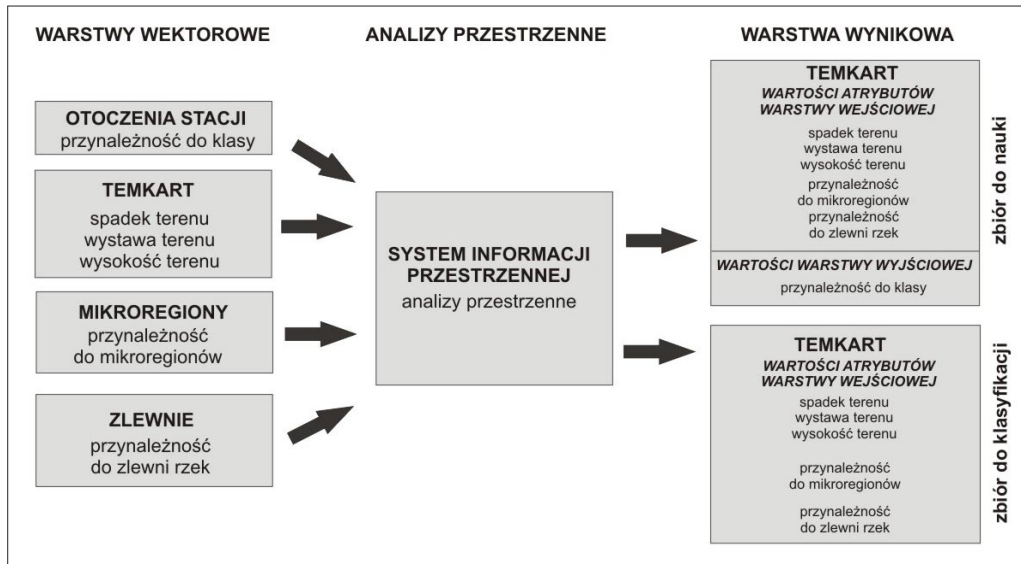
wag do uzyskania zgodności wartości wprowadzanych na warstwę wejściową i odpowiedzi na warstwie wyjściowej. Po procesie nauki sieci wprowadza się cechy opisujące jednostki obszarowe, dla których nie znamy przynależności do klasy, na warstwę wejściową sieci i otrzymuje się odpowiedź na warstwie wyjściowej. Przynależność do klasy ustala się na podstawie wartości aktywacji neuronów wyjściowych przyjmując próg, po przekroczeniu którego uznajemy odpowiedź za istotną i wskazujemy neuron o największej wartości aktywacji.

### Pozyskanie i przetworzenie danych w GIS

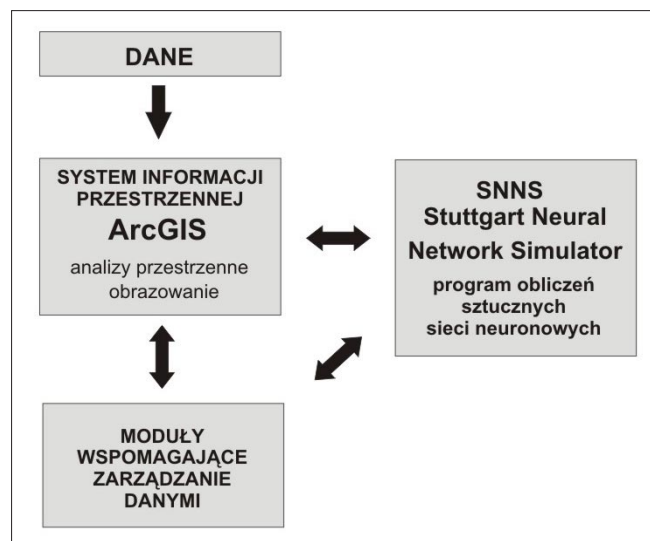
Obszar badawczy obejmuje jednostki obszarowe TEMKART w granicach województwa dolnośląskiego. Zakres informacyjny zawiera cechy opisujące dane ilościowe dotyczące średniej wysokości, wystawy zbocza oraz średniego spadku, a także dane jakościowe dotyczące przynależności do mikroregionów Kondrackiego oraz przynależności do zlewni rzek. Oddzielne warstwy stanowiły stacje opadowe z informacją o przynależności do skupienia oraz otoczenia tych stacji stanowiące wzorce klasyfikacji. Do zasilenia atrybutów jednostek TEMKART wykorzystano zapytania i analizy przestrzenne dostępne w środowisku ArcGIS (rys. 7).

Do przygotowania danych oraz transferu danych pomiędzy systemem ArcGIS i programem obliczeń sztucznych sieci neuronowych SNNS (*Stuttgart Neural Network Simulator*) wykorzystano wybrane funkcje systemu integracji danych (rys. 8), stworzonego na potrzeby interpretacji badań geodynamicznych (Grzempowski, 2011). System realizuje zadania związane z zarządzaniem danymi m.in.: skalowaniem i kodowaniem, tworzeniem plików wejściowych do programu SNNS oraz pobieraniem, interpretacją i obrazowaniem wyników obliczeń w systemie ArcGIS (ArcGIS..., 2011).

Funkcje systemu odpowiedzialne są również za tworzenie zbiorów wykorzystywanych do nauki, weryfikacji i rozpoznania. Zbiór uczący zawiera zestawienia wartości wprowadzanych na warstwę wejściową oraz pożądaną odpowiedź sieci na warstwie wyjściowej. Zbiór



Rys. 7. Schemat integracji danych i łączenia atrybutów jednostek odniesienia

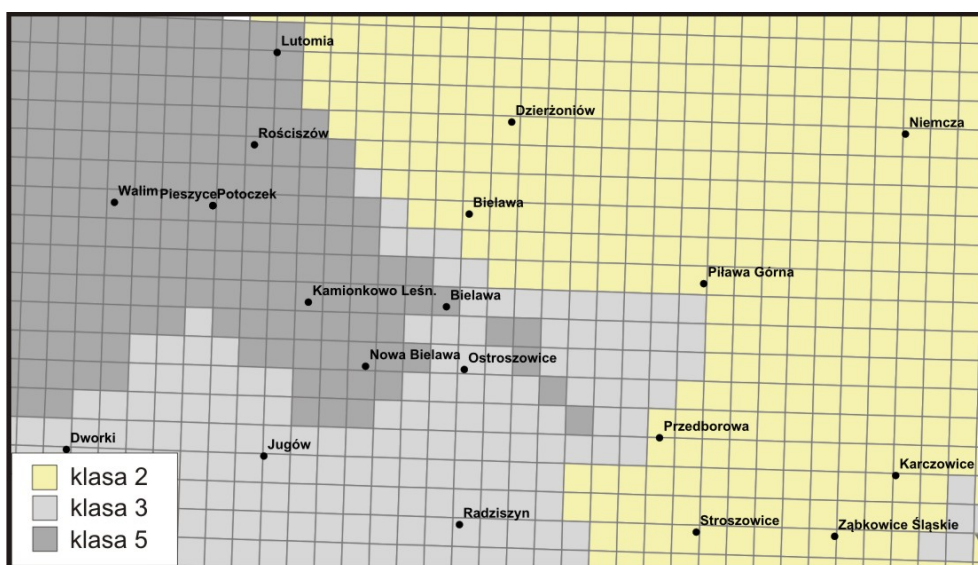


Rys. 8. Schemat działania systemu analiz

weryfikujący jest wydzielany ze zbioru uczącego. Dane ze zbioru weryfikacyjnego nie wpływają na proces nauki sieci, ich funkcją jest jedynie sprawdzanie poprawności uczenia sieci neuronowej.

### Rozpoznanie i klasyfikacja obszarów podobnych do otoczeń stacji pomiarowych

Po zakończeniu procesu nauki sieci jest ona zdolna do klasyfikacji obszarów na podstawie atrybutów używanych podczas nauki. Zbiór do rozpoznania zawierający zestawione atrybuty dla każdej jednostki powierzchniowej z całego obszaru badawczego wprowadzany jest na warstwę wejściową sieci. Dla każdego rekordu danych otrzymujemy odpowiedź warstwy wyjściowej, w postaci wartości aktywacji neuronów. Zaliczenie do odpowiedniej klasy (skupienia) odbywa się poprzez ustalenie wartości progowej, po przekroczeniu której odpowiedź uznajemy za istotną. Możliwa jest oczywiście sytuacja, w której uzyskamy odpowiedź niejednoznaczną. Najczęściej jest to spowodowane próbą klasyfikacji jednostek powierzchniowych, które różnią się znacząco od wzorców przyjętych w procesie nauki. Jest to oczywiście związane z liczbą stacji pomiarowych. W zależności od struktury sieci neuronowej możliwe jest wprowadzenie dodatkowych neuronów wyjściowych, które umożliwiają inną odpowiedź oznaczającą brak rozpoznania. Optymalizacja struktury sieci będzie tematem odrębnego opracowania. Wynik klasyfikacji sieci neuronowej w wybranych rejonach Dolnego Śląska przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Fragment obszaru badawczego z przykładem klasyfikacji za pomocą sztucznych sieci neuronowych między otoczeniami stacji pomiarowych

## Podsumowanie

Realizacja zadania klasyfikacji obszarów wymaga współdziałania systemów informacji przestrzennej oraz zewnętrznych programów eksperckich realizujących funkcje i metody obliczeniowe z zakresu statystyki oraz sztucznych sieci neuronowych. W wyniku przeprowadzonych prac wykazano możliwość zastosowania sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji obszarów na podstawie wybranych warunków przyrodniczych określających roz-



kład zjawiska. Analizy wykazały, że wynik klasyfikacji w znacznym stopniu zależy od wyboru jednostek odniesienia i ich atrybutów, przyjętych jako wzorce przy tworzeniu zbioru do nauki sieci. Na obszarach nizinnych wzorce mogą być przyjęte automatycznie z otoczenia kolistej stacji pomiarowych, natomiast wraz ze wzrostem zróżnicowania rzeźby terenu (obszary podgórskie i górskie) wzorce powinny być starannie dobierane przez eksperta, ze względu na dużą zmienność kierunkową cech sąsiednich jednostek odniesienia. Każda metoda klasyfikacji wzorcowej wymaga podania wzorców z pełnego zakresu zmienności atrybutów opisujących jednostki odniesienia, istotna jest więc liczba oraz lokalizacja stacji pomiarowych. Wyniki klasyfikacji mogą służyć planowaniu rozmieszczenia dodatkowych stacji pomiarowych, zwłaszcza w rejonach niezakwalifikowanych do żadnej z klas.

### Literatura

- Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, 2008: Pawlak W. (red. odpow.) Pawlak J. (red. kartogr.), Bac-Bronowicz J. (oprac. red.). Pracownia Atlasu Dolnego Śląska Uniwersytetu Wrocławskiego.
- ArcGIS Desktop Tutorials. 09. 2011. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm>
- Bac S., 1997: Estimate of the reliability of information on atmospheric precipitation, Acta Univ. Wratisl.
- Bac S., Bac-Bronowicz J., Wzorek Z., 1992.: Warunki agroklimatyczne w Sudetach, ZNAR we Wrocławiu, 214 s.
- Bac-Bronowicz J., 1997: Konstrukcja wielocechowych map regionów opadowych na przykładzie obszaru Dolnego Śląska. Klimatyczne warunki produkcji roślinnej, Rolnictwo, Vol. 345, Puławy.
- Bac-Bronowicz J. 2000: The problem of determination of the boundary line for climatological regions in Lower Silesia. Prace Geograficzne, Vol. 107. Kraków. [http://www.igig.up.wroc.pl/download/Bac-Bronowicz-Prace\\_Geograficzne\\_107\\_2000-The\\_problem.pdf](http://www.igig.up.wroc.pl/download/Bac-Bronowicz-Prace_Geograficzne_107_2000-The_problem.pdf)
- Bac -Bronowicz J., 2001: Possibilities of Environmental Data Interpretation in Groundwork with Elementary Geometric Fields; an Example of Precipitation. Proc. 20th ICC nr 386, Pekin.
- Bac-Bronowicz J., 2003: Określanie wiarygodności informacji uzyskanej z modeli numerycznych rozkładu elementów przyrodniczych na przykładzie opadu atmosferycznego. *Geoinformatica Polonica* nr 5. Polska Akademia Umiejętności, Kraków.
- Bac-Bronowicz J., 2006: Choice of acceptable intervals of types and values of topographic factors as the possibilities to determine the reliability zones of transferred information of continuous features measured in point. Reports on Geodesy. Warsaw University of Technology.
- Bac-Bronowicz J., 2007: GIS as a useful tool for Spatial Distribution of Climate Parameters Observed in Point Over Relatively Long Period of Time. Proceedings of Map Asia 2007, Kuala Lumpur. <http://www.gisdevelopment.net/application/environment/climate/ma0772.htm>
- Bac-Bronowicz J., 2008: Mapy A-G s.46. Opady atmosferyczne 1951-1980. [W:] Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. Wyd. 2, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Bac-Bronowicz J., 2010.: Accuracy the existing geo-information sources related to point data used in digital cartographic models. *Geoinformatica Polonica*, Vol. 10, Polska Akademia Umiejętności, Kraków. [http://www.geoinformatica.agh.edu.pl/pdfy/GEOINFORMATICA\\_POLONICA\\_10-2010.pdf](http://www.geoinformatica.agh.edu.pl/pdfy/GEOINFORMATICA_POLONICA_10-2010.pdf)
- Bac-Bronowicz J., Borkowski A., 2003: O możliwościach określenia wielowariantowego pola podstawowego dla wartości opadu atmosferycznego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Wrocław.
- Burrough P.A., Wilson J., van Gaans P., Hansen A., 2001: Fuzzy k-means classification of topo-climatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA. *Landscape Ecology*. Vol 16.
- Dmowska A., 2008: Klasyfikacja Pojezierzy Południowobałtyckich i Pojezierzy Wschodniobałtyckich w oparciu o kryterium morfometryczne. *Landform Analysis*, Vol. 9.
- Domański R., 1983: Teoretyczne podstawy geografii ekonomicznej. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Easterling D.R., Karl T.R., Lawrimore J.H., Del Greco S.A., 1999: United States Historical Climatology Network Daily Temperature, Precipitation, and Snow Data for 1871-1997. ORNL/CDIAC-118, NDP-070. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee.
- Gatnar E., 1998: Symboliczne metody klasyfikacji danych. PWN. Warszawa.

- Grzempowski P., 2011: Integracja danych z wykorzystaniem systemu GIS na potrzeby interpretacji wyników badań geodynamicznych. Poster, konferencja pt. „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”, Wrocław 02-04.06.2011.
- Lorenc H., 1996: Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce. Mat. Badawcze IMGW, ser. Meteorologia, 25.
- Kondracki J., 2009: Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- Krzywicka-Blum E., Bac-Bronowicz J., 1997: Regionalisation based on agricultural environment. Proc. of XVIII International Cartographic Conference (ICC), Stockholm.
- Morajda J., 2011: Problematyka przetwarzania informacji jakościowej w modelowaniu neuronowym. [http://www.pitwin.edu.pl/attachments/944\\_026%20Morajda%20-%20Problematyka.pdf](http://www.pitwin.edu.pl/attachments/944_026%20Morajda%20-%20Problematyka.pdf)
- Maciejowski W., 2009: Regionalizacja fizycznogeograficzna – przeszłość czy przyszłość geografii fizycznej? Problemy ekologii krajobrazu. t. XXIII.
- Obrębska-Starkel B., 1977: Typologia i regionalizacja fenologiczno-klimatyczna na przykładzie dorzecza górnej Wisły. Rozprawy IG UJ, 17.
- Okołowicz W., 1978: Regiony klimatyczne. Narodowy Atlas Polski. Ossolineum.
- Podlacha K., Szeliga K., 1999: Układy odniesień przestrzennych w aspekcie tworzenia i funkcjonowania SIP w Polsce. Prace IGiK, t. XLVI, z 99, Warszawa.
- Romer E., 1949: Regiony klimatyczne Polski. Pr. Wroc. Tow. Nauk. Ossolineum.
- Richling A., 1992: Kompleksowa geografia fizyczna. PWN, Warszawa.
- Richling A., Ostaszewska K. (red), 2006: Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- Stach, A., 2006: Analiza przestrzenna danych jakościowych. Aplikacje geologiczne. Polskie Towarzystwo Geologiczne i Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Streszczenia referatów wygłoszonych w 2005 roku, Skoczylas J. (red.), t. XIV.
- Stach A., 2010: Ocena przestrzenna opadów, [W:] GIS-woda w środowisku. BWN, Poznań.
- Stuttgart Neural Network Simulator, User Manual, Version 4.1, University of Stuttgart, Institute for Parallel and Distributed High Performance Systems (IPVR). <http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/SNNS/UserManual/UserManual.html>
- Wieczorek M., Żyszkowska W., 2011: Geomorfometria – parametry morfometryczne w charakterystyce rzeźby terenu. *Polski Przegląd Kartograficzny* t. 43, nr 2.
- Wiszniewski W., 1953: Atlas of precipitation in Poland, 1891-1930, PIHM, WK, Warszawa.
- Wiszniewski W., Chelchowski W., 1975: Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatyczna Polski. Wyd. Komunikacji i Łączności.
- Woś A., 1995: Zarys klimatu Polski. BWN, Poznań.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora Z., 2008: Regionalizacja termiczno-opadowa Polski w okresie globalnego ocieplenia. *Acta Agrophysica* 11(3).

### **Abstract**

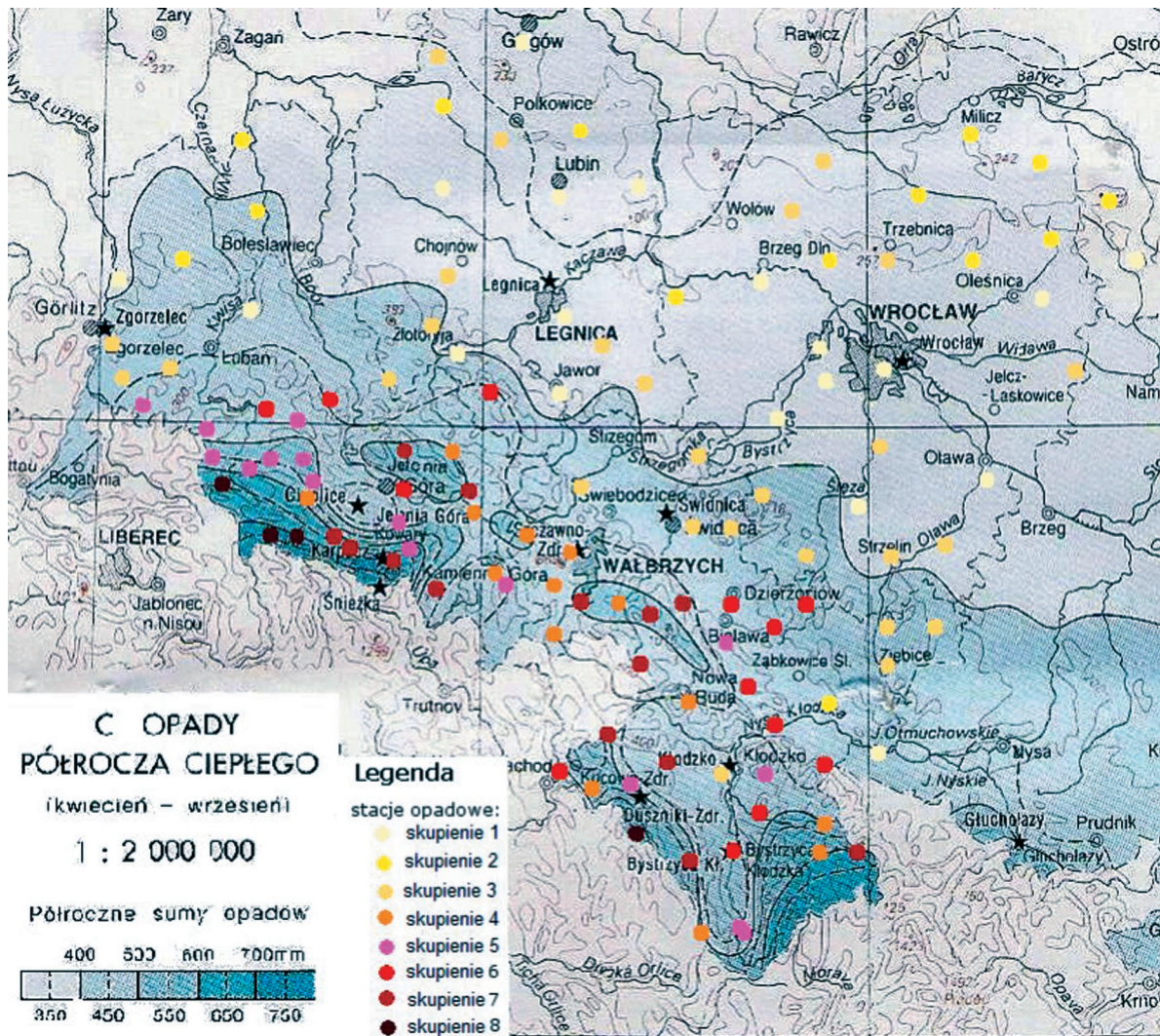
*The aim of research is to classify the areas according to selected environmental data in relation to precipitation in Lower Silesia. The classification is to emphasize features which distinguish individual areas and, at the same time, influence spatial distribution of precipitation. Multi-feature classification is made with the use of statistical methods and artificial neural networks.*

*The sources of selected qualitative and quantitative data, and the methods of processing and creating relations between the features are presented in the paper. There are also tests of the possibilities of applying existing and programming tools in ArcGIS system to spatial analyses crucial for preparing data used for special-purpose software.*

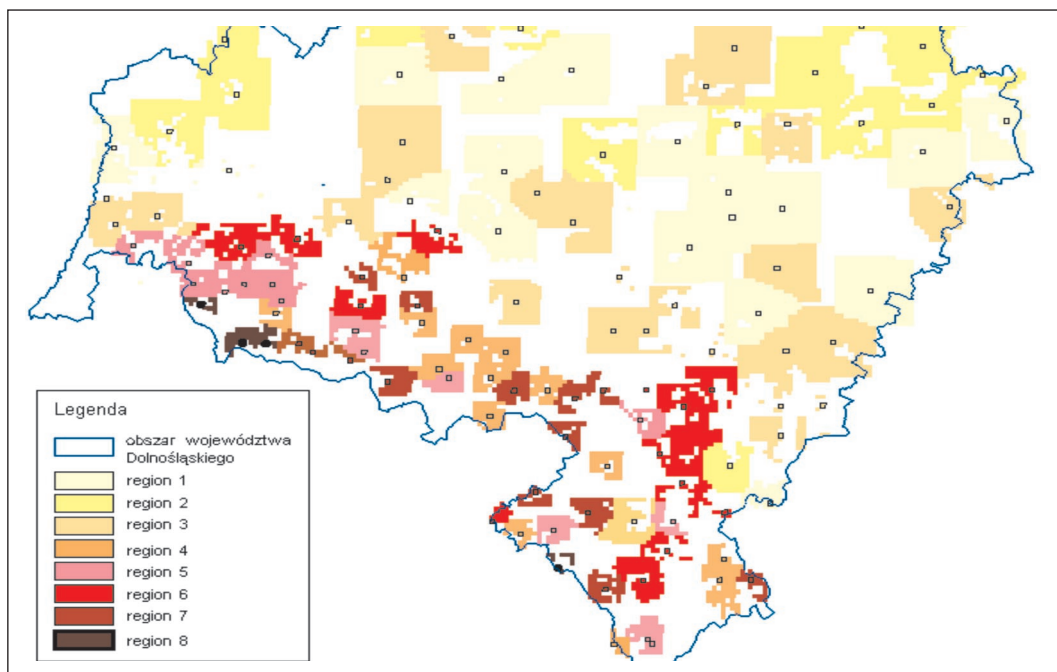
*One of the final effects are the maps of areas distinguished on the basis of the types of environmental conditions.*

dr inż. Joanna Bac-Bronowicz  
joanna.bac-bronowicz@igig.up.wroc.pl

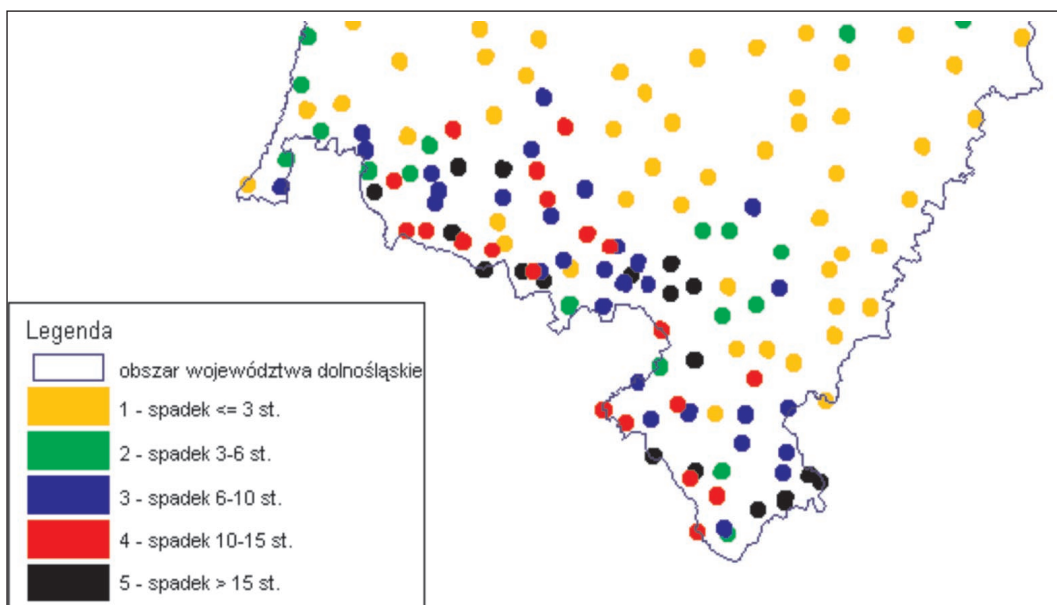
dr inż. Piotr Grzempowski  
piotr.grzempowski@igig.up.wroc.pl



Rys. 2.  
Wielocechowy podział na klasy (skupienia) wartości opadu w stacjach pomiaru na tle rozkładu opadu w półroczu ciepłym (Atlas ..., 2008)



**Rys. 3.** Obszary wokół stacji opadowych z podziałem na klasy opadowe



**Rys. 4.** Nachylenie terenu w miejscach lokalizacji posterunków opadowych