

## METODY GEOINFORMATYCZNE W OPRACOWANIACH KLIMATOLOGICZNYCH

*Grzegorz Durło*

Katedra Meteorologii i Klimatologii Leśnej, Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46, 31- 425 Kraków  
e-mail: rldurlo@cyf-kr.edu.pl

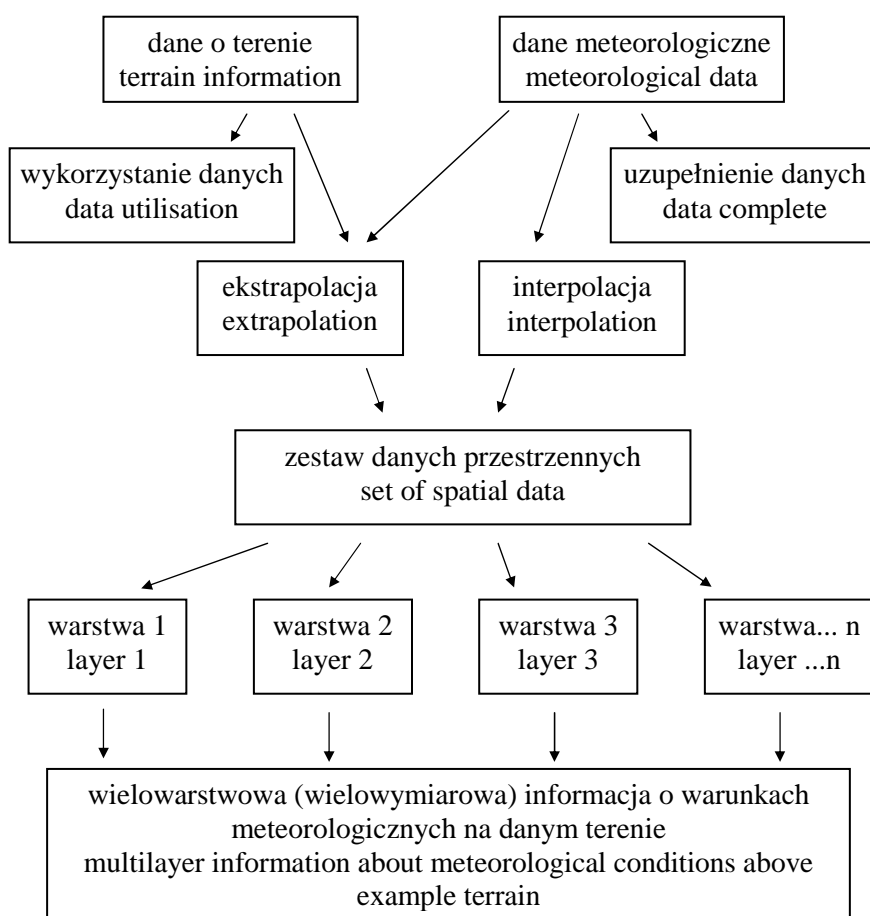
**Streszczenie.** Praca przedstawia różne warianty stosowania metod i narzędzi geoinformatycznych do wizualizacji danych przestrzennych dla potrzeb klimatologii. Wykorzystano w tym celu materiał badawczy zgromadzony w trakcie pomiarów i obserwacji meteorologicznych przeprowadzonych w latach 1997-2002 na obszarze zlewni Czarnego Potoku w Krynicy Zdrój. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano kompleksowej waloryzacji mikroklimatycznej Jaworzyny Krynickiej. Wykorzystano w tym celu zawansowane metody analizy geoinformatycznej w oparciu o procedury interpolacyjne, generalizacyjne oraz analizę przestrzenną. Do opracowań szczegółowych wykorzystano sprawdzone modele matematyczne dla oceny warunków klimatycznych. Łącznie opracowano ponad 200 warstw tematycznych dla różnych elementów meteorologicznych i wskaźników klimatycznych stanowiących podstawę opracowania kartograficznego w postaci mapy rozmieszczenia mikroklimatów na obszarze Jaworzyny Krynickiej i Doliny Czarnego Potoku.

**Słowa kluczowe:** opracowanie klimatologiczne, GIS, kartografia

### WSTĘP

W ostatnim czasie zaznaczył się wyraźny postęp w badaniach klimatologicznych związany z gromadzeniem i przetwarzaniem oraz udostępnianiem danych. Stało się tak na skutek wzrostu zainteresowania klimatem w aspekcie zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym na tle czynników wielkoskalowych i narastającej antropopresji. Towarzysząca postępowi nauk ewolucja metod statystycznych i technik geostatystycznych dostarcza coraz to nowszych narzędzi analizy danych. Jednym z tych narzędzi jest system informacji przestrzennej GIS (Geographical Information System) [3,4,8,12]. Narzędzia programowe, za pomocą których tworzone są systemy informacji przestrzennej, wyposażone są w możliwości wprowadzania danych na podstawie pomiarów, digitalizacji, wektoryzacji, teledetekcji i różnych

metod kodowania, oraz zarządzania, przetwarzania i wyprowadzania danych (prezentacji). Wszystkie te elementy pozwalają na tworzenie baz danych o odpowiedniej strukturze, pełniących nadrzędną rolę w procesie analizy geostatystycznej [2,11,12]. Geograficzny System Informacyjny stanowi połączenie zaawansowanych technologii bazy danych ze wspomaganą komputerowo kartografią. Połączenie różnych funkcji umożliwia generowanie nowych przestrzennych zestawów informacji wykorzystywanych następnie przez inne programy (rys. 1).



**Rys. 1.** Model zastosowania GIS w meteorologii i klimatologii (za Chapman, Thornes 2001)

**Fig. 1.** Utilization of GIS methods in meteorology and climatology (behind Chapman and Thornes 2001)

Zasadnicze znaczenie dla meteorologii i klimatologii mają rozwiązania pozwalające na szybką i dynamiczną organizację danych i ich przygotowanie dla analiz statystycznych i opracowań kartograficznych [1,5-7,9,12,13].

Celem pracy jest ocena przydatności wybranych technik i narzędzi geoinformacyjnych w opracowaniach klimatologicznych ze szczególnym uwzględnieniem opracowań kartograficznych.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy zgromadzono w trakcie pomiarów i obserwacji meteorologicznych przeprowadzonych w latach 1997-2002 na obszarze zlewni Czarnego Potoku w Krynicy Zdrój. Obszar badań zlokalizowany był w południowej części województwa małopolskiego, we wschodniej części Beskidu Sądeckiego, w paśmie Jaworzyny Krynickiej, w VIII Karpackiej Krainie Przyrodniczo-leśnej. Omawiany obszar rozciąga się od wysokości 600 m n.p.m. – Dolina Czarnego Potoku do 1114,0 m n.p.m. – szczyt Jaworzyny Krynickiej (rys. 2).



**Rys. 2.** Teren badań (numeryczny model terenu)

**Fig. 2.** Study area (digital terrain model)

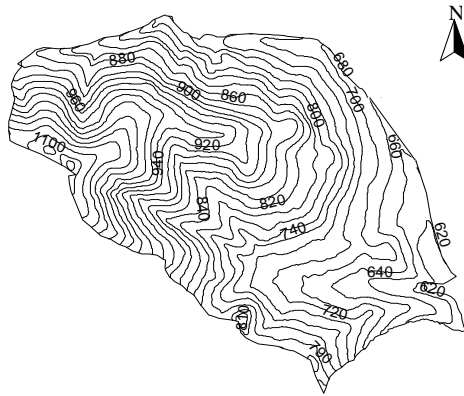
Powierzchnia objęta badaniami wynosiła 4,6 km<sup>2</sup>, w tym największy udział miała wystawa wschodnia – 37,4%, najmniejszy zachodnia 1,7% i północno-zachodnia 0,7%. Średni spadek terenu wynosił 17,5°. Na badanym terenie przeważało siedlisko lasu górskiego – 83,0%, dominował gospodarczy typ drzewostanu – bukowy i bukowo-jodłowy.

Ocena zróżnicowania mikroklimatycznego Jaworzyny Krynickiej wykonana została w oparciu o pomiary podstawowych elementów meteorologicznych wykonanych na 12 powierzchniach badawczych. Wyniki pomiarów uzyskanych w całym okresie badań porównywano z wartościami ze stacji IMiGW w Krynicy i Muszynie oraz obserwacjami ze stacji Fitoklimatycznej Katedry Klimatologii Leśnej AR w Krakowie zlokalizowanej na Kopciowej koło Krynicy. Prezentacja wyników analiz wykonana została w oparciu o system informacji geograficznej GIS. Zgromadzone dane wyjściowe podzielono na cechy geometryczne oraz informacje o atrybutach. Punktem wyjścia do opracowań kartograficznych była komputerowa baza danych o warunkach geograficznych środowiska. Informacje na temat atrybutów uzyskano dzięki następującym materiałom: operat urządzeniowy i glebowy dla Leśnictwa Jaworzyna, mapa fitosocjologiczna, operat geodezyjny, charakterystyka powierzchni badawczych, wyniki pomiarów elementów meteorologicznych, mapa wysokościowa oraz mapa gospodarcza Leśnictwa Jaworzyna.

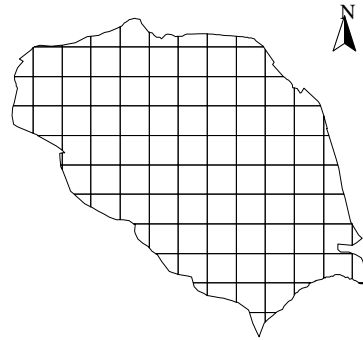
Po wykonaniu oceny przydatności danych do ukazania rozkładu przestrzennego określono związki pomiędzy wybranymi atrybutami i cechami charakteryzującymi warunki klimatyczne a następnie przystąpiono do opracowania map. Wykonano analizę numeryczną dla podstawowego modelu cyfrowego, następnie za pomocą dobranych metod interpolacji GIS (IDW, Kriging) zawartych w pakiecie oprogramowania ArcView dla Windows, opracowano wzór mapy numerycznej dla prezentacji przestrzennego zróżnicowania mikroklimatycznego dla dowolnej cechy [7].

## WYNIKI

Zastosowane w pracy techniki i narzędzia GIS wykorzystano do prezentacji przestrzennej zmienności wybranych elementów meteorologicznych i biometeorologicznych. Przygotowany na wstępie podkład wysokościowy w postaci mapy numerycznej terenu, został wykorzystany do opracowania cyfrowych modeli kartograficznych (rys. 2). Wykorzystanie zaawansowanych narzędzi GIS w postaci ArcView Spatial Analyst oraz ArcView 3D Analyst pozwoliło na połączenie informacji o ukształtowaniu terenu z danymi dotyczącymi warunków przyrodniczych i meteorologicznych jednocześnie. Zestawienie map tematycznych prezentujących rozkład wybranego elementu meteorologicznego nad danym obszarem z innymi mapami przedstawiającymi rozkłady pozostałych elementów pozwoliło na określenie zależności pomiędzy nimi i wskazanie związków przyczynowo skutkowych (rys. 3-9). W efekcie zestawienia wszystkich danych przestrzennych i wykonaniu analizy danych kartograficznych opracowano mapę mikroklimatyczną dla Zlewni Czarnego Potoku i Potoku Izwór na Jaworzynie Krynickiej (rys. 10, objaśnienia symboli w tabeli 1).



**Rys. 3.** Mapa warstwiczna, skala 1:38 000  
**Fig. 3.** Contour line map, scale 1:38 000

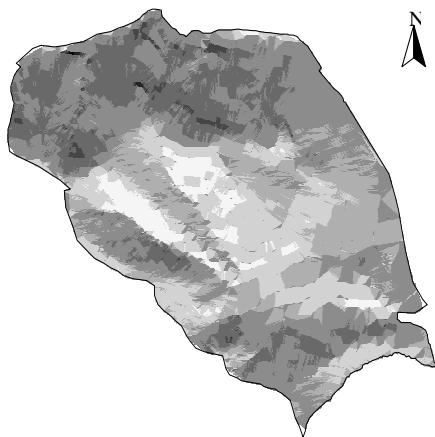


**Rys. 4.** Mapa rozmieszczenia powierzchni badawczych, skala 1:38 000  
**Fig. 4.** Localization of experimental surfaces, scale 1:38 000



Objaśnienie – Explanation: Bk – buk – beech; Brz – brzoza – birch; Jd – jodła – fir; Md – modrzew – larch; Olsz – olsza – alder; So – sosna – pine; Sw – świerk – spruce

**Rys. 5.** Rozmieszczenie drzewostanów na obszarze badań, skala 1:38 000  
**Fig. 5.** Forest stand distribution on study area, scale 1:38 000



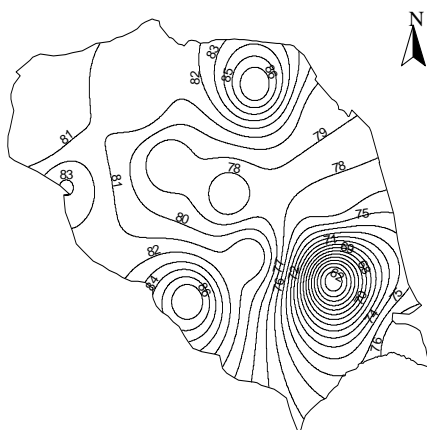
**Rys. 6.** Względne wartości bezpośredniego promieniowania słonecznego (%), skala 1:38 000

**Fig. 6.** Relative values of immediate solar radiation's (%), scale 1:38 000



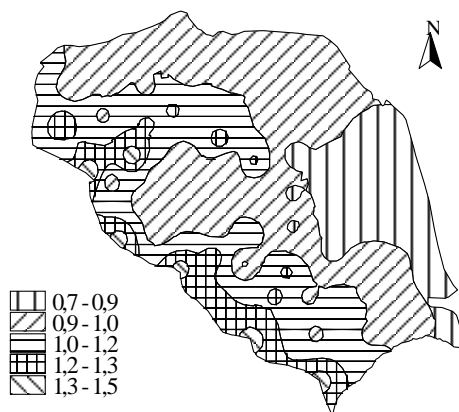
**Rys. 7.** Rozkład średniej rocznej temperatury powietrza (°C), skala 1:38 000

**Fig. 7.** Range of mean annual air temperature (°C), scale 1:38 000



**Rys. 8.** Rozkład średniej rocznej wilgotności względnej powietrza (%), skala 1:38 000

**Fig. 8.** Range of mean annual relative humidity (%), scale 1:38 000



**Rys. 9.** Względne wartości prędkości wiatru przy adwekcji powietrza z kierunku północno-zachodniego, skala 1:38 000

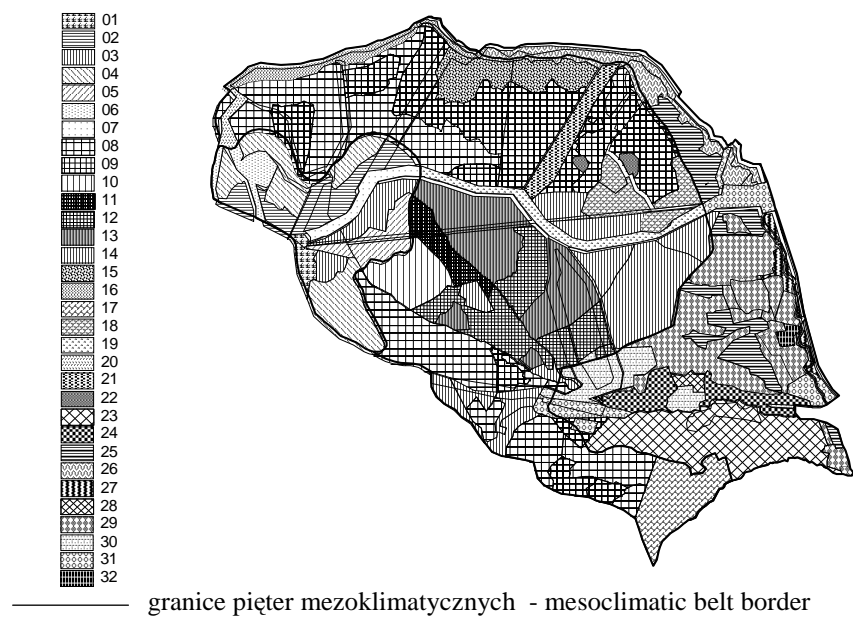
**Fig. 9.** Relative values of wind speed (%) with advection from NW, scale 1:38 000

Wyróżniono trzy mezoklimatyczne piętra, w obrębie których wydzielono charakterystyczne jednostki mikroklimatyczne. Mezoklimatyczne piętro obszaru szczytowego obejmuje tereny w przedziale wysokości od 980 m do 1114 m, mezoklimatyczne piętro ponadinwersyjnych stoków obejmuje obszar w przedziale od 720-980 m oraz piętro dolin, które obejmuje tereny o wysokości od 600-720 m n.p.m. Szczegółowe charakterystyki klimatyczne zawiera tabela 1.

**Tabela 1.** Charakterystyka jednostek mikroklimatycznych na obszarze badań  
**Table 1.** Characterization of microclimatic unit on study area

Oznaczenie Code	Wystawa Slope aspect	Średnia wysokość n.p.m. Altitude a.s.l	Średnia roczna temperatura powietrza Mean annual air temperature	Średnia roczna amplituda temperatury powietrza Mean annual amplitude of air temperature	Średnia roczna minimalna temperatura powietrza Mean annual minimum air temperature	Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza Mean annual maximum air temperature	Średnia temperatura okresu wegetacyjnego Mean air temperature in vegetation period	Czas trwania okresu wegetacyjnego Mean duration of vegetation period	Średni roczny niedosyt wilgotności powietrza Mean annual water-saturation deficit	Średnia roczna wilgotność względna powietrza Mean annual relative humidity	Średnia roczna prędkość wiatru Mean annual wind speed	Czas zalegania pokrywy śnieżnej Duration of snow cover	Względne bezpośrednie promieniowanie słoneczne Relative value of direct radiation
		(m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(dni –days)	(hPa)	(%)	(m·s <sup>-1</sup> )	(dni –days)	(%)
01	E, SE	1090	4,6	18,8	1,3	8,6	10,5	179	2,1	83	2,6	142	112
02	N	1050	4,8	19,6	1,5	8,9	10,7	183	1,9	86	0,3	147	92
03	NE	1050	5,0	19,2	1,9	9,0	10,9	184	2,0	84	0,2	147	100
04	N	1060	5,2	19,4	2,4	9,0	11,3	186	2,1	83	0,2	144	97
05	E	1040	5,3	19,1	2,3	9,0	11,1	184	2,1	83	0,2	144	115
06	N	1030	5,3	19,7	2,6	8,7	11,4	186	2,6	80	1,6	141	93
07	N, NE	1050	5,0	18,9	2,0	8,7	10,8	182	2,5	80	1,8	150	105
08	N	930	5,3	19,4	2,6	9,1	11,5	187	1,8	86	0,2	144	89
09	N, NE	860	5,4	19,4	2,6	9,5	11,4	189	1,9	85	0,2	145	91
10	SE	910	5,5	19,1	2,5	9,2	11,3	188	2,2	83	0,2	143	125
11	E	880	5,6	19,3	2,6	9,4	11,5	189	2,0	84	0,2	143	112
12	S	760	5,7	19,0	2,8	9,6	11,7	190	2,1	83	0,2	138	115
13	S, SW	870	5,9	19,3	2,9	9,8	11,8	192	2,3	82	1,0	129	127
14	E	800	5,8	19,1	2,8	9,8	11,9	193	2,1	84	0,3	133	110
15	N	730	5,4	19,2	2,6	9,4	11,5	190	1,5	89	0,2	137	88
16	S	860	5,5	19,3	2,5	9,1	11,3	188	1,8	86	0,2	136	117
17	SE	760	5,9	19,3	2,4	10,2	11,9	199	2,1	84	0,5	132	110
18	E	770	5,8	19,2	2,7	9,6	11,7	195	2,1	82	0,2	130	105
19	E, SE	890	5,9	19,6	2,9	10,0	11,9	180	2,8	78	1,6	150	105
20	NE	925	5,4	19,5	2,6	8,8	11,4	185	2,7	78	2,0	145	93
21	NE	800	5,7	19,3	2,7	9,6	11,6	189	2,5	79	1,4	150	98
22	NE, E	830	5,3	19,3	2,9	8,1	11,2	188	1,6	87	0,3	142	96
23	N	660	5,9	19,3	2,3	10,5	11,9	204	2,0	87	0,2	139	97
24	S	650	6,1	19,6	2,5	10,7	12,1	208	2,3	85	0,3	129	123
25	E	660	6,0	19,1	2,4	10,7	12,0	200	2,1	85	0,2	132	108
26	E	675	5,8	19,1	2,4	9,8	11,7	196	2,0	85	0,2	130	104
27	t. płaski	630	5,9	19,1	1,9	10,3	11,8	209	2,0	83	0,8	125	100
28	S	680	6,4	19,8	2,6	11,5	12,5	199	2,4	80	0,3	123	121
29	E, SE	605	6,5	19,4	2,4	11,1	12,1	199	2,6	74	1,9	120	111
30	S	715	5,8	19,3	2,6	9,8	11,8	196	2,7	65	1,7	119	116
31	NE, E	650	5,7	19,1	2,7	9,5	11,6	193	2,4	80	1,1	150	104
32	SE	620	5,9	19,3	2,1	10,4	11,8	210	2,7	70	1,4	120	107

## Legenda - Legend



**Rys. 10.** Mapa mikroklimatyczna terenu badań, skala 1:28 000

**Fig. 10.** Microclimatic map of study area, scale 1:28 000



## DYSKUSJA

Narzędzia i techniki GIS spełniają stawiane im kryteria dotyczące zarządzania ogromną ilością danych reprezentujących zjawiska meteorologiczne i klimatologiczne. Szczególne znaczenie dla klimatologii posiadają rozwiązania pozwalające na ekstrapolacje danych w dowolnej skali przestrzennej. Dotyczy to głównie terenów górskich, w których w dalszym ciągu brak wystarczającej liczby stacji i posterunków meteorologicznych. Problem ten częściowo rozwiązują nowoczesne metody pomiarowe, one jednak dostarczają ogromnej ilości danych, których przetwarzanie wymaga zaawansowanych programów narzędziowych [2,3,8,12].

Na obecnym poziomie dostępności informacji o warunkach atmosferycznych powstaje pytanie, jakie narzędzia informatyczne pozwalają na przetwarzanie informacji w taki sposób, aby na każdym etapie ich opracowania istniała możliwość kontroli jakości. Należy bowiem zauważyć, że pomimo wielu zalet komputerowych systemów analizy danych istnieje realne niebezpieczeństwo popełnienia błędów wynikających głównie z niedoskonałości procedur przetwarzania danych. Rezultaty analiz można wykorzystać tylko wówczas, jeśli dane wprowadzone do modelu charakteryzują się wysokim stopniem pewności. Tylko wysoka jakość danych oraz umiejętne wybranie metod ich analizy pozwala na uzyskanie wysokiej jakości opracowania i daje podstawę do podejmowania decyzji [8,10,11].

## WNIOSKI

1. Zastosowanie metod geoinformatycznych GIS umożliwiające gromadzenie, archiwizację, analizę i prezentowanie danych meteorologicznych i klimatycznych stanowi narzędzie dla tworzenia dokładnej i pełnej informacji o charakterze zjawisk zachodzących na danym obszarze.
2. Tworzenie geograficznej bazy danych dla celów klimatologii realizowane jest poprzez wykorzystanie materiałów źródłowych w postaci informacji o terenie, planów zagospodarowania, użytkowania i urządzania terenów oraz danych meteorologicznych. Informacje te stanowią podstawę opracowań kartograficznych.
3. Możliwość prezentacji położenia obiektów w przestrzeni i opisywania zjawisk fizycznych za pomocą map ma zasadnicze znaczenia dla ich poznania.
4. Stosowanie narzędzi geoinformatycznych i geostatystycznych GIS pozwala na łączenie wielofunkcyjnych baz danych i usprawnia systemy ich analizy oraz prezentacji.
5. Zastosowanie metod geoinformatycznych potwierdziło dużą ich przydatność w zakresie oceny właściwości, rozkładu i dynamiki warunków klimatycznych w różnych przedziałach czasowych.

6. Stosowanie relacyjnych, analitycznych baz danych ułatwia określenie prawidłowości i tendencji związanych ze zmianami zachodzącymi w środowisku przyrodniczym na tle czynników wielkoskalowych i antropopresji.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Blennow K.:** Modelling minimum air temperature in partially and clear felled forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 91, 223-235, 1988.
2. **Chapman L., Thornes J. E., Bradley A V.:** Modelling of road surface temperature from a geographical parameter database. Part 2: Numerical. *Meteorological Applications* 8, 2001.
3. **Chapman L., Thornes J. E.:** The use of geographical information systems in climatology and meteorology. *Systems in Climatology and Meteorology*. COST 719 Working Group 3. *Progress in Physical Geography*, 2001.
4. **Dolinar M.:** GIS in climatology and meteorology COST – 719 European Commission Research DG - ERA: Structural Aspects Cost 7-22 July, 2002.
5. **Durło G.:** Wykorzystanie metod GIS w klimatologicznych opracowaniach danych pochodzących z leśnych posterunków pomiarowych. *Konf. Nauk. Klimatyczne uwarunkowania życia lasu*, Zakopane, Wyd. PTL., 135-140, 1999.
6. **Durło G.:** Wykorzystanie metod GIS w opracowaniach klimatologicznych. *Ann. UMCS, sec B, LV/LVI*, 4, 119-126, 2001.
7. **Durło G.:** Typologia mikroklimatyczna Jaworzyny Krynickiej i Doliny Czarnego Potoku. *Sylvan*, 2, 58-66, 2003.
8. **Dobesch H., Tveito O. E., Bessemoulin P.:** Geographic information systems in climatological application. DNMI Report. Project in the framework of the climatological projects in the application area of ECSN. Report No. 13/01 ISSN 0805-9918. Norwegian Meteorological Institute, 2001.
9. **El Garouani A., Boussema M. R., Ennabli H.:** Use of the Geographic Information System and remote sensing data for the estimation of real evapotranspiration at a regional scale. *International Journal of Remote Sensing* 21: 2811-2830, 2000.
10. **Kraak M. J., Ormeling F.:** Kartografia, wizualizacja danych przestrzennych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1998.
11. **Magnuszewski A.:** GIS w geografii fizycznej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1999.
12. **Maracchi G., Battista P., Rapi B.:** GIS methodologies applied to climatology. Report RA VI. Working Group on Climate - Related Matters, Budapest 2-6 April, 2001.
13. **Tveito O. E., Schöner W.:** Applications of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of geographical information systems (GIS). COST719 – The use of geographical information systems in climatology and meteorology. Report No. 1/WG2 Spatialisation. ISSN 0805-9918, Norwegian Meteorological Institute, 2002.

## GEOINFORMATICAL METHOD IN CLIMATOLOGICAL ELABORATIONS

*Grzegorz Durło*

Department of Forest Climatology, Agricultural University  
Al. 29 Listopada 46, 31- 425 Kraków  
e-mail: rldurlo@cyf-kr.edu.pl

**Abstract.** This paper presents different variants of utilising the GIS methods and tools to visualisation of spatial data for needs of climatology. The results of meteorological observation and measurements were used was executed in 1997-2002. The study area is in the eastern part of Beskid Sądecki Mountains range, at the border with Beskid Niski, and occupies a section of the Czarny Potok catchment area on the slopes of Jaworzyna Krynicka Massif. A microclimatic valorisation is introduced graphically with the use of Geographic Information System tools. The results were executed was complex microclimatic valorisation of Jaworzyna Krynicka. It the advanced methods of analysis were used was in geoinformatic support about interpolated procedures, generalisation procedures and spatial analysis. It was executed over 200 thematic layers for different climatic indicators and meteorological elements together. The geographical information system elements used for presenting the variability of the results are a good and versatile information-gathering tool as regards the spatial differentiation of the microclimatic and topoclimatic conditions at Jaworzyna Krynicka.

**Keywords:** climatological elaboration, GIS, cartography