

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 68, 2015: 167–177  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 68, 2015)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 68, 2015: 167–177  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 68, 2015)

**Krystyna PIANKO-KLUCZYŃSKA**

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy  
Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute

## **Związek między cyrkulacją atmosferyczną według Lityńskiego i sezonowymi opadami w Polsce**

### **The relationship between atmospheric circulation by Lityński and seasonal rainfall in Poland**

**Słowa kluczowe:** SPI, RPI, cyrkulacja atmosferyczna, klasyfikacja cyrkulacji Lityńskiego, probabilistyczna prognoza pogody, klasyfikator Bayesa, indeks Jaccarda

**Key words:** SPI, RPI, atmospheric circulation, circulation classification of Lityński, probabilistic weather forecast, Bayesian classifier, Jaccard's index

## **Wprowadzenie**

Warunki opadowe mają silny wpływ na wiele dziedzin życia i gospodarki. Szczególnie w rolnictwie szybko daje się odczuć brak lub nadmiar opadów. Cyrkulacja atmosferyczna, odpowiedzialna za układ ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia, jest jedną z ważniejszych determinant występowania lub braku opadu.

W latach 2005–2010, w ramach współpracy międzynarodowej COST ACTION 733 „Harmonisation and Ap-

plications of Weather Types Classifications for European Regions” (COST ACTION 733, 2014), poszukiwano systemu klasyfikującego cyrkulację w taki sposób, aby móc skutecznie połączyć występowanie określonego zjawiska pogodowego (także opadu) z konkretnym typem cyrkulacji. Wśród analizowanych systemów był jeden oparty na klasyfikacji Lityńskiego.

Należy podkreślić, że nadal jest to temat rozwojowy, gdyż cyrkulację atmosferyczną można klasyfikować np. na podstawie już istniejących klasyfikacji (Ustrnul i Czekierda 2001, 2009), jak również na podstawie charakterystyk wyższych warstw atmosfery, znajdujących się w stratosferze, nie tylko w troposferze i na poziomie morza (Pianko-Kluczyńska, 2013).

Celem niniejszej pracy było przeanalizowanie przydatności informacji o występującej wcześniej cyrkulacji

atmosferycznej do prognozy przyszłej, sezonowej charakterystyki opadowej. Ograniczono się przy tym do klasyfikacji cyrkulacji według Lityńskiego. Katalog typów jest aktualizowany na bieżąco. Wiedza o najbardziej prawdopodobnych warunkach opadowych w okresie nadchodzących kilku miesięcy sprzyja podejmowaniu decyzji minimalizujących straty i maksymalizujących zyski. Efektywność długoterminowej prognozy pogody zależy od wielu czynników, w tym także od wyboru zmiennych objaśniających. Zauważono przy tym, że otrzymane wyniki zależą zarówno od sposobu opisywania warunków opadowych (Kanecka-Geszke i Smarzyńska, 2007, Gąsiorek i Musiał, 2011), jak i użytych indeksów opisujących cyrkulację (Szwejkowski i in. 2004).

## Dane

Cyrkulację atmosferyczną opisano na podstawie reanaliz NCEP/NCAR (NCEP Reanalysis są przygotowywane i udostępniane przez NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, za pośrednictwem ich strony internetowej <http://www.esrl.noaa.gov/psd>). Dane te pochodzą z czterech terminów w ciągu doby (00UTC, 06UTC, 12UTC i 18UTC).

Charakterystyki opadowe powstały na podstawie niepoddanych dodatkowej homogenizacji danych z bazy IMGW. Materiał zhomogenizowany mógłby odbiegać od rzeczywistego przebiegu opadu w poszczególnych sezonach. Model uczy się na danych oryginalnych i na takich danych przebiega też jego weryfikacja. Szczególnie w przypadku opadu występowanie lokalnych ekstremów, znacznie

odbiegających od sytuacji zanotowanych w sąsiednich punktach pomiarowych, nie należy do rzadkości. Ich korekta może zafalszować rzeczywistość, co w prognozach prowadzi do zmniejszenia czułości modelu na możliwość wystąpienia sytuacji ekstremalnych.

## Materiał i metodyka badań

Predyktantem są sezonowe klasy opadowe dla sumy opadu i liczby dni z opadem w analizowanym okresie (mówimy, że w danym dniu wystąpił opad, jeżeli jego suma dobową wyniosła przynajmniej 0,1 mm). Analizę przeprowadzono dla sześciu wybranych stacji synoptycznych, reprezentujących różne regiony Polski: Koszalin, Suwałki, Poznań, Warszawa, Wrocław oraz Kraków.

Wykorzystane zostały trzy różne sposoby klasyfikowania opadu. We wszystkich podejściach okresem referencyjnym, służącym wyznaczeniu norm, były lata 1981–2010.

Pierwszy to pięcioklasowy system bazujący na wskaźniku względnego opadu:

$$RPI = 100\% \cdot P / P_{sr}$$

gdzie:

P – suma opadu (liczba dni z opadem) w analizowanym sezonie,

$P_{sr}$  – średnia wieloletnia z sumy opadu (liczby dni z opadem).

Granice klas wzięto z Biuletynu PSHM (Brodzińska i inni, 2014).

Druga, siedmioklasowa klasyfikacja, oparta na standaryzowanym indeksie opadowym – SPI, opisuje wyłącznie sumy opadu:

$$SPI = (Y - \mu) / \sigma$$

gdzie:

$Y = f(P)$  – transformacja sumy opadu od rozkładu gamma do normalnego,

$$f(P) = \sqrt[3]{P},$$

$P$  – suma miesięczna opadu,

$\mu$  – estymator średniej wieloletniej  $Y$ ,

$\sigma$  – estymator odchylenia standardowego  $Y$ .

W tabeli 1 przedstawiono granice klas opadowych w klasyfikacjach opartych na indeksach RPI i SPI.

dem powyżej normy lub znacznie powyżej normy, a suchy jest sezon z opadem znacznie poniżej lub poniżej normy.

I ostatnia propozycja KLIM – trzyklasowy podział stosowany w rutynowych prognozach długoterminowych, opracowywanych w IMGW. Wyznaczone są kwantyle  $Q_{1/3}$  (33%) i  $Q_{2/3}$  (66%), oznaczając  $P$  – sumę opadu analizowanego sezonu,  $G1 = Q_{1/3}$  i  $G2 = Q_{2/3}$ , zdefiniowano klasy: -1 – poniżej normy (suchy), gdy  $P < G1$ ; 0 – w normie, dla

Tabela 1. Klasyfikacja opadu sezonowego na podstawie indeksów RPI i SPI  
Table 1. Classification of seasonal precipitation based on RPI and SPI indices

NR	Klasa opadu sezonowego Class of seasonal precipitation	RPI [%]	NR	Klasa opadu sezonowego Class of seasonal precipitation	SPI
-2	znacznie poniżej normy significantly below normal	<25	-3	skrajnie suchy extremely dry	<-2,0
-1	poniżej normy below normal	[25; 75)	-2	bardzo suchy very dry	[-2,0; -1,5)
0	w normie normal	[75; 125]	-1	suchy dry	[-1,5; -0,5)
1	powyżej normy above normal	(125; 175]	0	normalny normal	[-0,5; 0,5)
2	znacznie powyżej normy significantly above normal	>175	1	wilgotny wet	[0,5; 1,5)
			2	bardzo wilgotny very wet	[1,5; 2,0)
			3	skrajnie wilgotny extremely wet	≥2,0

Na użytek zaproponowanego modelu prognostycznego połączono niektóre klasy opadowe. W klasyfikacji SPI określenia sezon wilgotny, sezon bardzo wilgotny i sezon skrajnie wilgotny zastąpiono nazwą sezon mokry, zaś sezon skrajnie suchy, sezon bardzo suchy i sezon suchy utworzyły klasę sezon suchy. W klasyfikacji RPI o sezonie mówi się, że jest mokry, gdy jest to sezon z opa-

$G1 \leq P < G2$ ; oraz 1 – powyżej normy (mokry), w przypadku  $P \geq G2$ .

Należy podkreślić, że zawsze musi być podana metoda, według której klasyfikuje się dany sezon jako suchy, normalny lub mokry. Ważna jest również informacja o granicach okresu referencyjnego. Stosując np. w klasyfikacji KLIM normy z lat 1971–2000 i 1981–

–2010, może wystąpić sytuacja, gdy sezon suchy dla pierwszego okresu referencyjnego okaże się normalny dla późniejszej trzydziestolatki referencyjnej.

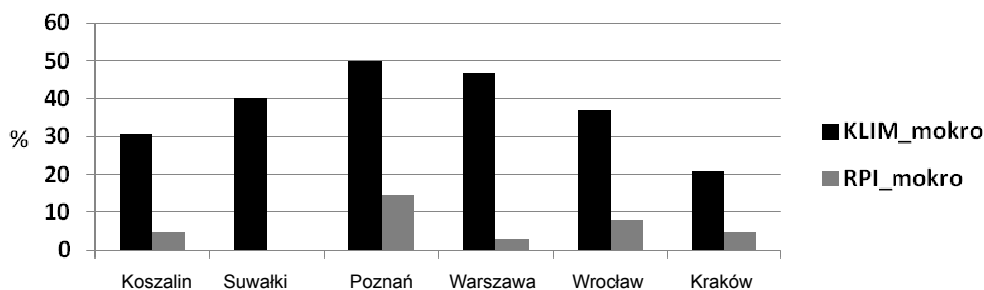
Na rysunkach 1, 2 widać wyraźnie jak duży wpływ na otrzymane wyniki ma wybrany sposób klasyfikacji (% na osi Y dotyczy liczby lat w okresie 1951–2012 z liczbą dni z opadem w klasie sezon mokry).

### Klasyfikacja cyrkulacji atmosferycznej według Lityńskiego

J. Lityński (Lityński, 1962) zdefiniował cztery wskaźniki cyrkulacyjne, umożliwiające określenie typu cyrkulacji nad Polską: południkowy (Wp), strefowy (Wsm) i dwa ciśnieniowe (Cp i Cp2).

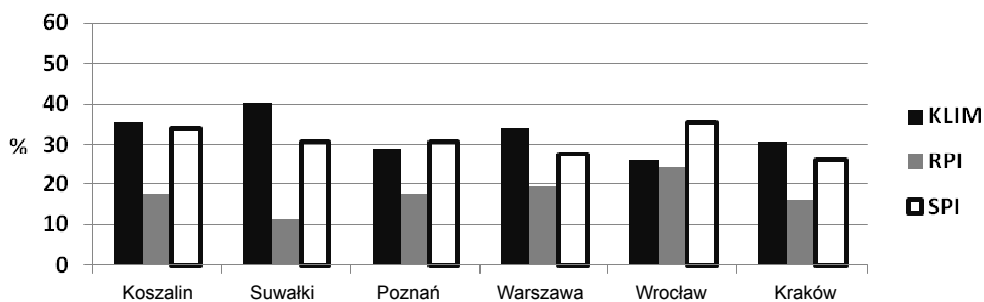
Dla okresu referencyjnego (1981–2010) wyznaczone zostały percentyle: Q10, Q25, Q50, Q75, Q90, dla poszczególnych indeksów cyrkulacyjnych i liczby dni z typem cyrkulacji według Lityńskiego (lub dni ze składowymi określającymi kierunek napływu i antycykloniczność / cykloniczność cyrkulacji). Dla indeksów cyrkulacyjnych dodatkowo wyznaczono percentyle dla każdego sezonu z każdego roku. Cyrkulację sezonową sklasyfikowano na dwa

typy: suchy i mokry. W tym celu wyznaczono percentyle dla trzech klas klimatycznych KLIM (KLIM\_mokro, KLIM\_nie\_mokro, KLIM\_nie\_suchy) i trzech klas klimatycznych RPI (RPI\_mokro, RPI\_nie\_mokro, RPI\_nie\_suchy).



RYSUNEK 1. Procentowy udział zim z dużą liczbą dni z opadem według indeksu RPI i trzech klasowych norm klimatycznych KLIM w latach 1951–2012

FIGURE 1. Percentage of winters with a large number of days with precipitation according RPI index and three class climatic norms KLIM, in the years 1951–2012



RYSUNEK 2. Procentowy udział zim z dużą sumą opadu według indeksu RPI, klasyfikacji KLIM oraz indeksu SPI, w latach 1951–2012

FIGURE 2. Percentage of winters with a high sum of precipitation according to the RPI index, classification KLIM and SPI index, in the years 1951–2012

sposoby: badając, czy percentyl sezonu jest mniejszy, równy czy większy od percentyla sezonowego dla całego okresu referencyjnego (1981–2010) albo odnośząc liczbę dni z typem/podtypem cyrkulacji do percentyli referencyjnych (mniejszy od Q10, między Q10 i Q25 itd.).

Zastosowano dwa podejścia do relacji cyrkulacja – charakter opadowy sezonu z punktu widzenia klimatologa (zależności synchroniczne) i prognozującego pogodę (analiza asynchroniczna).

Cyrkulacje sezonowe określone na podstawie wskaźników  $W_p$ ,  $W_{sm}$ ,  $C_p$  i  $C_{p2}$ , z czterech terminów, tworzą zbiór tzw. potencjalnych predyktorów ( $X$ ). Za pomocą indeksu Jaccarda (JACC), określono siłę zależności między potencjalnymi predyktorami i predyktantami (cyrkulacja – opad i opad – cyrkulacja), tzn. determinację z jaką wystąpienie określonej cyrkulacji pociąga daną klasę opadową i jak często danej klasie opadowej towarzyszy analizowana cyrkulacja (Real i Vargas, 1996). Dzięki temu można odrzucić zmienną wejściową wnoszącą mało informacji o zmiennej wyjściowej.

Indeks JACC jest stosunkiem prawdopodobieństwa sytuacji, gdy jednocześnie wystąpiły zdarzenia A i B do prawdopodobieństwa, że wystąpiło chociaż jedno z nich,  $JACC = P(A \cap B) / P(A \cup B)$ .

Do jego wyliczenia posłużono się wzorem:

$$JACC = 100\% \cdot m11 / (m11 + m01 + m10)$$

gdzie:

$m11$  – liczba przypadków, gdy mamy typ cyrkulacji A i klasę opadową B,  
 $m10$  – liczba sezonów z cyrkulacją A oraz opadem innym niż B,

$m01$  – liczba przypadków, gdy cyrkulacja inna niż A towarzyszy klasie opadowej B.

Dodatkowo wyznaczono dwa indeksy:  $J_A = 100\% \cdot m11 / (m10 + m11)$ , mówiący jak często cyrkulacji A towarzyszyła klasa opadowa B, oraz  $J_B = 100\% \cdot m11 / (m11 + m01)$  określający jak często klasie opadowej B towarzyszy cyrkulacja A. Dla badaczy klimatu szczególnie ważny jest indeks  $J_B$ , podczas gdy dla osób prognozujących ważne są obydwie wskazania  $J_A$  i  $J_B$ , a w konsekwencji i JACC.

Opierając się na wartościach indeksów cyrkulacji i liczbie dni z danym typem, a nie na percentylach określono separację  $D_{x,i,j}$  cechy cyrkulacyjnej  $X$ , odpowiadającej za różne klasy opadowe  $i, j$ .

$$D_{x,i,j} = | \mu_{x,i} - \mu_{x,j} | / \sqrt{(\sigma_{x,i}^2 - \sigma_{x,j}^2)}$$

gdzie:

$\mu_{x,i}$ ,  $\mu_{x,j}$  – wartości średnie predyktora  $X$  w klasach predyktanta i oraz  $j$ ,

$\sigma_{x,i}^2$ ,  $\sigma_{x,j}^2$  – kwadraty odchyłeń standardowych predyktora  $X$  w klasach predyktanta i oraz  $j$ .

Im większe są wartości  $D_{x,i,j}$ , tym lepsze jest rozseparowanie cechy  $x$  w klasach  $i, j$ . Im lepsza jest separacja cechy, tym cecha  $X$  ma większą szansę na bycie zmienną objaśniającą predyktant w modelu prognostycznym (Strumiłło, 2008).

Na użytek prognoz dokonano próby rekonstrukcji klas opadowych na podstawie zaproponowanych wcześniej dwóch percentylowych klasyfikacji cyrkulacji. Model probabilistyczny, wykorzystujący klasyfikator Bayesa, uwzględnia przesunięcie czasowe predyktor – predyktant od 1 do 12 sezonów. Zaproponowany algorytm należy do

grupy tzw. data driven models, czyli modeli analizujących relacje między zbiorami liczb, bez względu na to jakie obiekty te liczby reprezentują (Solomatin i inni, 2008). Daje to pewną swobodę w definiowaniu predyktorów, czyli zmiennych objaśniających. Klasyfikator ten, na podstawie dostępnego materiału uczącego, buduje optymalny estymator funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla poszczególnych klas predykta. Wykorzystując otrzymany estymator gęstości prawdopodobieństwa, określane są prawdopodobieństwa, że zdetektowana sytuacja cyrkulacyjna pociągnie za sobą opadową klasę  $kl$ ,  $kl = 1, 2, 3$  (Masters, 1996). Wskazana zostanie klasa najbardziej prawdopodobna. Wyboru sezonów, z których uwzględniono cyrkulację, dokonano, maksymalizując determinację prognozy różnicującą prawdopodobieństwa dla trzech klas oraz liczbę trafnych rekonstrukcji dla wybranego materiału (okres 1992–2011 dla sprawdzalności i 1992–2012 dla determinacji). Miarą determinacji jest suma kwadratów prawdopodobieństw wszystkich klas całego rekonstruowanego i prognozowanego materiału. Otrzymane prawdopodobieństwa wystąpienia każdej z trzech klas opadowych (sucho, normalnie, mokro) poddano jeszcze jednej ocenie. Oznaczamy  $\mu_v$  największe prawdopodobieństwo związane z wygrywającą klasą opadową.  $\Delta = \mu_v - \mu_r$ , gdzie:  $\mu_r$  – prawdopodobieństwo klasy ze słabszym wskazaniem. Jeżeli  $\Delta > \text{prog}$  (prog jest narzuconą wartością progową), to wskaźnik KP (kategoryczność prognozy) jest zwiększany o 0,5. Gdy prognoza jest bliska kategorycznej dla danego przypadku, KP zwiększa się o jeden (autorska propozycja wskaźnika).

## Wyniki badań

Przy użyciu indeksu Jaccarda sprawdzono, czy indeksy  $C_p$  i  $C_{p2}$ , bazujące na reanalizach z 00UTC, 06UTC, 12UTC lub 18UTC, można stosować wymienienie. Dla przypadku  $C_{p2} = 2$ , (brak cykloniczności i antycykloniczności) indeks Jaccarda wynosi mniej niż 2%. Dla  $C_{p2} = 1$  (cyrkulacja cykloniczna) i  $C_{p2} = 3$  (antycykloniczna) indeks waha się między 18,86 a 31,72. Indeks Jaccarda jest więc zawsze mniejszy niż 50%.

Również w przypadku analizy związku cyrkulacja–opad wartości indeksu Jaccarda nie były zadawalające. Jedyne w przypadku „normalnej” liczby dni z opadem, sklasyfikowanych na podstawie RPI, analiza synchroniczna wskazała przypadki gdy indeks przekroczył 50%.

Należy podkreślić, że nie odnotowano przypadku, gdy indeks Jaccarda wyniósł co najmniej 60%. Lepiej wypadły indeksy  $J_A$  i  $J_B$ , czyli prawdopodobieństwa warunkowe  $P(B | A)$  i  $P(A | B)$ . Dla wszystkich klasyfikacji opadowych odnotowano przypadki przekroczenia proggu 50% przez indeksy  $J_A$  i  $J_B$ , przy czym przeważnie  $J_B$  osiągał większe wartości. Przekroczenie 70, a nawet 80% nie należało przy tym do rzadkości.

Przeanalizowano również separację  $D_{x_{ij}}$  wskaźników cyrkulacji  $W_p$ ,  $W_{sm}$ ,  $C_p$  i  $C_{p2}$  dla terminów 00UTC, 06UTC, 12UTC i 18UTC w parach klas opadowych sucho-normalnie ( $j = 1$ ), sucho-mokro ( $j = 2$ ) i normalnie-mokro ( $j = 3$ ), gdzie  $x_i$  jest  $i$ -tą klasą wybranego wskaźnika cyrkulacyjnego z jednego terminu. Zmiennych  $x$  jest 16, a klas 20. Potwierdziło się, że najważniejszym indeksem jest  $C_p$  (zgodnie ze stwierdze-

niem, że największe opady mają miejsce w tzw. niżówkach).

Najważniejszym wydaje się jednak przydatność informacji o cyrkulacji atmosferycznej w procesie prognozowania charakterystyki opadowej danego sezonu.

Zabrakło podstaw do wyeliminowania któregoś z potencjalnych predyktorów ze zbioru zmiennych objaśniających w modelu prognostycznym. Jednocześnie stwierdzono, że są podstawy do budowy klasyfikatorów Bayesa cyrkulacja Lityńskiego – opad sezonowy. Zbudowano więc model prognostyczny i dla każdego sezonu, dla danej stacji synoptycznej określono procent poprawnie zrekonstruowanych przypadków w ciągu wybranego dwudziestolecia. Wszystkich „paczek” było  $6 \cdot 12 = 72$ .

Na rysunkach 3, 4, 5, 6, 7 przedstawiono rozkład liczby poprawnie odtworzonych typów pogody w zależności od klasyfikacji, w przypadku gdy informacja wejściowa opierała się na typach cyrkulacji, oraz indeksach cyrkulacyjnych z godziny 12:00 (tej samej z której pochodzą typy cyrkulacji).

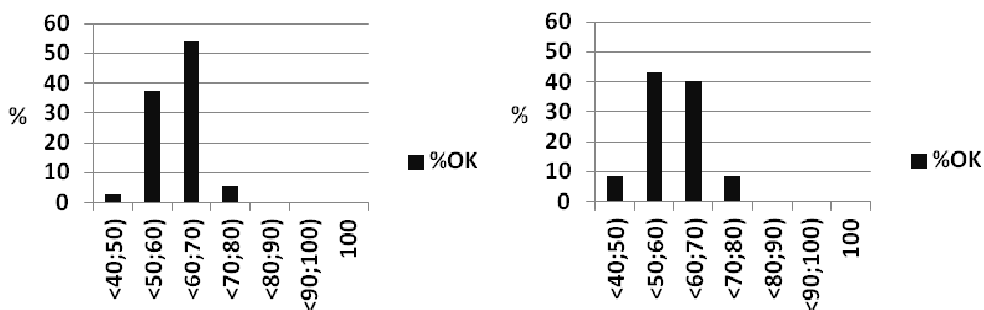
Na osi Y zaznaczono jaki procent „paczek” z prognozami miał sprawdzalność w przedziale zaznaczonym na osi X.

Analizie poddano materiał 1992–2011, wykorzystywany również do doboru wartości parametrów modelu.

Najskuteczniej model odtwarzał predyktanta sklasyfikowanego na podstawie RPI, dla liczby dni z opadem lepszymi predyktorami okazały się typy cyrkulacji, zaś dla sumy opadu korzystniejsze okazało się oparcie na indeksach cyrkulacyjnych. Uwzględniając wszystkie eksperymenty, nieznacznie lepsze wyniki otrzymano w przypadku typów cyrkulacji.

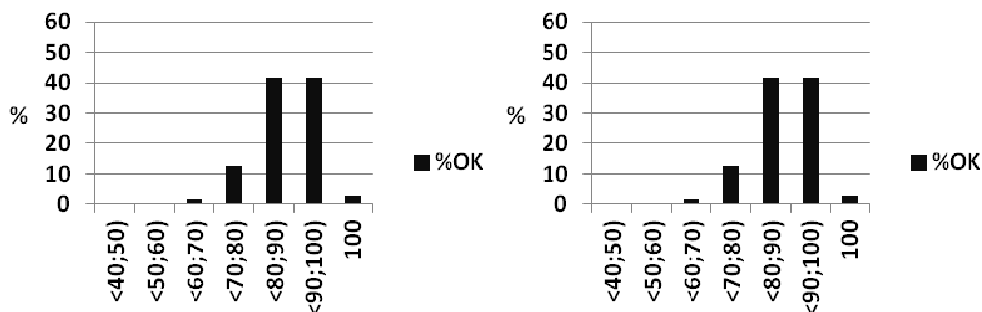
Kolejną miarą oceniającą jakość modelu prognostycznego była kategoryzacja KP.

W przypadku gdy informacja wejściowa opierała się na typach cyrkulacji i ich składowych, w większości przypadków przy progu delta była większa lub równa 0,5 i osiągnięto wymaganą kategoryzację w ponad 95% przypadków. Dla rekonstrukcji, wykorzystując indeksy, determinacja często była niższa, ale



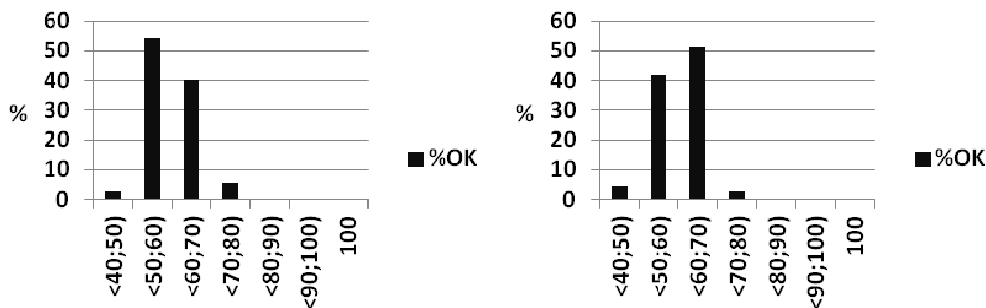
RYSUNEK 3. Poprawność odtwarzania sezonowych klas opadowych na podstawie: a – typów cyrkulacji, b – indeksów cyrkulacji (klasyfikacja KLIM, model dla liczby dni z opadem)

FIGURE 3. The correctness of the reconstruction of the seasonal precipitation classes based on: a – circulation types, b – indices of circulation (classification KLIM, model for the number of days with precipitation)



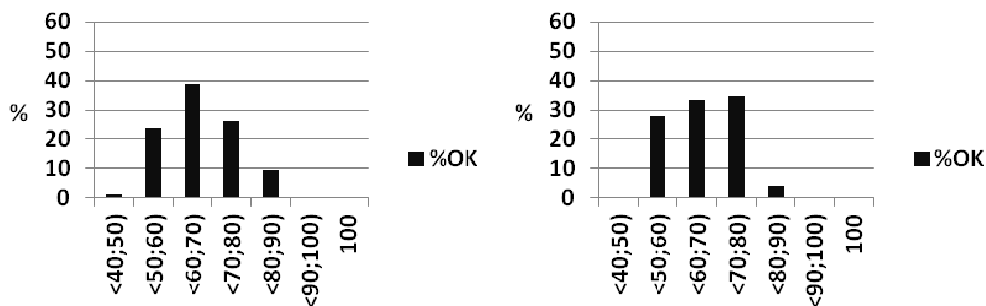
RYSUNEK 4. Poprawność odtwarzania sezonowych klas opadowych na podstawie: a – typów cykulacji, b – indeksów cykulacji (klasyfikacja RPI, model dla liczby dni z opadem)

FIGURE 4. The correctness of the reconstruction of the seasonal precipitation classes based on: a – circulation types, b – indices of circulation (classification RPI, model for the number of days with precipitation)



RYSUNEK 5. Poprawność odtwarzania sezonowych klas opadu na podstawie: a – typów cykulacji, b – indeksów cykulacji (klasyfikacja KLIM, model dla sumy opadu)

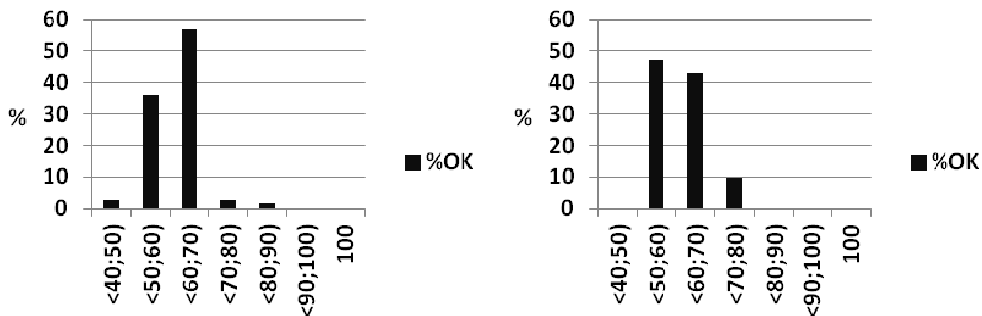
FIGURE 5. The correctness of the reconstruction of seasonal precipitation classes based on: a – circulation types, b – indices of circulation (classification KLIM, model for total precipitation)



RYSUNEK 6. Poprawność odtwarzania sezonowych klas opadu na podstawie: a – typów cykulacji, b – indeksów cykulacji (klasyfikacja RPI, model dla sumy opadu)

FIGURE 6. The correctness of the reconstruction of seasonal precipitation classes based on: a – circulation types, b – indices of circulation (classification RPI, model for total precipitation)





RYSUNEK 7. Poprawność odtwarzania sezonowych klas opadu na podstawie: a – typów cykulacji, b – indeksów cykulacji (klasyfikacja SPI, model dla sumy opadu)

FIGURE 7. The correctness of the reconstruction of the seasonal precipitation classes based on: a – circulation types, b – indices of circulation (classification SPI, model for total precipitation)

zawsze przekraczała próg delta wynoszący 0,5 w co najmniej 75%.

Widać, że stopień kategoryczności prognozy zależy od sposobu podania informacji wejściowej, chociaż jej wzrost nie oznacza jednoczesnego wzrostu trafności prognozy.

i indeksy cyrkulacyjne. Wiedza ta mogłaby być wzbogacona o wnioski, jakie na temat opadu zastosowany model prognostyczny wyciągnąłby na podstawie innych predyktorów, np. stanu wyższych warstw atmosfery (Pianko-Kluczyńska, 2013).

## Podsumowanie

Przedstawione wyniki potwierdzają, że bazując na związkach między cyrkulacją atmosferyczną, opisaną za pomocą klasyfikacji Lityńskiego i opadowym charakterem przyszłego sezonu, można zbudować użyteczny model sezonowej prognozy opadu. Przeprowadzona analiza wykazała jednocześnie, że informacja, jaką niosą ze sobą typy i indeksy cyrkulacyjne Lityńskiego, w wielu przypadkach może okazać się niewystarczająca do zbudowania poprawnej prognozy sezonowej. Słuszne wydaje się więc wykorzystanie tego typu modeli jako składowych prognozy wiązkowej. Prognoza taka umożliwiłaby jednoczesne uwzględnienie wiedzy o przyszłym opadzie, jaką niosą ze sobą typy cyrkulacji

## Literatura

- Agnew, C.T. (2000). Using the SPI to Identify Drought. *Drought Networks News*, 12(1), 5-12.
- Brodzińska, B., Czekierda, D., Gabrylewicz, M., Jania, K., Jaworski, M., Konarski, J. i W. Wiązewski. (2014). *Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej*. Warszawa: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB.
- COST ACTION 733. (2014). Harmonisation and Applications of Weather Types Classifications for European Regions. Pobrano z lokalizacji: <http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733wiki>.
- Gąsiorek, E. i Musiał, E. (2011). Porównanie i klasyfikacja warunków opadowych na podstawie Wskaźnika Standaryzowanego Opadu i Wskaźnika Względego Opadu. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 11, Z.4 (36), 107-119.

- Kanecka-Geszke, E. i Smarzyńska, K. (2007). Ocena suszy meteorologicznej w wybranych regionach agrometeorologicznych Polski przy użyciu różnych wskaźników. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 6(2), 41-50.
- Masters, T. (1996). Probabilistyczne sieci neuronowe. W T. Masters, *Sieci neuronowe w praktyce. Programowanie w języku C.* (strony 189-209). Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Pianko-Kluczynska, K. (2013). The relationship between the state of the stratosphere and the occurrence of meteorological drought in Poland. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(5), 561-567.
- Real, R. i Vargas, J.M. (1996). The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity. *Systematic Biology*, 45, 380-385.
- Solomatine, D.P., See, L.M. i Abrahart, R.J. (2008). Data Driven Modelling: Concepts, Approaches and Experiences. W R. J. Abrahart, L. M. See i D. P. Solomatine, *Practical Hydroinformatics Computational Intelligence and Technological Developments in Water Applications.* (strony 19-29). Hamburg: Springer.
- Strumiłło, P. (2008). *Rozpoznawanie obrazów.* Pobrano z lokalizacji Politechnika Łódzka, Instytut Elektroniki: <http://www.elel.p.lodz.pl/pstrumil/po/rozpoznawanie.pdf>.
- Szwejkowski, Z., Dragańska, E. i Banaszkiewicz, B. (2004). Wpływ wskaźników cyrkulacyjnych Półkuli Północnej na temperaturę i opady w Polsce Północno-Wschodniej. *Acta Agrophysica*, 3(2), 385-392.
- Ustrnul, Z. i Czekierda, D. (2009). Opady atmosferyczne. W Z. Ustrnul i D. Czekierda, *Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce.* (strony 101-132). Warszawa: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej,
- Ustrnul, Z. i Czekierda, D. (2001). Circulation background of the atmospheric precipitation in Central Europe (based on the Polish example). *Meteorologische Zeitschrift*, 10(2), 103-111.

## Streszczenie

**Związek między cyrkulacją atmosferyczną według Lityńskiego i sezonowymi opadami w Polsce.** Warunki opadowe (czyli suma opadu i liczba dni z opadem), jakie panują w danym sezonie, na określonym terenie, są bardzo ważne w agrometeorologii. W pracy analizowano związki między indeksami cyrkulacyjnymi i typami cyrkulacji zdefiniowanymi przez J. Lityńskiego i sezonowymi warunkami opadowymi dla sześciu wybranych stacji synoptycznych Polski. Stacje te reprezentują różne regiony Polski.

Poszukiwano związków przydatnych z punktu widzenia klimatologa oraz osoby prognozującej pogodę. Ważne więc było, aby dana sytuacja cyrkulacyjna nie tylko często towarzyszyła danej klasie opadowej, ale żeby jednocześnie do rzadkości należały przypadki, gdy cyrkulacja ta występowała z inną klasą opadową. Warunki opadowe określono, posługując się kilkoma klasyfikacjami: pięcioklasową bazującą na stosunku sumy opadu i liczby dni z opadem do ich wieloletnich średnich sezonowych (Biuletyn Meteorologiczno-Hydrologiczny w IMGW), siedmioklasową dla sumy opadu, opartą na standaryzowanym indeksie opadowym – SPI (często wykorzystywaną w opracowaniach agrometeorologicznych) oraz trzyklasową KLIM, stosowaną w prognozach długoterminowych zarówno w stosunku do sezonowej sumy opadu, jak i liczby dni z opadem. Cyrkulacja sezonowa została opisana za pomocą odniesienia wartości percentyli dla sezonu z danego roku do percentyli z okresu referencyjnego 1981–2010. Percentyle dotyczyły wartości indeksów będących podstawą klasyfikacji Lityńskiego oraz liczby dni z danym typem lub jego składową.

Za pomocą indeksu Jaccarda zbadano siłę związków między klasami opadowymi i typami cyrkulacji oraz między klasami opadowymi i poszczególnymi składowymi cyrkulacji.

Autor przeprowadził dwie rekonstrukcje warunków opadowych za pomocą prostego probabilistycznego klasyfikatora Bayesa (dla typów i indeksów cyrkulacyjnych na wejściu).

Celem pracy było sprawdzenie, czy klasyfikacja według Lityńskiego jest przydatna przy opracowywaniu modelu prognozy sezonowych suszy i powodzi. Potwierdziła się hipoteza, że cyrkulacja atmosferyczna niesie ze sobą informację o bieżących i przyszłych warunkach opadowych, należy ją jednak uwzględnić w modelach prognostycznych razem z wiedzą o innych procesach atmosferycznych.

## Summary

**The relationship between atmospheric circulation by Lityński and seasonal rainfall in Poland.** Precipitation conditions (i.e. the sum of precipitation and number of days with precipitation), which exist in a given season and area, are very important for agriculture.

The aim of the study was to verify the thesis that the atmospheric circulation based on Lityński's indices and types of circulation, can determine the most likely precipitation conditions, in future seasons, in selected synoptic stations in Poland.

Precipitation conditions were specified using several classifications: of five classes based on the ratio of total precipitation (number of days with precipitation to their seasonal many-years averages (Meteorologi-

cal and Hydrological Bulletin, IMWM), of seven classes for total precipitation, based on Standardized Precipitation Index – SPI (often used in studies of agro-meteorological), and of three classes system, which is used in long-term forecasts (this classification, denoted KLIM, describes either total precipitation and the number of days with precipitation). Seasonal circulation was described by reference of percentiles for the season of the year to the percentiles of the reference period 1981–2010. Percentiles were determined for the values of the indices and the number of days with selected type or its component. The author conducted two reconstructions of precipitation characteristics using a simple probabilistic Bayesian classifier (for types and circulation indices as explanatory variables).

The aim of this work was to verify whether the classification according to Lityński is useful in forecasting of seasonal drought and flooding. The hypothesis has been confirmed that the atmospheric circulation delivers the information about current and future precipitation conditions but the knowledge of other atmospheric processes should be taken into account in forecasting models.

### Author's address:

Krystyna Pianko-Kluczyńska  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB,  
Centrum Monitoringu Klimatu Polski,  
01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61,  
Poland  
e-mail: Krystyna.Pianko@imgw.pl