

STATYSTYCZNA OCENA WPŁYWU CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH
NA POBIERANIE WODY PRZEZ ROŚLINY UPRAWNE

Elżbieta Musiał, Tomasz Nowak

Zakład Zastosowań Matematyki, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

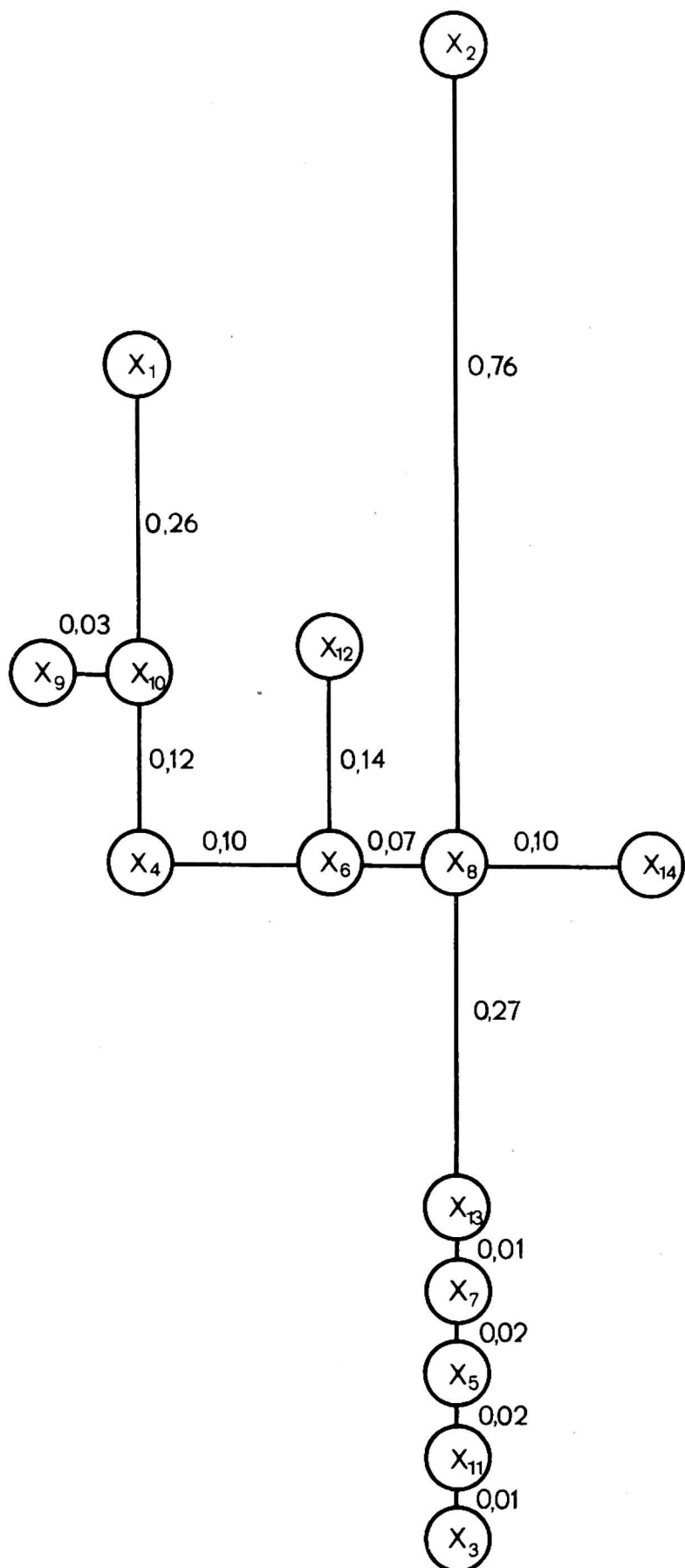
Praca obejmuje próbę statystycznego ujęcia wpływu czynników meteorologicznych na pobieranie wody przez następujące rośliny uprawne: mieszanka jara (jęczmień, peluszka, bobik), jęczmień odmiany Aramir, pszenica odmiany Kolibri, buraki odmiany PN-Mono 1, koniczyna odmiany Perska.

Rośliny uprawiano w hydroponikach w wersji wrocławskiej [6]. Pobieranie wody określano metodą hydropopotetometryczną [9]. Pomiar pobierania wody i czynników meteorologicznych prowadzono na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii AR we Wrocławiu.

Do analizy statystycznej wzięto 15 zmiennych, które oznaczono:

- x_1 - promieniowanie całkowite,
- x_2 - prędkość wiatru na wysokości 10 m,
- x_3 - temperatura powietrza (średnia dobową) - standard,
- x_4 - niedosyt wilgotności (średni dobowy) - standard,
- x_5 - temperatura dnia (7-21) na wysokości 2 m,
- x_6 - niedosyt wilgotności dnia (7-21) na wysokości 2 m,
- x_7 - temperatura powietrza o 12-tej na wysokości 2 m,
- x_8 - niedosyt wilgotności powietrza o 12-tej na wysokości 2 m,
- x_9 - parowanie wg ewaporometru Wilda,
- x_{10} - parowanie wg ewaporometru Wilda w dzień (7-21),
- x_{11} - temperatura mierzona na wysokości 50 cm,
- x_{12} - niedosyt wilgotności mierzony z wysokości 50 cm,
- x_{13} - temperatura o 13-tej mierzona z wysokości 50 cm,

x_{14} - niedosyt wilgotności o 13-tej mierzony z wysokości 50 cm,
 Y - zużycie wody przez rośliny uprawne.



Rys. 1. Dendryt odległości korelacyjnych dla 14 cech (wartości pentadowe)

Rozpatrzono wartości dobowe i pentadowe tych zmiennych w okresie od maja 1977 r. do października 1977 r.

Badania nad zużyciem wody przez rośliny uprawne przeprowadzono w następujących etapach:

1. Badanie jednorodności zbioru zmiennych x_1, \dots, x_{14} ,
2. Badanie struktury zbioru zmiennych x_1, \dots, x_{14} ,
3. Badanie modelu $y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$, gdzie x_{i_1}, \dots, x_{i_k} jest odpowiednio dobranym zespołem zmiennych.

Jednorodność zbioru zmiennych x_1, \dots, x_{14} zbadano przy pomocy dendrytu [10]. Zbudowano dendryt na podstawie tablicy odległości korelacyjnych wyrażonych wzorem:

$$d_{ij} = 1 - r_{ij}^2$$

r_{ij} - współczynnik korelacji cech x_i oraz x_j .

Rysunek 1 przedstawia dendryt dla wartości pentadowych. Przy pomocy dendrytu wydzielono wśród zmiennych x_1, \dots, x_{14} jednorodne grupy zmiennych. Są to: $\{x_1\}$ - I grupa; $\{x_2\}$ - II grupa;

$\{x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}\}$ - III grupa;

$\{x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{14}\}$ - IV grupa.

Podobne podziały na grupy otrzymano dla wartości dobowych.

Następnie w wyodrębnionych jednorodnych grupach zmiennych przeprowadzono badanie struktury zbioru cech. Strukturę zbioru cech w obrębie każdej z wydzielonych grup badano przez wybieranie reprezentacji cech metodą analizy regresji [1, 2, 3]. Stosując analizę regresji [4, 5, 7, 8] w każdej z grup wybrano zespół cech charakteryzujący się małą liczebnością i małą stratą informacji o całej grupie. Ilość informacji straconych zmierzono wielkością, która mówi jaka maksymalna część zmienności całkowitej nie może być wyeliminowana przez uwzględnienie wpływu zmiennych wchodzących w skład wybranego zespołu cech. Wielkość ta w tabeli 1A oznaczona jest przez MAXRES.

Badanie struktury zbioru cech przeprowadzono w grupach zmiennych: $\{x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}\}$ i $\{x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{14}\}$ (tabela 1A). Pominięto tylko grupy składające się z jednej zmiennej, ponieważ te zmienne są jedynymi reprezentami w swych grupach.

T a b e l a 1 A

Badanie struktury zbioru cech dla pentady w poszczególnych grupach zmiennych

$x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}$		
Liczba zmiennych	Zmienne	MAXRES
1	x_5	0,040
2	x_3, x_{13}	0,005
3	x_3, x_7, x_{11}	0,004
4	x_3, x_5, x_7, x_{13}	0,002
$x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{14}$		
Liczba zmiennych	Zmienne	MAXRES
1	x_4	0,208
2	x_8, x_9	0,079
3	x_6, x_9, x_{14}	0,067
4	x_4, x_6, x_9, x_{14}	0,034
5	$x_4, x_6, x_8, x_{10}, x_{14}$	0,018
6	$x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{14}$	0,009

T a b e l a 1 B

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_9, x_{13}, x_{14}$$

Liczba zmiennych	Zmienne	MAXRES
1	x_{13}	0,860
2	x_2, x_6	0,456
3	x_1, x_2, x_7	0,143
4	x_1, x_2, x_6, x_{13}	0,102
5	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	0,072
6	$x_1, x_2, x_6, x_9, x_{13}, x_{14}$	0,047

T a b e l a 2

Ocena równań regresji na pobieranie wody (wartości pentadowe)

Roślina	Układy zmiennych	Współczynnik determinacji w %
Mieszanka	x_1, x_2, x_7	83,91
	x_1, x_2, x_6, x_{13}	90,57
	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	92,88
Jęczmień	x_1, x_2, x_7	26,31
	x_1, x_2, x_6, x_{13}	45,02
	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	28,77
Pszenica	x_1, x_2, x_7	37,47
	x_1, x_2, x_6, x_{13}	48,26
	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	41,96
Burak	x_1, x_2, x_7	38,73
	x_1, x_2, x_6, x_{13}	38,98
	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	40,79
Koniczyna	x_1, x_2, x_7	21,52
	x_1, x_2, x_6, x_{13}	21,72
	$x_1, x_2, x_4, x_7, x_{14}$	32,50

Równania regresji na pobieranie wody przez mieszanke i ich ocena (wartości pentadowe)

Układy zmiennych	Równania regresji	Współczynnik determinacji w %
$x_1 \cdot x_2 \cdot x_7$	$y = 1,226 + 0,001x_1 - 1,374x_2 + 0,282x_7$	83,91
$x_2 \cdot x_7$	$y = 3,389 - 1,494x_2 + 0,322x_7$	79,13
$x_1 \cdot x_2 \cdot x_6 \cdot x_{13}$	$y = -9,485 + 0,005x_1 - 0,603x_2 - 0,970x_6 + 0,754x_{13}$	90,57
x_7	$y = -3,824 + 0,435x_7$	65,88
$x_1 \cdot x_6 \cdot x_{13}$	$y = -14,460 + 0,006x_1 - 1,241x_6 + 0,914x_{13}$	89,16
$x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \cdot x_7 \cdot x_{14}$	$y = -12,410 + 0,005x_1 - 0,278x_2 - 1,929x_4 + 0,985x_7 - 0,026x_{14}$	92,88
$x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \cdot x_7$	$y = -12,163 + 0,005x_1 - 0,280x_2 - 1,909x_4 + 0,968x_7$	92,87
$x_1 \cdot x_4 \cdot x_7$	$y = -14,459 + 0,006x_1 - 2,123x_4 + 1,055x_7$	92,61
$x_{13} \cdot x_7 \cdot x_2$	$y = 0,04 - 1,19x_2 - 2,798x_7 + 3,091x_{13}$	95,20

Optymalne równania regresji na pobór wody przez pszenicę i jęczmień dla poszczególnych faz rozwojowych (wartości dobowe)

Faza	Równanie regresji wyznaczone na podsta- wie zmiennych	Wybrane zmienne	Optymalne równanie regresji	R ² w %
Intensywny wzrost	x_1, \dots, x_{14}	$x_{14}, x_{11}, x_8, x_3, x_2$	$y = 0.03x_{14} - 0.05x_{11} - 0.03x_8 + 0.05x_3 + 0.02x_2 - 0.04$	62
Wypełnianie ziarna	x_1, \dots, x_{14}	$x_{14}, x_{12}, x_{11}, x_{10}, x_8$	$y = 0.11x_{14} - 0.18x_{12} + 0.15x_{11} + 0.30x_{10} - 0.15x_8 + 0.48$	46
Zasychanie	x_1, \dots, x_{14}	x_5, x_4	$y = 0.07x_5 + 0.13x_4 + 1.24$	90
Intensywny wzrost	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	x_9^2	$y = 0.01 x_9^2 + 0.09$	38
Wypełnianie ziarna	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	$x_7^2, x_6^2, x_5^2, x_8, x_7$	$y = -0.02x_7^2 - 0.01x_6^2 + 0.01x_5^2 + 0.1x_8 + 0.34x_7 - 3.1$	57
Zasychanie	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	x_9^2	$y = 0.1 x_9^2 + 0.2$	85
Intensywny wzrost	x_1, \dots, x_{14}	$x_{14}, x_{12}, x_8, x_6, x_2$	$y = 0.03x_{14} - 0.09x_{12} - 0.04x_8 + 0.07x_6 + 0.03x_2 + 0.02$	67
Wypełnianie ziarna	x_1, \dots, x_{14}	$x_{14}, x_{13}, x_{12}, x_7, x_3$	$y = 0.13x_{14} + 0.34x_{13} - 0.16x_{12} - 0.57x_7 + 0.31x_3 - 0.85$	51
Zasychanie	x_1, \dots, x_{14}	x_{12}, x_5, x_1	$y = 0.02x_{12} - 0.04x_5 + 0.01x_1$	85
Intensywny wzrost	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	x_1^2, x_9^2, x_{12}^2	$y = 0.01 x_{12}^2 + 0.03 x_9^2 + 0.01 x_1^2 + 0.16$	70
Wypełnianie ziarna	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	$x_3, x_{13}, x_{14}, x_7^2$	$y = 0.01 x_7^2 + 0.1x_{14} + 0.3x_{13} + 0.2x_3 - 4.7$	55
Zasychanie	$x_1, \dots, x_{14}, x_1^2, \dots, x_{14}^2$	x_1^2	$y = 0.01 x_1^2 + 0.02$	75

B U T C H E N S D.

C E T E N S O P

Na podstawie tabeli 1A do dalszej analizy wybrano następujące zmienne $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_9, x_{13}, x_{14}\}$. Dla zmiennych tych ponownie przeprowadzono badanie struktury zbioru cech (tabela 1B).

Z tabeli tej wynika, że dopiero najlepsza trójka $\{x_1, x_2, x_7\}$ i najlepsza czwórka $\{x_1, x_2, x_6, x_{13}\}$ pozwalają zastąpić pozostałe zmienne przy małej stracie informacji, 14% i 10% odpowiednio. W najlepszej czwórce znajdują się reprezentanci wszystkich grup zmiennych wyznaczonych przy pomocy dendrytu. Identyczną analizę przeprowadzono dla wartości dobowych.

Po zbadaniu struktury zbioru zmiennych przystąpiono do badania modelu $y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$ gdzie x_{i_1}, \dots, x_{i_k} jest zespołem zmiennych powstałych z połączenia cech wybieranych w poszczególnych grupach. Rozpatrzono następujące zależności w modelu $y = y(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$ gdzie $y(\cdot, \dots, \cdot)$ jest zawsze funkcją liniową całego zespołu argumentów:

$$A) \quad y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}),$$

$$B) \quad y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_1}^2, \dots, x_{i_k}^2),$$

$$C) \quad y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_m} \cdot x_{i_n}; m, n = 1, \dots, k).$$

Zależność A (tab. 2) dała pozytywne wyniki tylko w przypadku mierzanki. Wyniki te prezentujemy w tabeli 3. Dla pozostałych roślin zależności B i C rozpatrzono w poszczególnych fazach rozwojowych rośliny: intensywny wzrost, wypełnianie ziarna, zasychanie. W tabeli 4 zaprezentowano optymalne równania na pobór wody dla pszenicy i jęczmienia.

LITERATURA

1. Bartkowiak A.: Wybierania reprezentacji cech metodą analizy regresji. Czwarte Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii,
2. Bartkowiak A.: Opis merytorycznych programów statystycznych, 1978.
3. Barkowiak A.: Opis techniczny programów statystycznych w języku Algol 1204. 1978.
4. Draper W. R.: Applied Regression Analysis. John Wiley and Sons, New York, 1966.
5. Elandt R.: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych. Warszawa, PWN, 1964.
6. Gumińska Z., Gumiński S.: Próchnicowa uprawa hydroponiczna roślin. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław. WTN, seria B, 192, 1977.

7. Hellwig Z.: Regresja liniowa i jej zastosowanie w ekonomii. 1967.
8. Malec E., Caliński T.: Analiza regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych. Algorytmy biometryczne i statystyczne. Zeszyt 2 Poznań 1974.
9. Nowak T. J., Krystecka M.: Roczn. Nauk Rol. seria A, 104 (3): 7-17, 1980.
10. Perkal J.: Matematyka dla przyrodników i rolników. PWN, Warszawa 1963.

E. Мусял, Т. Новак

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ КУЛЬТУРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Р е з ю м е

В представленной работе авторы пытаются статистическим методом определить влияние метеорологических факторов на потребление воды следующими растениями: яровая смесь, ячмень, пшеница, свёкла, клевер.

Для статистического анализа были взяты 15 переменных, которые обозначили: X_1, \dots, X_{14} - метеорологические факторы, Y - потребление воды культурными растениями. Анализ проводился в следующих этапах:

1. Исследование однородности множества переменных X_1, \dots, X_{14} (Отруктура дерева на основе таблицы корреляционных расстояний),
2. Исследование структуры множества переменных X_1, \dots, X_{14} (Отбор представления свойств методом регрессии).
3. Исследование модели $Y = Y(X_1, \dots, X_k)$, где Y - потребление воды культурными растениями, а X_1, \dots, X_k является соответствующим образом подобранном комплексом переменных. В модели $Y = Y(X_1, \dots, X_k)$, где $Y(^{\circ}, \dots, ^{\circ})$ является всегда линейной функцией всех аргументов, были рассмотрены следующие зависимости:

$$Y = Y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}).$$

$$Y = Y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_1}^2, \dots, x_{i_k}^2).$$

$$Y = Y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_m} \cdot x_{i_n}; m, n = 1, \dots, k).$$

В результате так проведенных исследований были получены уравнения на потребление воды некоторыми культурными растениями.

E. Musiał, T. Nowak

STATISTICAL ESTIMATION OF THE INFLUENCE
OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE WATER UPTAKE
BY SOME CROPS

S u m m a r y

This is an attempt of statistical approach to the influence of meteorological factors on the water uptake by following plants: spring mixture, barley, wheat, beet, clover.

Statistical analysis concerned 15 variables, designed x_1, \dots, x_{14} - meteorological factors and y - water consumption by the crops. The analysis was carried out by following stages:

1. Analysis of homogeneity of the set of variables x_1, \dots, x_{14} (the structure of dendrite based upon the table of correlation distances),

2. Analysis of structure of the set of variables x_1, \dots, x_{14} (selection of the representation of characters with the method of regression analysis),

3. Analysis of the model $y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$, where: y - water consumption by the crops, x_{i_1}, \dots, x_{i_k} - properly selected set of variables.

In the model $y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$, where $y(\cdot, \dots, \cdot)$ is always the linear function of all arguments, following dependences were considered:

$$y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_1}),$$

$$y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_k}^2, \dots, x_{i_k}^2),$$

$$y = y(x_{i_1}, \dots, x_{i_k}, x_{i_m} \cdot x_{i_n}; m, n + 1, \dots, k).$$

In result of this procedure we obtained equations of water uptake for respective crops.