

*Leszek Kuchar<sup>1</sup>, Leslie A. Hunt<sup>2</sup>, Clarence J. Swanton<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

<sup>2</sup> *University of Guelph, Department of Crop Science, Kanada*

## **Generowanie dobowych danych meteorologicznych na potrzeby modeli rolniczych**

### **Wstęp**

Dane meteorologiczne są podstawową informacją wejściową do opracowywania modeli rolniczych. Często jednak danych tych brak, są niewystarczające lub niekompletne. Dużym postępem w ich pozyskiwaniu jest zastosowanie metod generowania danych meteorologicznych (weather generators) [7, 15]. W myśl założeń metody, generowanie danych polega na tworzeniu ciągów — najczęściej obserwacji dobowych — wybranych zmiennych meteorologicznych, zgodnych z charakterystyką klimatyczną miejsca, dla którego są opracowywane. Parametry rozkładów prawdopodobieństwa zmiennych meteorologicznych — czyli takie wielkości, jak średnie arytmetyczne, wariancje, korelacje i autokorelacje — określane w różnych okresach (rok, okres wegetacji, pora roku, miesiąc), obliczone dla danych wygenerowanych, są równe odpowiednim wielkościom obliczonym dla danych obserwowanych [3, 5, 14].

Najważniejsze formy zastosowania metod tworzących dane syntetyczne [1, 2, 9, 15, 16] to:

- różnego rodzaju badania symulacyjne wpływu zmian klimatu na produkcję roślinną,
- ocena i rejonizacja nowych odmian,
- prognozowanie efektów produkcji rolniczej,
- ocena wymagań roślin (nawożenie, nawadnianie),
- ocena systemów decyzyjnych.

## Metody generowania danych pogodowych

W literaturze światowej opisano kilka metod generowania dobowych wartości zmiennych meteorologicznych opracowanych na potrzeby symulacyjnych modeli rolniczych [2, 3, 4, 9, 15]. Autorzy prac wykorzystujących generatory najczęściej posługują się metodami opracowanymi przez Bruhna i in. [3], Larsena i Pense [9], Richardsona i Wrighta [14] lub procedurami powstałymi na podstawie wymienionych prac [6, 7]. W znanych symulacyjnych modelach wzrostu roślin typu CERES, GRO [7] czy CROPSIM [8] wykorzystuje się metodę Richardsona [15] oraz jej uproszczoną wersję zaproponowaną przez Genga i in. [5]. Z powodu zastosowania licznych oryginalnych rozwiązań, a także kompromisu pomiędzy bardzo zaawansowanymi metodycznie i operacyjnymi procedurami model ten zasługuje na szerokie upowszechnienie w rolnictwie.

Metoda Richardsona (WGEN) generuje dobowe wartości promieniowania całkowitego ( $SR$ ), temperatur maksymalnych ( $T_{max}$ ), minimalnych ( $T_{min}$ ) oraz opadów ( $P$ ) na podstawie charakterystyki klimatycznej uzyskanej dla danej stacji. Model składa się z dwóch bloków: wodnego i energetyczno-cieplnego. Stan danego dnia (z opadem/bez opadu) w bloku wodnym wpływa na wartości promieniowania całkowitego i temperatur tego dnia w bloku termiczno-energetycznym. Stan dnia zdefiniowany jest przy użyciu łańcuchów Markowa pierwszego rzędu, to jest prawdopodobieństwa  $Pr(W/W)$ ,  $Pr(W/D)$ ,  $Pr(D/W)$  i  $Pr(D/D)$ , gdzie W i D oznaczają odpowiednio zdarzenia polegające na zaobserwowaniu dnia z opadem lub bez opadu, a wymienione wielkości określają prawdopodobieństwa stanu dnia obecnego pod warunkiem stanu dnia poprzedniego. Stan dnia determinuje również opady, które generowane są przy użyciu dwuparametrycznego rozkładu gamma  $\Gamma(\alpha, \beta)$  opisującego ich wysokość [2, 15].

Wielkości  $Pr(W/W)$ ,  $Pr(W/D)$ ,  $Pr(D/W)$ ,  $Pr(D/D)$ ,  $\alpha$  oraz  $\beta$  są określane dla każdego dnia w roku i przybliżane za pomocą funkcji harmonicznej [14].

Dobowe wartości wektora  $x_i$  o składowych: promieniowanie całkowite ( $SR$ ), temperatura maksymalna ( $T_{max}$ ) i minimalna ( $T_{min}$ ), określone dla  $i$ -tego dnia, zdefiniowane są następująco [10]:

$$d_i = A \cdot d_{i-1} + B \cdot e_i \quad (1)$$

gdzie:

$d_i$  — wektor reszt (3x1) uzyskanych w standaryzacji  $d_i = (x_i - \bar{x}_i)/s_i$ , gdzie  $\bar{x}_i$  oraz  $s_i$  są znanymi wektorami średnich arytmetycznych oraz odchyień

standardowych dla  $i$ -tego dnia roku zmiennych:  $SR$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , a także stanu dnia (z opadem, bez opadu);

$e_i$  — wektor ( $3 \times 1$ ) reszt o składowych podlegających rozkładowi normalnemu ze średnią 0 i wariancją 1;

$A$ ,  $B$  — macierze ( $3 \times 3$ ) otrzymane w oparciu o równania:  $A = M_1 M_0^{-1}$ ,  $BB^T = M_0^{-1} A M^T$ , w których  $M_0$ ,  $M_1$  są macierzami korelacji typu cross, lag i lag-cross correlation o rozmiarach  $3 \times 3$ , zmiennych  $SR$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ; symbole ‘ $-1$ ’ oraz ‘ $T$ ’ oznaczają operacje odwracania i transpozycji macierzy;

$i$  — dzień roku dla którego generowane są wartości zmiennych meteorologicznych.

Macierze  $A$  i  $B$  określone są na podstawie danych meteorologicznych ze 139 stacji w Stanach Zjednoczonych AP. Elementy obu macierzy  $A$  i  $B$  są wielkościami uśrednionymi bez względu na położenie geograficzne i porę roku [14, 15].

Tworzenie wartości  $SR$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $P$  rozpoczyna się w dniu 1 stycznia ( $i = 1$ ). W pierwszym kroku generuje się dwie wartości z przedziału  $[0,1]$  według rozkładu jednostajnego. Liczby te na podstawie prawdopodobieństw  $Pr(W/W)$ , ...,  $Pr(D/D)$  determinują stan dnia (jeśli prawdopodobieństwo dnia z opadem wynosi  $p_0$ , a wygenerowana wartość jest mniejsza od  $p_0$  — przyjmuje się dzień z opadem; w przeciwnym razie zakłada się, że dzień jest bez opadu). W przypadku określenia dnia z opadem generowana jest jego wysokość według rozkładu gamma  $\Gamma(\alpha, \beta)$  z parametrami oszacowanymi dla  $i$ -tego dnia roku. Dienne wartości promieniowania słonecznego, temperatur maksymalnych i minimalnych są tworzone w trzech krokach. Jako pierwsze (na podstawie rozkładu normalnego) generowane są wartości wektora  $e_i$ ; następnie wartości reszt  $d_i$  obliczane na podstawie wzoru (1), na końcu zaś wielkości  $x_i$  dla danych wektorów  $d_i$ ,  $\bar{x}_i$  oraz  $s_i$  (dla pierwszego generowanego dnia przyjmuje się  $d_{i-1} = 0$ ). Obliczanie wielkości  $x_i$  dla promieniowania i maksymalnych temperatur wykonywane jest z podziałem na dni mokre i suche, natomiast w przypadku temperatur minimalnych bez takiego podziału.

Po utworzeniu ciągu obserwacji dla 1 stycznia ponownie generuje się liczbę z przedziału  $[0,1]$  (według rozkładu jednostajnego), określa prawdopodobieństwo dnia z opadem i powtarza wcześniej opisaną procedurę. Proces kończy się w ostatnim dniu roku, gdy wygenerowana zostanie zadeklarowana wstępnie liczba tworzonych lat obserwacji [15]. Dla zapewnienia prawidłowej estymacji parametrów procedura wymaga 20 lat obserwacji [14, 15].

Model WGEN ma wiele implementacji na komputer. Najczęściej generowane są dane dobowe na podstawie informacji klimatologicznej dwutygodniowej lub mie-

sięcznej [7, 14]. Równolegle stosowane są rozkłady prawdopodobieństw — wykładniczy oraz gamma — dla określania dobowych sum opadów. Prawdopodobieństwa przejścia  $\Pr(W/W)$ , ...,  $\Pr(D/D)$ , parametry rozkładu  $\alpha$ ,  $\beta$  oraz średnie wartości i odchylenia standardowe zmiennych są przybliżane funkcjami harmonicznymi albo funkcjami stałymi w okresach dwutygodniowych lub miesięcznych. Współczynniki zmienności (na ich podstawie wylicza się odchylenia standardowe) stosowane są równolegle ze standardowymi odchyleniami do określania rocznych przebiegów generowanych zmiennych [5, 7].

### Przykład generowania danych dobowych

---

W celu zilustrowania działania metody posłużono się programem WEATHER-MAN, będącym implementacją na komputer klasy PC generatora WGEN [7]. Wygenerowano 300 lat dobowych obserwacji sum promieniowania całkowitego ( $SR$ ), średniej wartości temperatury maksymalnej ( $T_{\max}$ ) i minimalnej ( $T_{\min}$ ) oraz sum opadów ( $P$ ). Obliczenia wykonano wykorzystując 21-letnie dane dobowe (1975–1995) ze stacji doświadczalnej w Elora należącej do sieci pomiarowej Environment Canada, Atmospheric Environment Service w Prowincji Ontario (Kanada). Stacja w Elora ( $43^{\circ}39'N$ ,  $80^{\circ}25'W$ ) znajduje się 376 m n.p.m. w odległości około 150 km na zachód od Toronto, w południowej części prowincji, w wilgotno-kontynentalnej strefie klimatycznej. Podstawowe informacje klimatyczne stacji zamieszczono w tabeli 1.

Promieniowanie całkowite mierzono w jednogodzinowych odstępach czasu i wyrażano w megadžulach na metr kwadratowy ( $MJ/m^2$ ) z progiem oświetlenia 1000 jednostek (lumen/godzina), a następnie przeliczano na sumy dobowe. Temperatury maksymalne i minimalne odczytywano w skali Celsiusa ( $^{\circ}C$ ), natomiast opady określano na podstawie dobowych wartości w stanie ciekłym (mm).

Dane wygenerowane i obserwowane porównano ze względu na wartości średnie, odchylenia standardowe i korelacje pomiędzy zmiennymi meteorologicznymi w różnych przedziałach czasu (w przypadku korelacji rozważano jedynie okresy roczne). Wszystkie parametry obliczano w kolejnych latach, a następnie wyznaczano ich średnią oraz odchylenia standardowe, które dotyczyły średnich obliczanych odpowiednio dla 21 i 300 lat obserwacji.

Współczynniki korelacji wyznaczono dla trzech parametrów z wyłączeniem opadów. Założono, że zgodnie z podziałem metody na bloki, podstawowe znaczenie mają korelacje zmiennych w bloku termiczno-energetycznym, natomiast nie należy



**Tabela 1.** Wartości średnie oraz odchylenia standardowe dla obserwowanych i generowanych danych promieniowania całkowitego, temperatury maksymalnej i minimalnej oraz opadów w różnych okresach kalendarzowych — stacja doświadczalna w Elora

Okres i rodzaj danych	Zmienne <sup>a</sup>								
	SR [MJ/m <sup>2</sup> ]		T <sub>max</sub> [°C]		T <sub>min</sub> [°C]		P [mm]		
	$\bar{x}$	Sd	$\bar{x}$	Sd	$\bar{x}$	Sd	suma	Sd	
Rok <sup>b</sup>	obserwowane (o)	13,5	8,5	11,1	11,8	1,6	10,3	868	105
	generowane (g)	13,5	8,3*	10,9	12,0	1,4	10,6	880	95
Sezon wegetacyjny <sup>b</sup>	o	15,8	8,8	15,5	9,4	5,4	8,0	715	91
	g	15,7	8,2	15,7	9,5	5,5	8,2	710	86
Styczeń	o	6,2	2,7	-4,3	5,1	-11,7	6,3	54,3	25,4
	g	6,2	2,3	-4,4	5,1	-12,4	6,3	55,8	20,1
Luty	o	9,9	3,9	-3,5	5,0	-11,3	6,5	40,0	22,6
	g	9,8	3,4	-4,2	4,8	-11,2	5,8	39,2	18,6
Marzec	o	13,8	5,9	1,9	6,6	-6,5	6,2	62,1	25,0
	g	13,3	5,0*	1,5	6,1	-7,3	6,1	62,0	22,5
Kwiecień	o	16,6	7,9	10,2	6,3	0,5	4,5	73,9	24,9
	g	16,3	6,7*	10,1	6,3	0,4	4,4	72,3	21,2
Maj	o	19,7	8,2	18,0	5,4	6,3	4,5	74,3	28,0
	g	19,7	7,6	18,2	5,6	6,3	4,5	72,8	22,5
Czerwiec	o	22,8	7,9	22,7	4,3	10,9	4,1	79,9	35,8
	g	22,8	7,1*	23,0	4,0	11,2	3,8	78,1	29,6
Lipiec	o	22,5	6,7	25,3	3,3	13,7	3,6	79,8	43,1
	g	22,6	6,0*	25,5	3,2	14,1	3,1	81,0	36,8
Sierpień	o	18,8	6,5	24,0	3,6	12,8	3,6	100,4	49,8
	g	18,9	6,0	24,6	3,0	13,6	3,2	102,3	38,9
Wrzesień	o	14,1	6,1	19,1	4,5	8,5	4,8	94,7	43,2
	g	14,1	5,3*	19,2	4,4	8,5	4,5	91,7	32,6
Październik	o	9,0	4,7	12,4	4,8	3,1	4,3	74,0	22,9
	g	9,1	4,1*	12,3	4,8	3,1	4,1	73,1	21,0
Listopad	o	5,2	3,4	5,4	5,4	-1,5	4,4	75,6	34,8
	g	5,1	2,5*	5,6	5,4	-1,4	4,2	77,6	31,2
Grudzień	o	4,6	2,2	-1,4	4,7	-8,0	5,7	64,7	31,5
	g	4,4	1,9	-1,4	4,7	-8,4	5,4	66,2	30,4

<sup>a</sup> SR — dobową sumą promieniowania, T<sub>max</sub> — średnia temperatura maksymalna,

T<sub>min</sub> — średnia temperatura minimalna;

<sup>b</sup> rok: styczeń–grudzień, okres wegetacji: marzec–listopad;

\* — oznacza istotne różnice na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

korelować promieniowania (temperatury) i opadu [6, 14, 15]. Korelacje oceniano za pomocą współczynników korelacji liniowej, dzieląc je na trzy grupy: lag korelacji (autokorelacji) — bieżącego pomiaru z pomiarem dnia poprzedniego danego parametru, cross korelacji — bieżących pomiarów i różnych parametrów, oraz lag-cross korelacji określających związki pomiędzy różnymi parametrami w dniu bieżącym i poprzednim. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabelach 1 i 2. Porównanie parametrów statystycznych obliczonych dla danych obserwowanych oraz generowanych wskazuje na małe różnice wszystkich rozważanych zmiennych (tab. 1).

Błędy odchyień standardowych są większe niż błędy dla średnich. W dłuższych okresach (rok, sezon wegetacyjny) różnice bezwzględne — zarówno dla średnich, jak i odchyień standardowych — są znacznie mniejsze niż w krótszych (miesiąc). Stosunkowo największe rozbieżności średnich wartości notowano dla temperatur

**Tabela 2.** Porównanie współczynników korelacji typu lag, cross oraz lag-cross dla danych mierzonych i generowanych promieniowania całkowitego, maksymalnej i minimalnej temperatury w okresach rocznych — stacja doświadczalna w Elora

Typ korelacji	Zmienne korelowane <sup>a</sup>	Współczynniki korelacji	
		dane obserwowane	dane generowane
Lag	<i>SR</i>	0,65	0,70
	<i>T<sub>max</sub></i>	0,93	0,93
	<i>T<sub>min</sub></i>	0,90	0,92
Cross	<i>SR</i> — <i>T<sub>max</sub></i>	0,57	0,65*
	<i>SR</i> — <i>T<sub>min</sub></i>	0,40	0,51*
	<i>T<sub>max</sub></i> — <i>T<sub>min</sub></i>	0,91	0,92
Lag — Cross <sup>b</sup>	<i>SR</i> — <i>T<sub>max</sub></i>	0,52	0,60*
	<i>SR</i> — <i>T<sub>min</sub></i>	0,46	0,53*
	<i>T<sub>max</sub></i> — <i>SR</i>	0,60	0,63
	<i>T<sub>max</sub></i> — <i>T<sub>min</sub></i>	0,85	0,88
	<i>T<sub>min</sub></i> — <i>SR</i>	0,44	0,54*
	<i>T<sub>min</sub></i> — <i>T<sub>max</sub></i>	0,93	0,91

<sup>a</sup> *SR* — dobową sumą promieniowania; *T<sub>max</sub>* — średnia temperatura maksymalna; *T<sub>min</sub>* — średnia temperatura minimalna; <sup>b</sup> bieżący — poprzedzający dzień obserwacji; \* oznacza istotne różnice na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

minimalnych w okresach miesięcznych (styczeń, luty). Odchylenia standardowe różnią się o podobne wielkości bez względu na rozpatrywaną zmienną, jednak większe błędy obserwowano w krótszych okresach (miesiące). W większości przypadków odchylenia standardowe są nieznacznie nie doszacowane. Testy hipotez o równości średnich (obserwowanych vs. generowanych) nie doprowadziły do jej odrzucenia na poziomie  $\alpha = 0,05$  dla żadnej zmiennej ani żadnego przedziału czasu. Natomiast dla wariancji, w ośmiu przypadkach, promieniowanie słoneczne (*SR*) danych wygenerowanych okazało się istotnie mniejsze na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

Współczynniki korelacji obliczane w okresach rocznych wskazują na zbieżność ich wartości dla danych obserwowanych w stacji doświadczalnej z danymi wygenerowanymi. Jednakże w pięciu przypadkach odnotowano różnice istotne na poziomie 0,05.

## Ocena metody i dyskusja

---

Duża zgodność parametrów rozkładów zmiennych obserwowanych z generowanymi (wartości średnie i odchylenia standardowe) wskazuje na to, jak bliskie rzeczywistości są dane „syntetyczne” otrzymywane drogą symulacji.

Generując dane meteorologiczne, należy jednak pamiętać, że stosowane modele konstruowane są przy pewnych założeniach i dlatego obciążone są pewnymi wadami [12, 13]. Dla przykładu, stosowany model wykorzystuje łańcuchy Markowa pierwszego rzędu, co oznacza, że prawdopodobieństwa przejścia — przykładowo — od dnia z opadem do dnia bez opadu, szacowane na podstawie obserwacji oraz danych wygenerowanych, nie będą się różnić; natomiast przybliżanie prawdopodobieństw bardziej złożonych (prawdopodobieństwa przejścia w szeregach Markowa wyższego rzędu), na przykład opadu w dniu bieżącym pod warunkiem obserwowania opadu dnia poprzedniego oraz dwa dni wcześniej — związane będzie z większymi błędami [3, 9].

Efektom podobnych założeń w modelu WGEN są korelacje pomiędzy zmiennymi, odbiegające niekiedy od rzeczywistości. W rozważanym modelu za wymienione różnice odpowiadają macierze **A**, **B**, które ustalono dla przeciętnych warunków klimatycznych w USA, różniących się od regionu, w którym znajduje się stacja w Elora. Wymienione wcześniej uwagi wskazują na to, jak istotna jest znajomość metody generującej dane, aby w zależności od przeznaczenia posługiwać się odpowiednim modelem [7, 14].

Wybór metody związany jest również z zakresem dostępnych informacji o lokalnym klimacie (obserwacji) — modele bardziej skomplikowane wymagają bowiem do estymacji dłuższych ciągów obserwacji, których pozyskiwanie jest często trudne, a niekiedy niemożliwe. Na przykład, poważnym utrudnieniem może być brak jednorodności obserwacji na skutek zmian klimatu powstałych w następstwie działalności człowieka czy też zmiany lokalizacji stacji [3, 9]. W przypadku przedstawionego modelu wymóg 20 lat danych dobowych do estymacji jest zatem kompromisem zapewniającym uzyskiwanie dobrych danych przy stosunkowo niewielkich nakładach na pozyskiwanie informacji klimatycznych [15].

Konstrukcja modelu WGEN umożliwia jego modyfikację i adaptację do innych warunków klimatycznych. W tym wypadku możliwe jest doskonalenie jego słabszych stron, jak nie doszacowywanie wariancji czy też odbiegające niekiedy od rzeczywistości korelacje pomiędzy zmiennymi.

Następstwem uzyskiwania syntetycznych obserwacji jest szerokie ich zastosowanie. Do podstawowych należą tu symulacje w produkcji rolniczej wskutek oddziaływania potencjalnych zmian klimatu [12]. Generowanie danych dobowych według zadanego scenariusza modeli cyrkulacyjnych, a następnie uruchomienie modeli wzrostu roślin, umożliwia śledzenie zmian w plonowaniu, wybór odmian, modyfikowanie technik rolniczych [9, 11, 15]. Umiejętne posługiwanie się generatorami pozwala również na konstruowanie prognoz agrometeorologicznych (na przykład plonów) oraz na podejmowanie decyzji związanych z produkcją [1, 2, 7]. Warto wymienić także zastosowanie syntetycznych obserwacji w pracach związanych z rejonizacją oraz hodowlą roślin [12], a w przyszłości, jak należy sądzić, także w wielu innych nieznanych wypadkach.

Warto również podkreślić fakt, że modelowanie procesów w badaniach rolniczych z uwzględnieniem syntetycznych danych meteorologicznych umożliwia poważne oszczędności finansowe w doświadczeniach polowych i skraca długość czasu od eksperymentu do wyników [12].

## **Wnioski**

---

Przedstawiony model generowania dobowych danych meteorologicznych WGEN wraz z przykładem jego działania potwierdza tezę, według której metody tworzące dane syntetyczne są nowoczesnym narzędziem umożliwiającym szerokie ich zastoso-



wania w badaniach rolniczych; model WGEN jest dobrym ich reprezentantem, łączącym zaawansowaną metodykę ze skutecznością działania metod operacyjnych.

Dane generowane z zastosowaniem modelu WGEN nie różnią się istotnie od danych obserwowanych pod względem wartości średnich i wariancji określanych w rocznych, wegetacyjnych, dwumiesięcznych i miesięcznych przedziałach czasu.

Błędy estymacji dla kilku przypadków odchyłeń standardowych promieniowania całkowitego oraz w korelacjach pomiędzy zmiennymi można wyeliminować w procesie adaptacji modelu do danego klimatu.

## Literatura

- [1] Arkin G.F., Maas S.J., Richardson C.W. 1980. Forecasting grain sorghum yield using simulated weather data and updating techniques. *Transactions of ASAE* **23**(3): 676–680.
- [2] Bond D.C. 1979. Generating daily weather values by computer simulation techniques for crop yield forecasting models, Rep. Research Division, SRS, USDA, Washington D.C.
- [3] Bruhn J.A., Fry W.E., Fick G.W. 1980. Simulation of daily weather data using theoretical probability distributions. *J. Appl. Meteor.* 19: 1029–1036.
- [4] Geng S., Penning de Vries F.W.T., Supit I. 1985. Analysis and simulation of weather variable. Part II: Temperature and solar radiation. Simulation Report CABO-TT 5.
- [5] Geng S., Penning de Vries F.W.T., Supit I. 1986. A simple method for generating daily rainfall data. *Agric. and For. Meteorol.* 36: 363–376.
- [6] Geng S., Auburn J.S. 1987. Weather simulation models based on summaries of long-term data. IRRI, Manila. *Weather and Rice*: 237–354.
- [7] Hansen J.W., Pickering, N.B., Jones, J.W., Wells, C., Chan, H., Godwin, D.C. 1994. Weatherman. In DSSAT v3., Eds. Tsuji G.Y., Uehara G., Balas S. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, Vol. 3–3: 137–200.
- [8] Hunt L.A. 1994. User's manual for the CROPSIM-WHEAT simulation model: 1994 Version. Dept. of Crop Science Publication No. LAH-02-94, University of Guelph.
- [9] Larsen G., Pense R. 1982. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. *Agron. J.* 74: 510–514.
- [10] Matalas N.C. 1967. Mathematical assessment of synthetic hydrology. *Water Resources Res.* **3**(4): 937–945.
- [11] O'Leary G.J., Connor D.J., White D.H. 1985. A simulation model of the development, growth and yield of the wheat crop. *Agric. Syst.* 17: 1–26.
- [12] Penning de Vries F.W.T. 1977. Evaluation of simulation models in agriculture and biology: conclusions of workshop. *Agricultural Systems* 2: 99–107.
- [13] Rao C.R. 1987. Prediction of future observation in growth curve models. *Statistical Science* 2: 434–471.
- [14] Richardson C.W., Wright D.A. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8: 83 ss.

- [15] Richardson C.W. 1985. Weather simulation for crop management models. *Transactions of ASAE*: 28: 1602–1606.
- [16] de Wit C.T., Penning de Vries F.W.T. 1985. Predictive models in agricultural production. *Philosophical Transaction of the Royal Society*. London, B.310: 309–315.

## **Generating daily meteorological data for agronomic models**

---

### **Summary**

In the following paper the concept of weather generators producing synthetic meteorological data for use in agronomic models, is presented. A WGEN model that generates daily values of solar radiation, maximum and minimum temperature, and total precipitation was selected to show how the model works. The method was tested by comparing 300-years of generated data with 21 years of observed weather data, recorded for Elora Research Station (Ontario, Canada).

Statistical analysis of the data has revealed good correlation between the generated and observed weather data, suggesting that generated daily meteorological data, using the WGEN model, may be successfully used in agricultural modelling.

*Adres do korespondencji:  
Dr hab. Leszek Kuchar prof. AR  
Katedra Matematyki  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu  
Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska  
ul. Grunwaldzka 53  
50-357 Wrocław*