

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 65, 2014: 237–249
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 65, 2014)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 65, 2014: 237–249
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 65, 2014)

Edward GAŚIOREK, Elżbieta MUSIAŁ

Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Mathematics, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Wyznaczanie wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*) z zastosowaniem rozkładu gamma Calculation of standardized precipitation index (*SPI*) with the use of gamma distribution

Słowa kluczowe: wskaźnik standaryzowanego opadu, rozkład gamma, rozkład normalny

Key words: standardized precipitation index, gamma distribution, normal distribution

Wprowadzenie

W literaturze spotyka się wiele metod wyznaczania wskaźnika standaryzowanego opadu – *SPI* (Mckee i inni, 1993, 1995). Jedną z nich polega na wyznaczeniu *SPI* bezpośrednio z dopasowanego rozkładu gamma, któremu często podlegają miesięczne sumy opadów (Kaczmarek, 1970). Drugą metodą opiera się na znalezieniu odpowiedniej transformacji danych prowadzącej do rozkładu normalnego. Stąd, po standaryzacji transformowanych danych wyznaczamy wskaźnik *SPI*. Celem prezentowanej pracy jest porównanie klasyfikacji warunków opadowych za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu wyznaczonego bezpośrednio z rozkładu gamma

i z zastosowaniem transformacji prowadzących do rozkładu normalnego. Porównanie zostało przeprowadzone dla miesięcznych sum opadowych na przykładzie danych pomiarowych ze stacji Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w wieloleciu 1946–2003. Podobne analizy zostały wykonane przez Łabędzkiego (2006a, b).

Material i metody

Badania przeprowadzono dla każdego miesiąca w roku w wieloleciu 1946–2003 na podstawie danych pomiarowych ze stacji Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy.

Pierwszy etap badań obejmował weryfikację hipotezy o zgodności rozkładów empirycznych miesięcznych sum opadów z rozkładem gamma za pomocą testu χ^2 . Badania przeprowadzono dla każdego miesiąca w roku w wieloleciu 1946–2003.

W pierwszej metodzie wyznaczania wskaźnika *SPI* najpierw wyznaczono estymatory parametrów rozkładu gamma, które zostały obliczone metodą największej wiarygodności (Thom, 1958, Edwards i Mckee, 1997), i są postaci :

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (1)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}, \text{ gdzie } A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (2)$$

gdzie n – liczba obserwacji w ciągu opadowym.

Następnie za pomocą dystrybuanty rozkładu gamma i z zastosowaniem funkcji odwrotnej do dystrybuanty rozkładu normalnego standardowego wyznaczono wskaźnik *SPI*.

Dokładniejszy opis tej metody znajduje się w pracy Gąsiorka i innych (2012), która dotyczyła wielolecia 1964–2009 we Wrocławiu-Swojcu.

Druga metoda wyznaczania wskaźnika *SPI* polega na zastosowaniu odpo-

wiedniej transformacji prowadzącej do rozkładu normalnego.

Etapy prowadzące do wyznaczenia wskaźnika *SPI* były następujące:

- normalizacja okresowych sum opadów za pomocą wybranych transformacji,
- weryfikacja hipotezy o zgodności rozkładu transformowanej zmiennej z rozkładem normalnym za pomocą testu Shapiro-Wilka,
- standaryzacja transformowanych danych i wyznaczenie *SPI*.

W zastosowaniach praktycznych najczęściej stosowanymi transformacjami są następujące przekształcenia:

$x \rightarrow \sqrt[3]{x}$ (Krishnamoorthy i inni, 2008)

oraz $x \rightarrow \sqrt[3]{10 + x}$, $x \rightarrow \ln x$ (Łabędzki, 2006a).

Wskaźnik *SPI* jest wyznaczany ze wzoru:

$$SPI = \frac{Y - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (3)$$

gdzie:

Y – zmienna losowa, której wartościami są miesięczne sumy opadów po transfor-

TABELA 1. Klasyfikacja warunków opadowych według wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*) i odpowiadające im prawdopodobieństwa

TABLE 1. Precipitation condition classification according to the standardized precipitation index (*SPI*) and corresponding probabilities

SPI	Okres / Period	Prawdopodobieństwa Probabilities
$SPI \leq -2,0$	ekstremalnie suchy/extremely dry	$P(SPI \leq -2) = 0,02$
$-2,00 < SPI \leq -1,50$	bardzo suchy/very dry	$P(-2 < SPI \leq -1,5) = 0,04$
$-1,50 < SPI \leq -0,50$	suchy/dry	$P(-1,5 < SPI \leq -0,5) = 0,25$
$-0,5 < SPI < 0,5$	normalny/normal	$P(-0,5 < SPI < 0,5) = 0,38$
$0,5 \leq SPI < 1,5$	wilgotny/wet	$P(0,5 \leq SPI < 1,5) = 0,25$
$1,5 \leq SPI < 2$	bardzo wilgotny/very wet	$P(1,5 \leq SPI < 2) = 0,04$
$SPI \geq 2$	ekstremalnie wilgotny/extremely wet	$P(SPI \geq 2) = 0,02$

Źródło/Source: Mckee et al. 1993, 1995; Łabędzki, 2006a.

macji przekształcającej rozkład gamma w rozkład normalny,

$\hat{\mu}$ – średnia wartość znormalizowanego ciągu sum opadów,

$\hat{\sigma}$ – odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu sum opadów.

Klasyfikacji warunków opadowych według wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*) dokonano na podstawie oryginalnej klasyfikacji McKee i innych (1993, 1995) i przystosowanej do warunków polskich przez Łabędzkiego (2006a).

Wyniki badań

Pierwszy etap badań to weryfikacja hipotezy o zgodności empirycznych rozkładów miesięcznych sum opadów

w wieloleciu 1946–2003 z rozkładem gamma. Dane dotyczące weryfikacji znajdują się w tabeli 2. Wszystkie miesiące w roku, w wieloleciu 1946–2003 podlegają rozkładowi gamma. Testy przeprowadzono na poziomie istotności 0,05. Następnie dobierając odpowiednią transformację, zweryfikowano hipotezę o zgodności transformowanych miesięcznych sum opadowych z rozkładem normalnym za pomocą testu Shapiro-Wilka. Wyniki weryfikacji, a także wartości współczynników skośności przed zastosowaniem transformacji i po jej zastosowaniu znajdują się w tabeli 3.

Za najlepszą transformację spośród zaproponowanych ($x \rightarrow \sqrt[3]{x}$, $x \rightarrow \sqrt[3]{10 + x}$;

TABELA 2. Zgodność empirycznych rozkładów miesięcznych sum opadów w wieloleciu 1946–2003 z rozkładem gamma

TABLE 2. Consistency of empirical distributions of monthly precipitation sums in the years 1946–2003 with gamma distribution

Miesiąc Month	χ^2_{obl}	p-wartość p-value	Parametry Parameters	
			skali scale α	kształtu shape β
Styczeń / January	0,95	0,92	8,91	3,27
Luty / February	1,69	0,90	9,99	2,57
Marzec / March	5,36	0,25	8,16	3,44
Kwiecień / April	5,88	0,32	7,29	4,16
Maj / May	3,59	0,61	18,16	2,70
Czerwiec / June	1,57	0,46	18,92	3,08
Lipiec / July	6,64	0,08	33,69	2,45
Sierpień / August	2,75	0,25	17,22	3,48
Wrzesień / September	6,70	0,15	17,39	2,54
Październik / October	2,48	0,65	23,30	1,50
Listopad / November	4,77	0,44	9,87	3,82
Grudzień / December	1,32	0,72	13,67	2,73

p-wartość – najniższy poziom istotności α , przy którym hipoteza zerowa mogłaby być odrzucona przy otrzymanej wartości statystyki testowej χ^2 /p-value – the lowest level of importance α , when hypothesis zero could be rejected at calculated value of χ^2 test.

Źródło: obliczenia własne/Source: Own elaboration.

TABELA 3. Wybrane transformacje normalizujące miesięczne sumy opadów w okresie 1946–2003
 TABLE 3. Selected transformations normalizing monthly precipitation sums in the years 1946–2003

Miesiąc Month	Parametry z wielolecia 1945–2003 Parameters from 1946–2003		Transformacja Transformation	p-wartość p-value	Skośność przed transformacją Skewness before transformation	Skośność po transformacji Skewness after transformation		
	μ	σ				$Y = \sqrt[3]{P}$	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	$\ln P$
Styczeń January	29	15	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,46	0,37	-0,38	-0,10	-0,92
Luty February	26	16	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,89	0,92	-0,02	0,29	-0,55
Marzec March	28	15	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,34	0,70	0,03	0,26	-0,39
Kwiecień April	30	16	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,40	1,31	0,20	0,51	-0,33
Maj May	49	29	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,37	0,66	-0,08	0,11	-0,56
Czerwiec June	58	44	$Y = \ln P$	0,19	3,8	1,40	1,64	0,58
Lipiec July	83	52	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,48	0,92	0,001	0,15	-0,55
Sierpień August	60	33	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,20	1,85	-0,05	0,27	-0,95
Wrzesień September	44	26	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,44	0,60	-0,32	-0,02	-1,04
Październik October	35	27	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,91	1,69	-0,16	0,41	-1,57
Listopad November	38	19	$\sqrt[3]{P+10}$	0,71	0,59	-0,22	0,02	-0,75
Grudzień December	37	21	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,78	0,67	-0,51	-0,13	-1,24

P – miesięczne sumy opadów w wieloleciu 1946–2003, natomiast p-wartość – najniższy poziom istotności α , przy którym hipoteza zerowa mogłaby być odrzucona przy otrzymanej wartości statystyki testowej Shapiro-Wilka/ P – monthly precipitation sums in 1946–2003, p-value – the lowest level of importance α , when hypothesis zero could be rejected at calculated value of Shapiro-Wilk test.

Źródło: Obliczenia własne/Source: Own elaboration.

$x \rightarrow \ln x$ wybrano tę, dla której p-wartość dla testu Shapiro-Wilka była największa. Po wyznaczeniu wskaźników SPI bezpośrednio z rozkładu gamma (SPI_G) i z rozkładu normalnego z zastosowaniem

transformacji (SPI_N) zidentyfikowano warunki opadowe we wszystkich miesiącach w roku w wieloleciu 1946–2003.

W tabeli 3 znajdują się także wartości współczynników skośności dla da-

nych empirycznych przed transformacją i po jej zastosowaniu. Przy dokonywaniu wyboru najlepszej transformacji w przeprowadzonych badaniach nie kierowano się wartością współczynnika skośności. Wartości współczynników skośności dla danych, na podstawie których zostały wykonane badania w tej pracy, są tylko potwierdzeniem dokonanego wcześniej wyboru z zastosowaniem testu Shapiro-Wilka.

Wyniki klasyfikacji warunków opadowych pod względem ich nadmiarów lub niedoborów w wieloleciu 1946–2003 za pomocą obu metod przedstawiono przykładowo dla lipca w tabeli 4.

Z tabeli 4 wynika, że procent identycznych zakwalifikowań za pomocą

SPI_G i SPI_N w lipcu w wieloleciu 1946–2003 wynosi 98%. Poza rokiem 1952 w lipcu, w którym istnieje różnica w zakwalifikowaniu warunków opadowych, w pozostałych latach zakwalifikowania za pomocą SPI_N i SPI_G są identyczne. W tym jednym przypadku otrzymujemy wprawdzie różne zakwalifikowania, ale dotyczy to sąsiadujących klas. Do badania zgodności wskaźnika *SPI* wyznaczonego dwiema omówionymi metodami, wykorzystano także test t-Studenta w celu porównania średnich dla prób zależnych. Procent identycznych zakwalifikowań a także wyniki testowania hipotezy dla średnich, dla prób zależnych za pomocą testu t-Studenta dla

TABELA 4. Klasyfikacja warunków opadowych w lipcu w wieloleciu 1946–2003 w Bydgoszczy za pomocą SPI_N oraz SPI_G

TABLE 4. Precipitation conditions classification according to SPI_N and SPI_G in Bydgoszcz in July in the years 1946–2003

Rok	SPI_G	Klasyfikacja SPI_G	SPI_N	Klasyfikacja SPI_N	SPI_G-SPI_N
1	2	3	4	5	6
1946	-0,87	warunki normalne	-0,87	warunki normalne	0,00
1947	-0,61	warunki normalne	-0,61	warunki normalne	0,01
1948	0,49	warunki normalne	0,49	warunki normalne	0,00
1949	0,36	warunki normalne	0,36	warunki normalne	0,00
1950	-0,05	warunki normalne	-0,06	warunki normalne	0,01
1951	0,16	warunki normalne	0,15	warunki normalne	0,00
1952	-2,03	susza ekstremalna	-1,97	susza silna	-0,06
1953	0,19	warunki normalne	0,19	warunki normalne	0,00
1954	1,98	bardzo wilgotny	1,97	bardzo wilgotny	0,01
1955	0,59	warunki normalne	0,59	warunki normalne	0,00
1956	-0,28	warunki normalne	-0,29	warunki normalne	0,01
1957	1,71	bardzo wilgotny	1,70	bardzo wilgotny	0,01
1958	-0,12	warunki normalne	-0,12	warunki normalne	0,01
1959	1,41	wilgotny	1,41	wilgotny	0,00
1960	1,84	bardzo wilgotny	1,83	bardzo wilgotny	0,01
1961	1,27	wilgotny	1,27	wilgotny	0,00

Tabela 4 cd.
Table 4 cont.

1	2	3	4	5	6
1962	-0,75	warunki normalne	-0,75	warunki normalne	0,00
1963	-1,37	susza umiarkowana	-1,36	susza umiarkowana	-0,01
1964	-1,35	susza umiarkowana	-1,34	susza umiarkowana	-0,01
1965	-0,77	warunki normalne	-0,78	warunki normalne	0,00
1966	0,82	warunki normalne	0,81	warunki normalne	0,00
1967	0,18	warunki normalne	0,18	warunki normalne	0,00
1968	-0,39	warunki normalne	-0,39	warunki normalne	0,01
1969	-2,23	susza ekstremalna	-2,15	susza ekstremalna	-0,08
1970	0,39	warunki normalne	0,39	warunki normalne	0,00
1971	-0,34	warunki normalne	-0,35	warunki normalne	0,01
1972	-0,48	warunki normalne	-0,48	warunki normalne	0,01
1973	0,68	warunki normalne	0,68	warunki normalne	0,00
1974	0,77	warunki normalne	0,77	warunki normalne	0,00
1975	0,19	warunki normalne	0,18	warunki normalne	0,00
1976	-0,24	warunki normalne	-0,25	warunki normalne	0,01
1977	0,25	warunki normalne	0,25	warunki normalne	0,00
1978	-0,70	warunki normalne	-0,70	warunki normalne	0,00
1979	-0,13	warunki normalne	-0,14	warunki normalne	0,01
1980	1,74	bardzo wilgotny	1,73	bardzo wilgotny	0,01
1981	1,76	bardzo wilgotny	1,75	bardzo wilgotny	0,01
1982	-1,21	susza umiarkowana	-1,20	susza umiarkowana	-0,01
1983	-1,63	susza silna	-1,61	susza silna	-0,02
1984	0,43	warunki normalne	0,42	warunki normalne	0,00
1985	0,22	warunki normalne	0,22	warunki normalne	0,00
1986	-0,80	warunki normalne	-0,81	warunki normalne	0,00
1987	-0,13	warunki normalne	-0,13	warunki normalne	0,01
1988	0,31	warunki normalne	0,31	warunki normalne	0,00
1989	-1,57	susza silna	-1,55	susza silna	-0,02
1990	0,01	warunki normalne	0,00	warunki normalne	0,00
1991	-1,25	susza umiarkowana	-1,24	susza umiarkowana	-0,01
1992	-1,22	susza umiarkowana	-1,21	susza umiarkowana	-0,01
1993	0,37	warunki normalne	0,37	warunki normalne	0,00
1994	-1,16	susza umiarkowana	-1,15	susza umiarkowana	0,00
1995	-1,28	susza umiarkowana	-1,27	susza umiarkowana	-0,01
1996	0,32	warunki normalne	0,32	warunki normalne	0,00

Tabela 4 cd.
Table 4 cont.

1	2	3	4	5	6
1997	1,04	wilgotny	1,04	wilgotny	0,00
1998	0,51	warunki normalne	0,51	warunki normalne	0,00
1999	-0,20	warunki normalne	-0,21	warunki normalne	0,01
2000	0,46	warunki normalne	0,46	warunki normalne	0,00
2001	1,56	bardzo wilgotny	1,55	bardzo wilgotny	0,01
2002	0,02	warunki normalne	0,01	warunki normalne	0,00
2003	1,11	wilgotny	1,11	wilgotny	0,00

Źródło: Obliczenia własne/Source: Own elaboration.

wszystkich miesięcy w roku, w wieloleciu 1946–2003 znajdują się w tabeli 5.

Wyniki przeprowadzonego testu t-Studenta (tab. 5) wskazują na dużą zgodność średnich we wszystkich miesiącach. Procent identycznych zakwalifikowań warunków opadowych (tab. 5) w kolejnych miesiącach roku świadczy także o zgodności obu zaproponowanych metod.

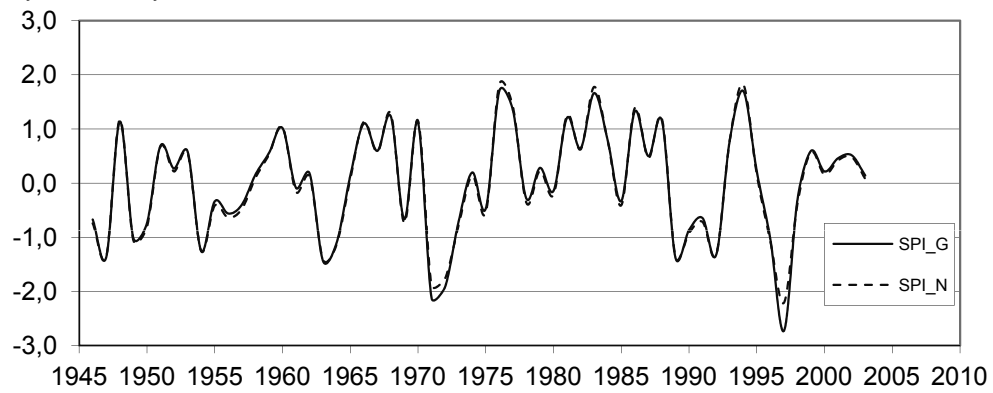
Różnice pomiędzy wskaźnikami wyznaczonymi z zastosowaniem rozkładu gamma (SPI_G) i z zastosowaniem transformacji prowadzących do rozkładu normalnego (SPI_N) w kolejnych miesiącach od stycznia do grudnia w wieloleciu 1946–2003 przedstawiono na rysunku 1. Analizę rysunków należy połączyć z wynikami znajdującymi się w tabeli 5. Przeprowadzona analiza wskazuje na to, że obie metody wykazują bardzo dobrą zgodność w klasyfikacji warunków opadowych, wobec tego można je stosować zamiennie.

TABELA 5. Ocena zgodności współczynników SPI_G i SPI_N

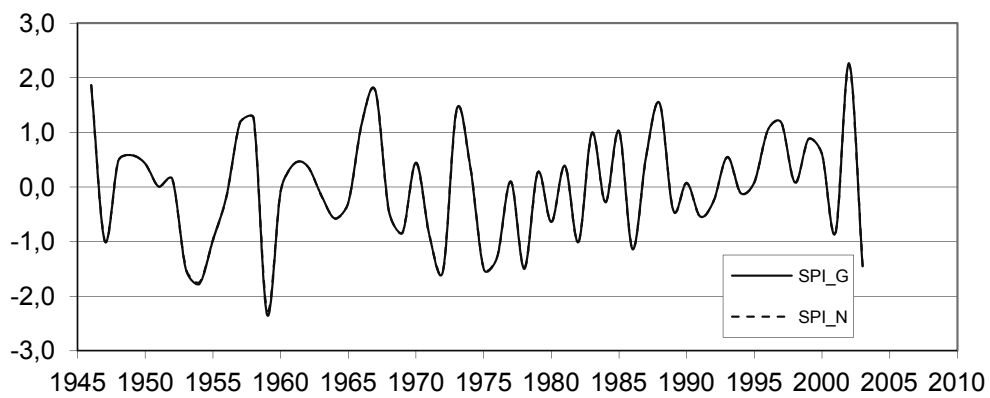
TABLE 5. Consistency assesment of coefficients SPI_G i SPI_N

Miesiąc Month	p-wartość p-value	Procent identycznych zakwalifikowań Percentage of identical classification
Styczeń January	0,79	98
Luty February	0,97	95
Marzec March	0,74	100
Kwiecień April	0,33	100
Maj May	0,79	98
Czerwiec June	0,60	93
Lipiec July	0,87	98
Sierpień August	0,89	95
Wrzesień September	0,77	97
Październik October	0,90	100
Listopad November	0,86	98
Grudzień December	0,69	97

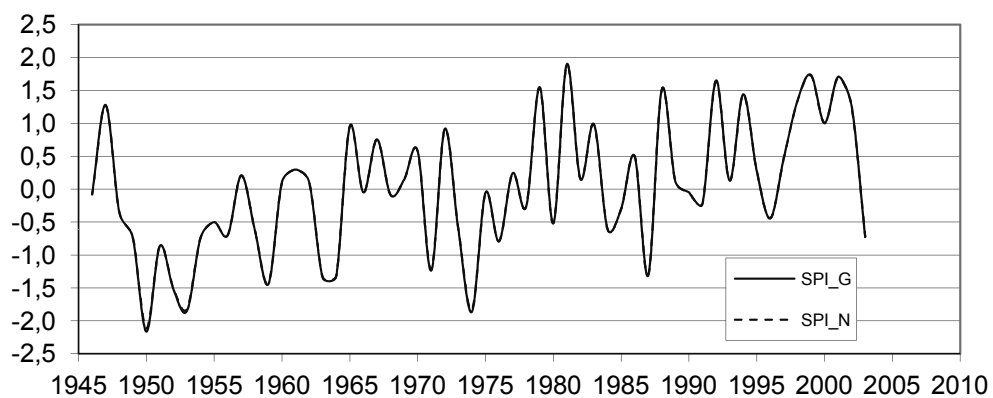
styczeń/January



luty/February



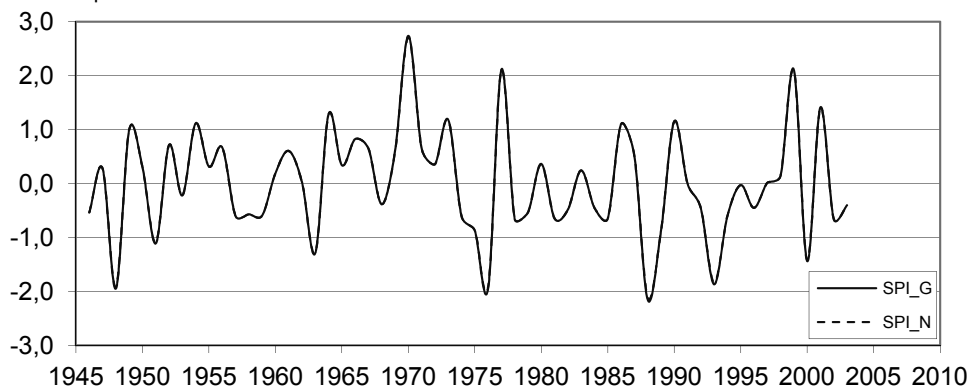
marzec/March



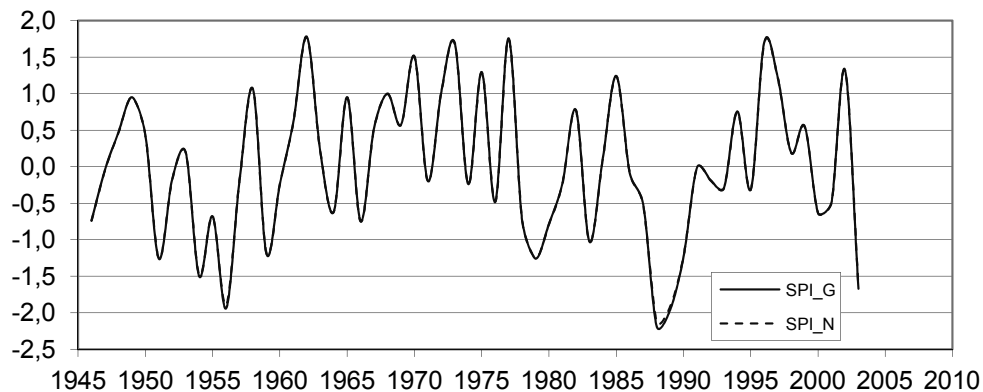
RYSUNEK 1. SPI_N i SPI_G dla miesięcy w wieloleciu 1946–2003 w Bydgoszczy

FIGURE 1. SPI_N and SPI_G for months in years 1946–2003 in Bydgoszcz

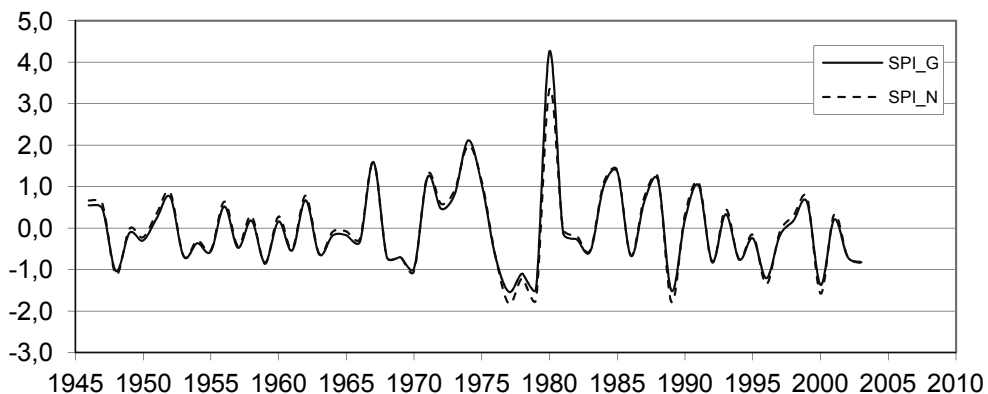
kwiecień/April



maj/May

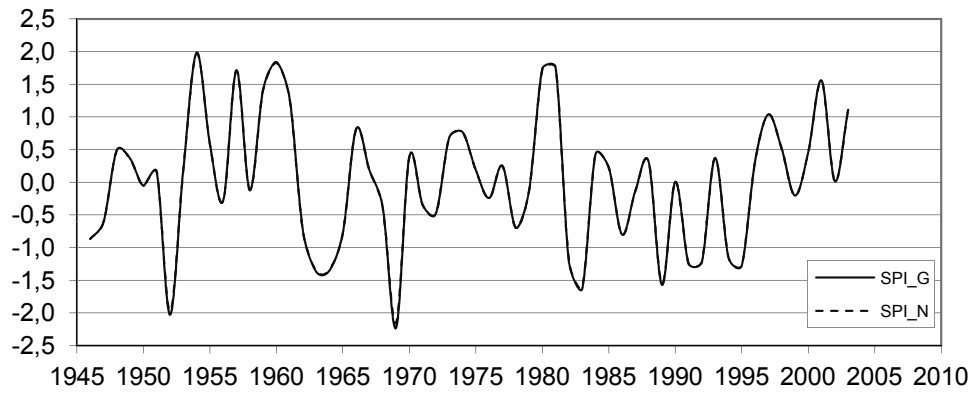


czerwiec/June

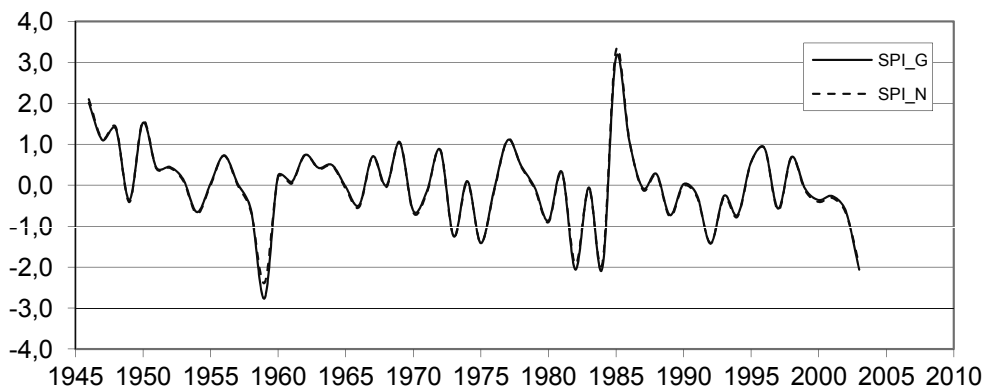


RYSUNEK 1. cd
FIGURE 1. cont.

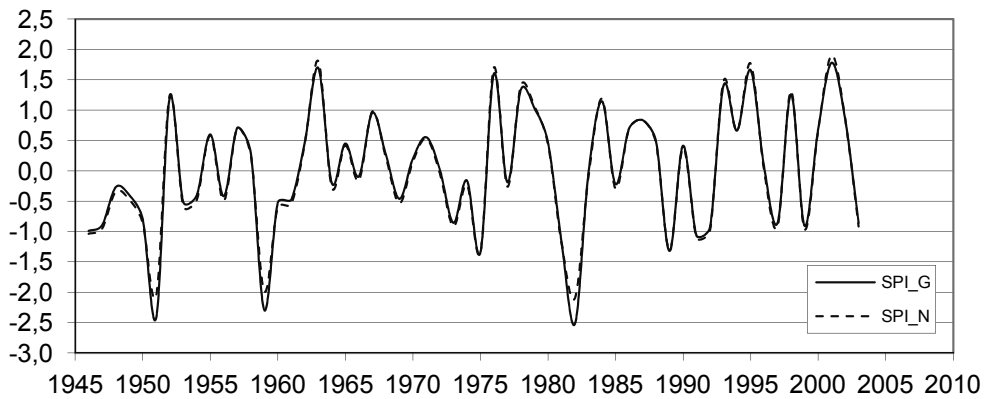
lipiec/July



sierpień/August

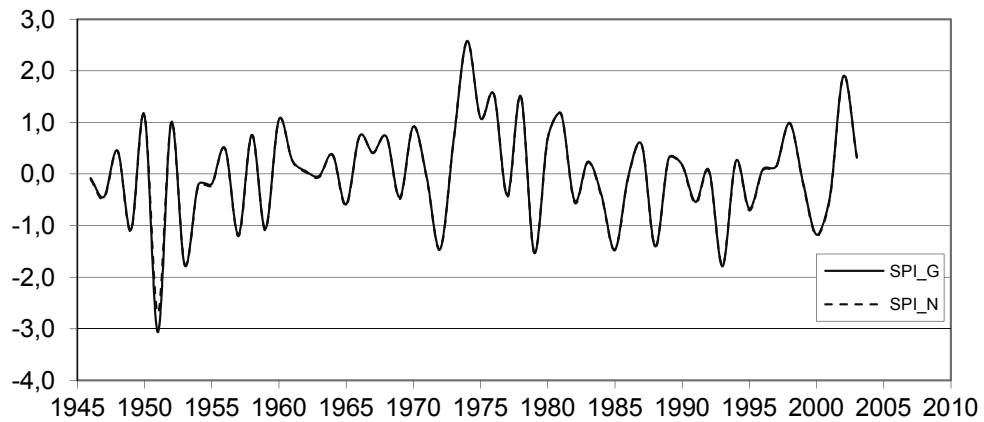


wrzesień/September

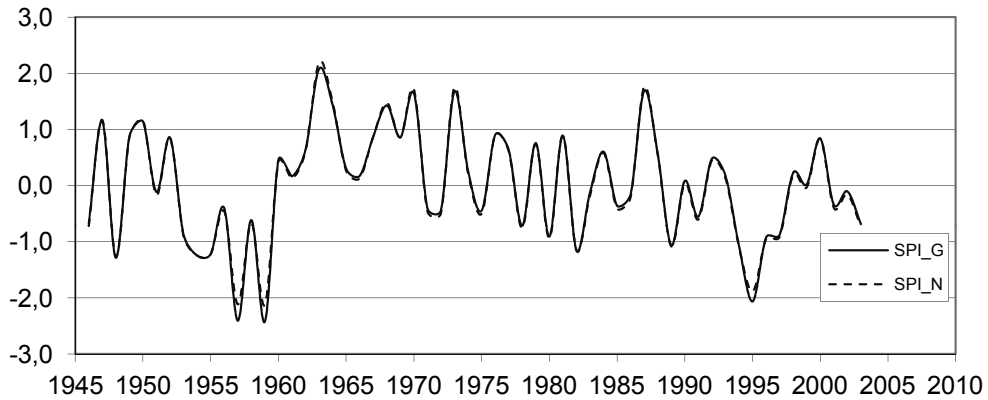


RYSUNEK 1. cd
FIGURE 1. cont.

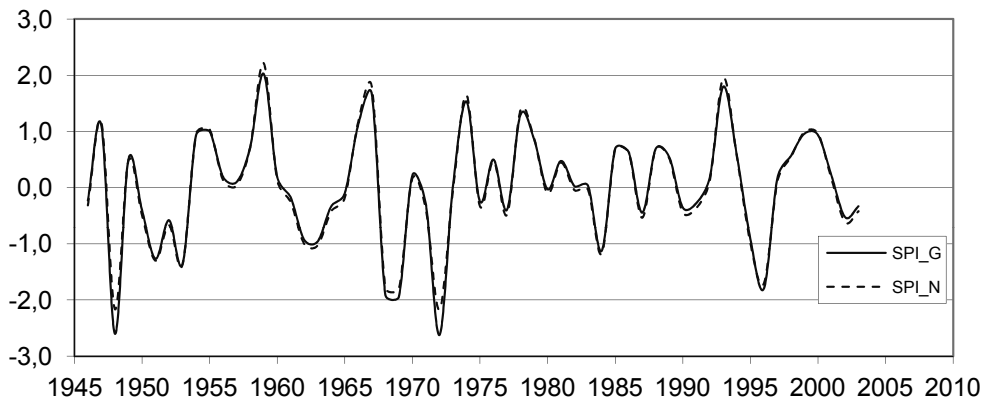
październik/October



listopad/November



grudzień/December



RYSUNEK 1. cd

FIGURE 1. cont.

Wnioski

1. Z przeprowadzonych analiz wynika, że metoda bezpośredniego wyznaczania wskaźnika standaryzowanego opadu z rozkładu gamma, któremu podlegają miesięczne sumy opadów w wieloletniu 1946–2003 w Bydgoszczy (stacja Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego), daje niemal identyczne zakwalifikowania warunków opadowych, co metoda polegająca na zastosowaniu transformacji prowadzących do rozkładu normalnego.
2. Uzyskana weryfikacja zgodności obu zastosowanych metod na materiale badawczym pochodzącym ze stacji Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w wieloletniu 1946–2003 potwierdza wcześniej przeprowadzone badania na materiale empirycznym pochodzącym ze stacji Wrocław-Swojec w wieloletniu 1964–2009.
3. Z dwóch stosowanych metod, metoda bezpośredniego wyznaczania wskaźnika standaryzowanego opadu z rozkładu gamma jest mniej pracochłonna w przeciwieństwie do metody polegającej na znajdowaniu transformacji przekształcających rozkład gamma w rozkład normalny.

Literatura

- Edwards, D.C. i Mckee, T.B. (1997). *Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple scales. Climatology Report*. Fort Collins: Department of Atmospheric Science Colorado State University.
- Gąsiorek, E., Grządziel, M., Musiał, E. i Rojek, M. (2012). Porównanie wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI) wyznaczonego za pomocą rozkładu gamma i rozkładu normalnego dla miesięcznych sum opadów. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN 3/III 2012*, 197-209.
- Kaczmarek, Z. (1970). *Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii*. Warszawa: WKiŁ.
- Krishnamoorthy, K., Mathew, T. i Mukherjee, S. (2008). Normal-based methods for a Gamma Distribution: prediction and tolerance intervals and stress-strength reliability. *Technometrics*, 50 (1), 69-78.
- Łabędzki, L. (2006a). *Susze rolnicze: zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Wydanie 17 z Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie: Rozprawy Naukowe i Monografie. Falenty: Wydawnictwo Instytut Melioracji i Użytków Zielonych.
- Łabędzki, L. (2006b). *O dwóch metodach wyznaczania wskaźnika suszy meteorologicznej SPI*. Materiały XXXVI Seminarium Zastosowań Matematyki, ISBN 83-918217-3-0, 41-47.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. i Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proc. 8th Conf. Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, Proc 8th*, 179-184.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. i Kleist, J. (1995). *Drought monitoring with multiple time scales*. Conf. Applied Climatology, 15-20 January 1995, Dallas Texas, Preprints 9th, 233-236.
- Thom, H.C.S. (1958). A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review*, 86, 117-122.

Streszczenie

Wyznaczanie wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI) z zastosowaniem rozkładu gamma. W prezentowanej pracy autorzy skorzystali z danych pomiarowych pochodzących ze stacji Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w wieloletniu 1946–2003 i przeprowadzili analizę zgodności otrzymanych wartości wskaźników standaryzowanego opadu (SPI) otrzymanych dwiema metodami. Pierwsza z nich polega na wyznaczeniu SPI bezpo-

średnio z dopasowanego rozkładu gamma, któremu podlegają miesięczne sumy opadów w wieloleciu 1946–2003 w Bydgoszczy, a druga na zastosowaniu transformacji prowadzących do rozkładu normalnego. Celem tej pracy była weryfikacja zaproponowanych wcześniej metod na nowym materiale empirycznym. Z dwóch stosowanych metod, metoda bezpośredniego wyznaczania wskaźnika SPI z rozkładu gamma jest mniej pracochłonna i daje lepszą ocenę warunków opadowych niż metoda polegająca na znajdowaniu transformacji przekształcających rozkład gamma w rozkład normalny.

Summary

Calculation of standardized precipitation index (*SPI*) with the use of gamma distribution. In the current paper the authors have used the data from the Institute of Technology and Natural Sciences observatory in Bydgoszcz in 1946–2003 period. They have

analyzed the consistency of standardized precipitation index (*SPI*) values, calculated with the use of two different methods. The first one extracts *SPI* directly from gamma distribution, with the assumption that monthly precipitation sums in 1946–2003 in Bydgoszcz are gamma distributed. The second method is based on the transformations of data leading to normal distribution. The aim of this paper was to verify the previously proposed methods on new empirical data. Out of those two methods, the direct calculation of *SPI* from gamma distribution is less time consuming and gives better evaluation of precipitation conditions than the method based on transformation from gamma to normal distribution.

Author's address:

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Katedra Matematyki
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
Poland
e-mail: elzbieta.musial@up.wroc.pl