



Joanna Bac-Bronowicz, Andrzej Borkowski

**O MOŻLIWOŚCIACH OKREŚLENIA
WIELOWARIANTOWEGO POLA PODSTAWOWEGO
DLA WARTOŚCI OPADU ATMOSFERYCZNEGO***

**POSSIBILITIES OF DETERMINATION OF VALUES
OF MEDIAN RAINFALL IN MULTI-VARIANT REFERENCE UNIT**

*Katedra Geodezji i Fotogrametrii, Akademia Rolnicza, Wrocław
e-mail: bac-bronowicz@kgf.ar.wroc.pl, borkowski@ar.wroc.pl
Department of Geodesy and Photogrammetry, Agricultural University of Wrocław*

STRESZCZENIE: W pracy zaproponowano kilka sposobów podejścia do zagadnienia uzyskania informacji ciągłej, na podstawie modelu zjawiska, który został skonstruowany na podstawie danych skalarnych. Dla każdego z zaproponowanych sposobów przedstawiono możliwości oceny wiarygodności obliczonych wartości, zwłaszcza w miejscach bez dostatecznej reprezentacji punktów wyznaczających. Przykładem, na którym testowano różne sposoby podejścia do uzyskania informacji ciągłej był opad atmosferyczny, gdyż obecnie do budowy modeli elementów klimatu z konieczności muszą służyć wszystkie dostępne dane o różnym stopniu wiarygodności.

Pierwszym zaproponowanym sposobem wyznaczenia pola podstawowego dla danych skalarnych jest wyznaczenie zasięgu pól o jednakowych wartościach na podstawie poligonów Thiessena. Następnie przeanalizowano możliwość wyznaczenia zasięgu pola wielowariantowego wielkości opadu stosując analizę skupień. Analizę podobieństwa obiektów wykonano w oparciu o wielowymiarową standaryzowaną odległość Euklidesową na podstawie 12 wartości opadu w różnych okresach pomiarowych. Wielkość pola można także próbować określić na podstawie korelacji pomiędzy skalarnym polem opadów atmosferycznych a zmiennością rzeźby terenu. W tym celu aproksymowano skalarnie pole opadów funkcją sklejaną minimalnej krzywizny. Obliczenia przeprowadzono również interpolując wielkość opadu w funkcji przestrzennego położenia stacji, uwzględniając wysokość stacji n.p.m.

SŁOWA KLUCZOWE: pole podstawowe, opad atmosferyczny, mozaika voronoi, analiza skupień, splajn minimalnej krzywizny

WSTĘP

Wiarygodność parametrów, charakteryzujących przyrodnicze zjawiska ciągłe, uzyskana wtórnie z modeli rozkładu ich wartości, zależy głównie od reprezentatywności

* Artykuł na podstawie prac prowadzonych w ramach projektu badawczego KBN nr 8T12E04221.

danych dla charakteru zmienności zjawiska. Szczególnie podatne na niejednoznaczne wyniki modelowania są zjawiska ciągle określone na podstawie niedostatecznej liczby punktów wyznaczających. Informacje przetworzone, uzyskane z takich modeli, wchodzące do baz systemów informacji geograficznej, aby być użytecznymi powinny mieć określoną wiarygodność lokalną.

Przykładem, na którym testowano różne sposoby podejścia do uzyskania informacji ciągłej, na podstawie skonstruowanego z danych skalarnych modelu zjawiska, był opad atmosferyczny. Do modelowania warunków opadu atmosferycznego wykorzystuje się przede wszystkim średnie wartości wieloletnie. Obecnie do budowy modeli elementów klimatu z konieczności muszą służyć wszystkie dostępne dane o różnym stopniu wiarygodności. Z tego powodu informacje pozyskane z modelu zawsze będą zawierały pewien stopień niepewności, zarówno z powodu błędów w danych, na których oparta jest analiza, jak i z powodu niedoskonałości procedur ich przetwarzania

1. ZAKRES BADAŃ

Badania przeprowadzono dla obszaru Dolnego Śląska. Wykorzystano dane z 43 stacji pomiarowych rejestrujących opad atmosferyczny w okresie od 1971 roku do 2001. Informacje o ich położeniu pochodzą z materiałów archiwalnych oraz baz danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Do wyznaczenia ciągłych wartości opadu atmosferycznego, w różnych okresach pomiarowych dla całego obszaru Dolnego Śląska, liczba stacji obserwacyjnych jest niedostateczna, a ich rozkład częściowo niereprezentatywny.

2. METODY WYZNACZANIA POLA PODSTAWOWEGO

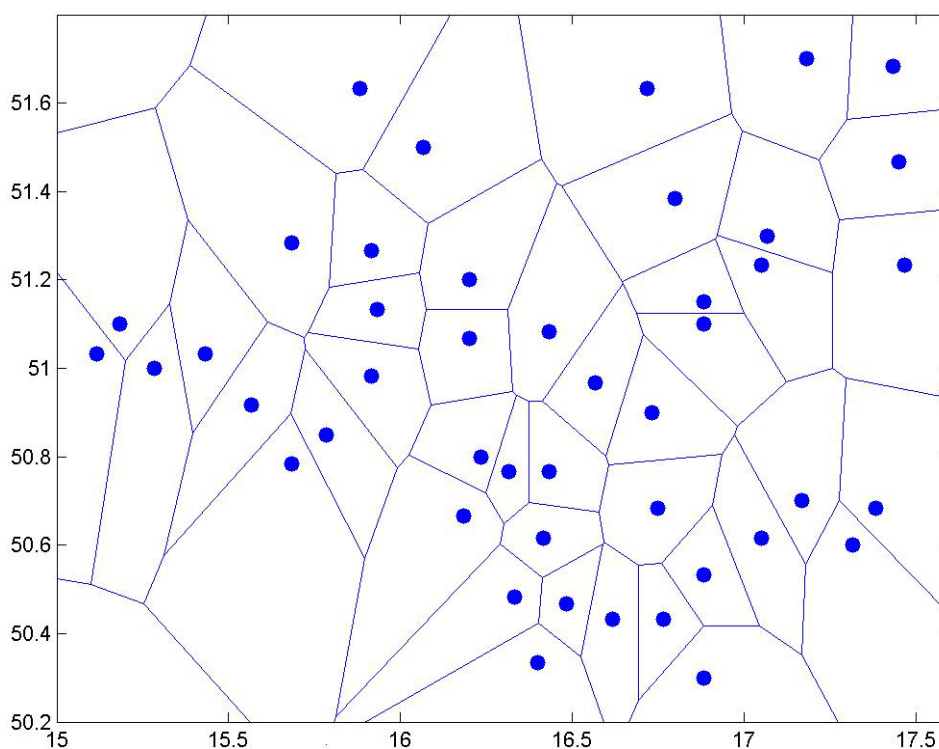
Poprawność i przydatność wyników procesu modelowania kartograficznego w dużym stopniu zależy od prawdziwości, pełności i reprezentatywności danych. Szczególne znaczenie stwierdzenie to ma w erze szybko tworzonych systemów informacji przestrzennej, które przyspieszyły i uprościły zdobywanie informacji i ich przekazywanie. Dzięki systemom łatwo i szybko można łączyć i integrować duże zbiory danych. Dzisiejsi użytkownicy systemów informacji wymagają poprawnych i precyzyjnych interpretacji średnich wartości z różnych okresów pomiarowych oraz określenia wiarygodności tych informacji w skalach lokalnych. Często oczekiwanymi informacjami są wartości parametrów klimatycznych w każdym polu podstawowym systemu GIS. Z tego powodu rozwój studiów nad możliwościami prawidłowej interpretacji jest niezbędny. Tworzenie odpowiednich map syntetycznych uwzględniających uwarunkowania klimatyczne w systemach GIS wymaga precyzyjnej informacji o danych klimatycznych połączonych z metadanymi na temat ich dokładności.

2.1. Pole podstawowe jako mozaika Voronoi

Najprostszym sposobem wyznaczenia pola podstawowego dla danych skalarnych jest określenie zasięgu jego granic na podstawie poligonów Thiessena (Boots, 1987), które powstają z połączenia symetralnych poszczególnych boków triangulacji Delaunay

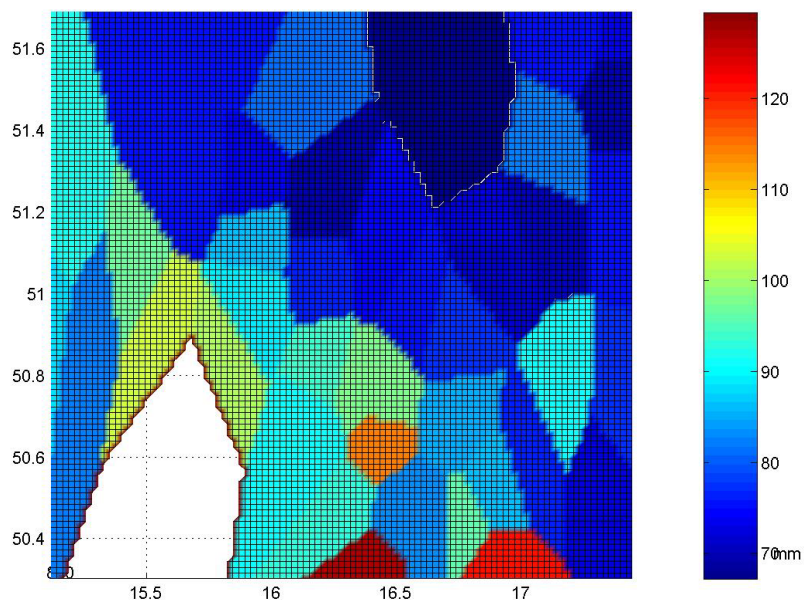
(ewentualne deformacje tego warunku na rysunkach wynikają z ich deformacji afinicznej). Tak określone granice (rys. 1, 2) zależą tylko od powierzchniowego rozkładu stacji pomiarowych. Wstępnej oceny rozkładu wartości można dokonać obserwując zmienność określanego zjawiska za pomocą kartogramu bryłowego (rys. 3). Prześledzić można w ten sposób różnice wartości w poszczególnych polach podstawowych. Analizując miejsca o dużych skokach wartości na granicach pól określić można obszary, w których należy zwrócić szczególną uwagę na sposób określania wartości pośrednich między punktami wyznaczającymi. Wyznaczyć w ten sposób można strefy niepewności informacji i włączyć takie obszary do procesu określania rozkładu wartości, poza punktami wyznaczającymi. Pomocą w określaniu rozkładu wartości mogą być parametry wcześniej uznane za istotne przy określaniu rozkładu danego zjawiska (np. na rozkład temperatury powietrza ma wpływ wysokość terenu nad poziomem morza i położenie obszaru względem równika).

Metoda mozaiki Voronoi może okazać się, w przypadku opisanych badań, niewystarczającym sposobem na określenie rozkładu przestrzennego zjawisk określonych punktowo dla danych o dużej zmienności przestrzennej i niewystarczającej liczbie punktów wyznaczających.

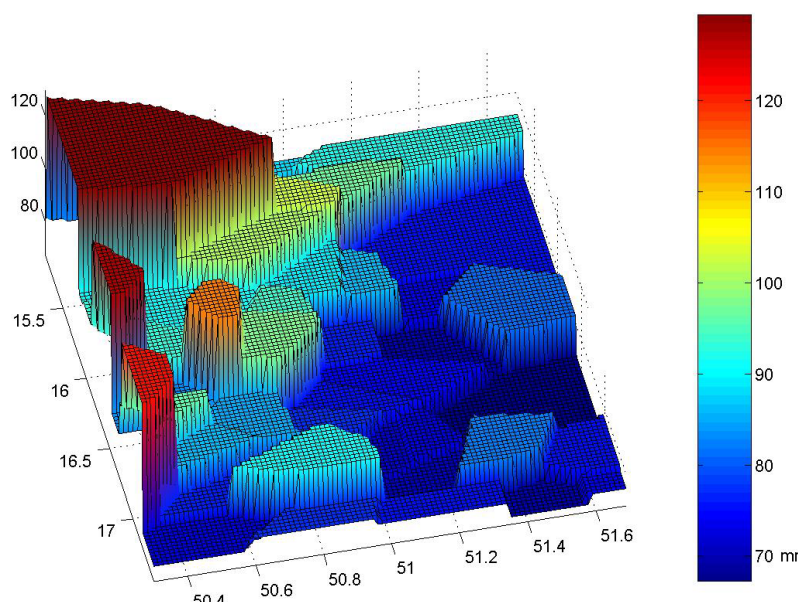


Rys. 1. Wyznaczenia pola podstawowego dla danych skalarnych na podstawie poligonów Thiessena

Fig. 1. Construction of elementary fields on the base of Thiessen's polygons



Rys. 2. Średnia wartość opadu atmosferycznego w okresie maja i czerwca z okresu 1971–1980
Fig. 2. Average sum of precipitation. May and July (1971–1980)



Rys. 3. Blokogram z średniej wartość opadu atmosferycznego w okresie maja i czerwca z okresu 1971–1980
Fig. 3. Blockdiagram of average sum of precipitation. May and July (1971–1980)

3. ANALIZA SKUPIEŃ

Następnym z przeanalizowanych sposobów określenia przestrzennego rozkładu informacji na podstawie danych punktowych było zastosowanie podziału wartości parametrów na klasy za pomocą analizy skupień. W metodzie tej dokonuje się podziału obiektów (w naszym przypadku stacji meteorologicznych) na klasy na podstawie podobieństwa obiektów, którego miernikiem jest odległość pomiędzy obiektami. Ponieważ cechami (współrzednymi) definiującymi położenie obiektów mogą być zarówno współrzędne przestrzenne jak i wielkości opadów,

$$\mathbf{x} = [x \ y \ z \ w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]^T,$$

odległości pomiędzy obiektami określono jako standaryzowaną odległość euklidesową:

$$d_{ij}^2 := (\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i)^T \mathbf{P} (\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i), \quad (1)$$

gdzie: $\mathbf{P} = \text{diag}(1/\sigma_x^2)$. Miarę rozrzutu poszczególnych cech od wartości średniej

$\bar{\mathbf{x}}$ obliczono z zależności:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^T (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}). \quad (2)$$

W kolejnym kroku dokonano grupowania obiektów w hierarchiczne drzewo binarne (dendrogram) za pomocą funkcji wiązań. Jako funkcję wiązań zastosowano średnią odległość pomiędzy wszystkimi parami obiektów grupy r i s

$$d(r, s) = \frac{1}{n_r n_s} \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{j=1}^{n_s} \text{dist}(\mathbf{x}_{r,i}, \mathbf{x}_{s,j}) \quad (3)$$

Ostatecznie podział dendrogramu na klastry dokonuje się w oparciu o tak zwany współczynnik niezgodności lub w oparciu o zadaną liczbę klastrów.

Analizę skupień dla pola opadów przeprowadzono w dwóch wariantach. Za każdym razem cechami opisującymi analizowane pole były wielkość opadu w dwunastu okresach pomiarowych. Ponadto w wariacie pierwszym wzięto pod uwagę rozmieszczenie stacji meteorologicznych. Wyznaczając zasięg pola wielowariantowego wyznaczono obszary podobne pod względem wielkości opadu w wybranych okresach pomiarowych ustalając zakres jego zmienności w poszczególnych klasach. Podział stacji na obszary o podobnych parametrach opadu otrzymany w wyniku analizy skupień przedstawia rysunek 4. Parametry charakteryzujące poszczególne klasy zestawiono w tabeli 1.

W drugim wariacie klasyfikacji stacji meteorologicznych zbiór cech charakteryzujących poszczególne stacje rozszerzono o rozmieszczenie przestrzenne stacji, tzn. nie tylko o odległość pomiędzy stacjami ale także wysokość stacji nad poziomem morza. Analizę podobieństwa obiektów wykonano w oparciu o ten sam algorytm. Wyniki klasyfikacji zilustrowano na rysunku 5 a parametry charakteryzujące poszczególne klasy zestawiono w tabeli 2. Porównanie obydwu wariantów klasyfikacji pokazuje, że określenie granic poszczególnych typów rozkładu opadu jest bardziej wiarygodne w wariacie drugim. Potwierdza to również konfrontacja wyników z historycznymi granicami regionów uznanych za podobne pod względem rozkładu opadu (z okresu przed II Wojną Światową).

Tabela 1.
Table 1.Wartości opadów w klasach – wariant I
Means values of parameters in classes

	1971-1980			1981-1990			1991-2000			1971-2000			
	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	
	53	64	53	52	66	53	55	67	55	55	68	54	minimum
	63	79	62	66	76	60	60	76	60	62	76	59	max
klasa A	58	74	59	60	70	57	58	71	56	59	72	57	średnia
	58	69	57	55	70	56	60	70	56	58	71	57	minimum
	68	83	64	64	79	60	66	82	62	63	78	61	max
klasa B	62	76	61	60	74	57	62	75	59	61	75	59	średnia
	66	79	65	63	64	58	58	72	57	64	74	61	minimum
	82	97	76	71	81	66	67	82	65	71	82	67	max
klasa C	72	87	69	68	72	62	62	76	60	67	78	64	średnia
	82	85	71	67	76	63	68	76	66	73	82	68	minimum
	89	98	80	78	87	70	82	94	77	81	92	75	max
klasa D	86	91	76	73	82	67	75	86	72	78	86	71	średnia
	77	91	77	58	70	58	70	86	67	71	84	67	minimum
	85	100	80	69	73	64	78	89	75	75	86	73	max
klasa E	81	96	78	64	72	61	74	88	71	73	85	70	średnia
	75	81	71	70	96	72	76	82	69	76	88	73	minimum
	92	102	86	77	106	79	88	103	81	83	101	80	max
klasa F	83	93	80	74	99	76	81	94	77	79	95	78	średnia
	87	107	83	77	88	71	71	85	70	82	96	77	minimum
	117	122	100	90	101	85	84	115	89	93	104	86	max
klasa G	99	113	90	85	92	78	79	97	79	88	101	82	średnia
	114	109	101	98	100	89	97	121	96	105	116	96	minimum
	118	137	111	110	124	102	103	129	105	109	125	106	max
klasa H	116	124	105	105	112	96	99	126	101	107	121	101	średnia

Tabela. 2.
Table 2.Średnie wartości parametrów w klasach
Means values of parameters in classes

	1971-1980			1981-1990			1991-2000			1971-2000			minimum max średnia minimum max średnia minimum max średnia minimum max średnia minimum max średnia minimum max średnia minimum max średnia
	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX	
	53	64	53	52	66	53	55	67	55	55	68	54	
	68	83	64	66	79	60	66	82	62	63	78	61	
klasa A	60	75	60	60	72	57	60	73	58	60	73	58	
	66	79	65	63	64	58	58	72	57	64	74	61	
	82	97	76	71	81	66	67	82	65	71	82	67	
klasa B	72	87	69	68	72	62	62	76	60	67	78	64	
	77	91	77	58	70	58	70	86	67	71	84	67	
	85	100	80	69	73	64	78	89	75	75	86	73	
klasa C	81	96	78	64	72	61	74	88	71	73	85	70	
	82	85	71	67	76	63	68	76	66	73	82	68	
	89	98	80	78	87	70	82	94	77	81	92	75	
klasa D	86	91	76	73	82	67	75	86	72	78	86	71	
	75	81	71	70	96	72	76	82	69	76	88	73	
	92	102	86	77	106	79	88	103	81	83	101	80	
klasa E	83	93	80	74	99	76	81	94	77	79	95	78	
	97	107	88	77	88	71	71	85	70	82	96	77	
	117	122	100	90	96	81	84	98	81	93	104	86	
klasa F	104	115	93	84	91	76	77	94	76	88	100	82	
	87	110	83	83	88	78	81	93	79	86	101	83	
	93	110	86	89	101	85	83	115	89	86	104	84	
klasa G	90	110	85	86	94	81	82	104	84	86	103	83	
	114	109	101	98	100	89	97	121	96	105	116	96	
	118	137	111	110	112	102	98	127	105	109	125	106	
klasa H	116	124	105	105	112	96	99	126	101	107	121	101	

Wydaje się, że wiarygodne wyniki zasięgu pola wielowariantowego wielkości opadu można uzyskać stosując analizę skupień, jednak wysokość stacji jako jedna z cech tego pola nie może być pominięta w procesie klasyfikacji. Analiza skupień nie daje jednak jednoznacznej informacji o przebiegu granic pomiędzy poszczególnymi klastrami. Wyznaczenie konkretnych granic między skupieniami nie może opierać się jednak jedynie na interpolacji. Przy określaniu zasięgu regionów należy wziąć pod uwagę: przebieg granic jednostek fizycznogeograficznych, przeszkody morfologiczne, podobieństwa w pokryciu terenu, rozkład odpowiednich parametrów w innych okresach pomiarowych (Bac-Bronowicz, 1993, 2001).

4. APROKSYMACJA FUNKCJAMI SKLEJANYMI

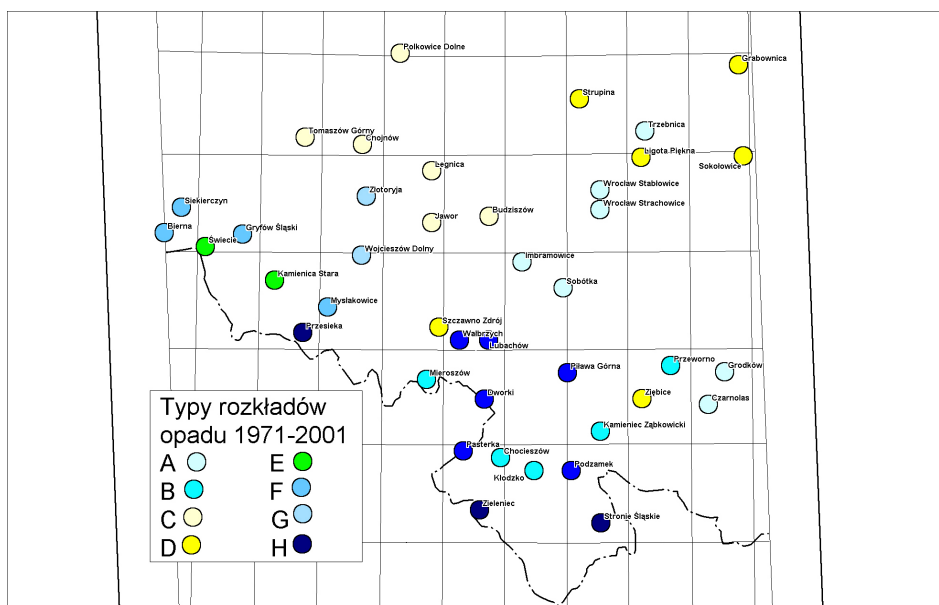
Ciągłe modele rozkładów, wartości parametrów określonych w punktach, interpoluje się na podstawie z góry założonego zbioru kryteriów dla analizowanego obszaru. Jeżeli punkty nie są wystarczająco reprezentatywne do określenia rozkładu zjawiska to może się zdarzyć, że między punktami wyznaczającymi w rzeczywistości wystąpią wartości parametrów niemożliwe do określenia na podstawie obliczeń. Wydaje się w takich przypadkach celowe określenie obszarów, na których interpolacja wartości jest mało prawdopodobna. Jeżeli przyjmie się założenie, że rozkład zjawiska jest skorelowany z rozkładem innego parametru, to na podstawie niezgodności kształtu obu modeli można wyróżnić strefy ograniczonego zaufania do obliczonych wartości. W przypadku omawianego rozkładu opadu, w różnych okresach pomiarowych, za strefy obniżenia wiarygodności informacji uznano obszary, w których na podstawie pomiaru odstepu między wyznaczonymi powierzchniami wartości opadu i modelu wysokościowego terenu wykazano przecinanie się powierzchni. Jeżeli na linii interpolacyjnej między punktami wyznaczającymi wystąpią znaczne odstępstwa obu modeli, to w odpowiednich rekordach bazy zostaną wprowadzone informacje o obniżeniu wiarygodności modelowania dla tej strefy. Zapobiegnie to, między innymi, uznaniu obszaru górzystego, nie reprezentowanego przez stację pomiarową, za region o podobnych wartościach opadu – takich jak w stacjach położonych niżej, (jeżeli znajduje się on między tymi stacjami).

Wielkość pola można próbować określić na podstawie korelacji pomiędzy skalar-nym polem opadów atmosferycznych a zmiennością rzeźby terenu. W tym celu aproksymowano skalarnie pole opadów funkcją sklejaną minimalnej krzywizny (thin plate spline, Aronov, 1990)

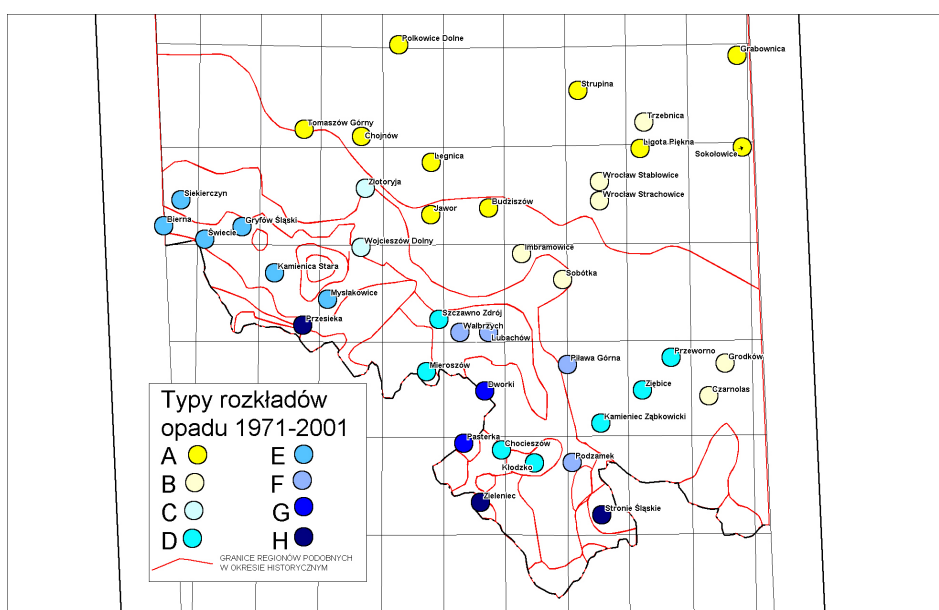
$$w(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i^2 \ln r_i^2 + v_0 + v_1 x + v_2 y, \quad (4)$$

której parametry λ_i oraz v_i wyznacza się rozwiązując odpowiedni układ równań liniowych dla danych stacji pomiarowych. r jest odległością pomiędzy punktami, $r_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2$.

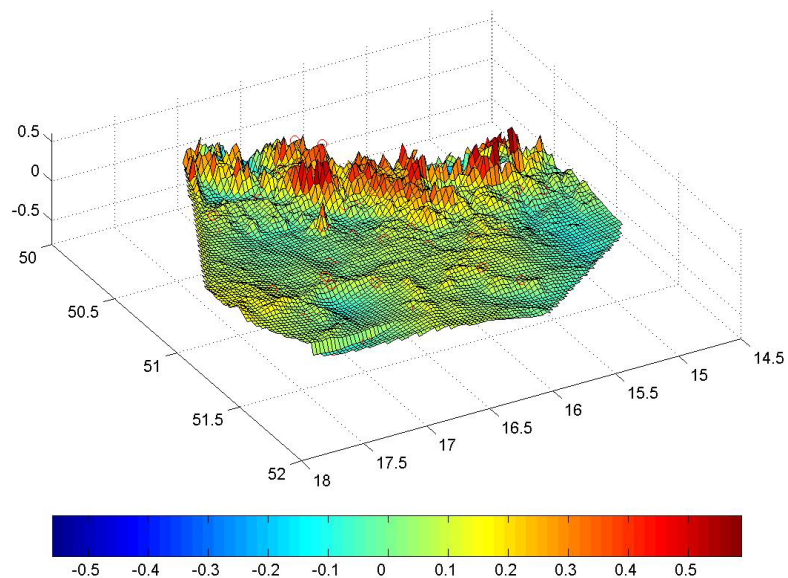
W oparciu o (4) wyinterpolowano wielkości opadu w punktach gęstej siatki NMT. Utworzono następnie odpowiednio standaryzowane pole różnicowe opadów i NMT (rys. 6). Zmienność tego pola może być podstawą do określenia zasięgu pola podstawowego dla poszczególnych stacji pomiarowych.



Rys. 4. Wyznaczenie obszarów o podobnym rozkładzie opadu – wariant I
 Fig. 4. Groups of similar parameters connected with precipitation – variant I

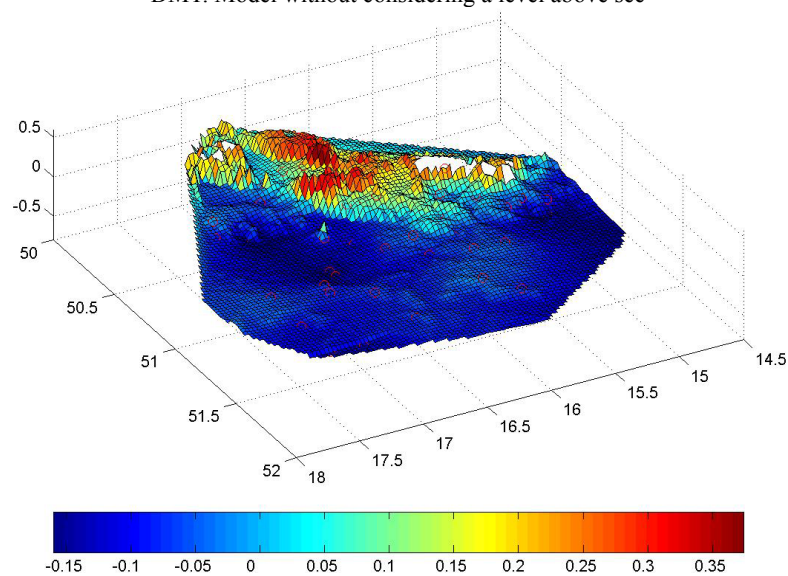


Rys. 5. Wyznaczenie obszarów o podobnym rozkładzie opadu – wariant II
 Fig. 5. Groups of similar parameters connected with precipitation – variant II



Rys. 6. Standaryzowane pole różnicowe sumy opadu okresu wegetacyjnego 1971–2001 i NMT.
Model interpolowany bez uwzględnienia wysokości n.p.m.

Fig. 6. Standardized reference unit of sums of precipitation in vegetation period (1971–2001) and DMT. Model without considering a level above sea



Rys. 7. Standaryzowane pole różnicowe sumy opadu okresu wegetacyjnego 1971–2001 i NMT
Model interpolowany z uwzględnieniem wysokości n.p.m.

Fig. 7. Standardized reference unit of sums of precipitation in vegetation period. (1971–2001) and DMT. Model connected with level above sea

Modelowanie funkcjami sklejanymi przeprowadzono również w dwóch wariantach. W wariacie drugim wzięto pod uwagę również wysokość stacji n.p.m. a wielkość opadu interpolowano w funkcji przestrzennego rozmieszczenia stacji (x, y, h) . W przypadku trzech zmiennych funkcja sklejana minimalizująca krzywiznę modelowanej powierzchni ma postać:

$$w(x, y, h) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i^3 + v_0 + v_1 x + v_2 y + v_3 h. \quad (5)$$

r jest teraz odległością przestrzenną pomiędzy punktami, $r_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (h - h_i)^2$, natomiast parametry splajnu oblicza się podobnie jak w przypadku modelu (4). Standaryzowane pole różnicowe w tym wariacie przedstawia rysunek 7. Również w tej metodzie określania pola podstawowego widać, że nie można pominąć wysokości stacji w procesie modelowania. W wariacie drugim widać wyraźnie, że modelowane pole opadów jest lepiej skorelowane z NMT.

PODSUMOWANIE

Informacje przetworzone, wchodzące do baz systemów informacji geograficznej, powinny mieć określoną wiarygodność lokalną. Na podstawie analizy rozkładu różnic standaryzowanych, można określić obszary, gdzie przebieg opadu określony na podstawie jego modelu nie jest skorelowany z rzeźbą terenu. Jest to wskazanie, że w tych obszarach należy poszukać informacji dodatkowych o przebiegu tego zjawiska oraz przypisać mniejszą wiarygodność informacji uzyskanej z modelu. Następnym etapem oceny możliwości modelowania na podstawie dostępnych danych klimatycznych jest określenie reprezentatywności stacji pomiarowej ze względu na wysokość bezwzględna terenu wokół stacji – reprezentatywności miejsca pomiaru.

Do oceny reprezentatywności wartości pomierzonych na stacjach meteorologicznych proponuje się również wygenerowanie numerycznego „pseudomodelu terenu” wyłącznie na podstawie wartości wysokości n.p.m punktów odpowiadających położeniu stacji pomiaru opadu atmosferycznego – eksperymentalnie przeprowadzono takie badania na Dolnym Śląsku. Do wyznaczenia tego modelu przyjęto wysokość wszystkich stacji opadowych i posterunków meteorologicznych, kiedykolwiek istniejących, zanotowanych w ogólnie dostępnych rocznikach opadowych. Pseudomodel następnie porównywano z prawidłowo wyznaczonym, na podstawie danych topograficznych, modelem numerycznym wysokości terenu. Na tej podstawie zauważono, że można wyróżnić strefy niezgodnego kształtu modeli. Za strefy obniżenia wiarygodności informacji uznano obszary, w których na podstawie pomiaru odstepu między wyznaczonymi powierzchniami (z pseudomodelu i modelu terenu) wykazano przecinanie się powierzchni. Jeżeli na linii interpolacyjnej między punktami wyznaczającymi wystąpią znaczne odstępstwa obu modeli, to w odpowiednich rekordach bazy zostaną wprowadzone informacje o obniżeniu wiarygodności modelowania dla tej strefy. Zapobiegnie to, między innymi, uznaniu obszaru górzystego, nie reprezentowanego przez stację pomiarową, za region o podobnych wartościach opadu – takich jak w stacjach położonych niżej, (jeżeli znajduje się on między tymi stacjami).

LITERATURA

- Aronov V. I., 1990: Metody postroenia kart geologo-geofizycznych priznakov i geometrizaciâ zależej нефти i gaza na EVM. Nedra, Moskva.
- Bac-Bronowicz J., 1993: Konstrukcja wieloecchowych map tematycznych na przykładzie map rozkładu przestrzennego opadów na obszarze Dolnego Śląska. ZN AR, GiUR XI, nr 231, Wrocław 1993.
- Bac-Bronowicz J., 2001: Możliwość interpretacji danych klimatycznych na podstawie jednostek fizycznogeograficznych w systemach informacji przestrzennej. Ann.UMCS, sec.B, LV/LVI, 4, s. 33–40.
- Boots B. N., 1987: Voronoi (Thiessen) Polygons. Geo Books, Norwich.

POSSIBILITIES OF DETERMINATION OF VALUES OF MEDIAN RAINFALL IN MULTI-VARIANT REFERENCE UNIT

S u m m a r y

The reliability of parameters depends mainly on the representativeness of data concerning the character of changeability of phenomenon. Those parameters characterize constant environmental phenomena and their reliability is obtained derivatively from the models of their values' distribution.

Constant phenomena qualified on the basis of insufficient number of indicating points are particular subject to diversified outcomes. The precipitation was an example on which different trials to obtain constant information on the basis of phenomenon's model constructed from the point data were tested. Mainly the average values obtained during many years are used for modeling climatic conditions. Nowadays, to create model of climate elements all available data of different levels of reliability are used. Because of that fact, information obtained from the model is always going to include uncertainty either because of mistakes in data on which the analysis is based or imperfection of their transformation procedures. In the article the following ways to indicate values on the basis of point observations are proposed: the basis field as Voronoi's mosaic, cluster analysis and approximation using spline functions.

KEY WORDS: reference unit, precipitation, voronoi mosaik, cluster analysis, thin plate spline

Recenzent: dr inż. Władysław Mierzwa, AGH Kraków