



## ZERO UNITARIZATION METHOD AND ITS APPLICATION IN RANKING RESEARCH IN AGRICULTURE

### METODA UNITARYZACJI ZEROWANEJ I JEJ ZASTOSOWANIE W BADANIACH RANKINGOWYCH ROLNICTWA

**Karol Kukuła, Danuta Bogocz**

The University of Agriculture in Cracow / Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Summary:** The paper presents the analysis of technical equipment of Polish agriculture in spatial aspect. The investigation was carried out on voivodeship level with the application of classical and fuzzy methods of linear ordering and classification of objects. The research was based on the data from Agricultural Census conducted in 2010 and on the data from the Central Office of Geodesy and Cartography. As a result of application of the statistical procedures ranking of voivodeships was obtained and in consequence the division of voivodeships into three groups of high, moderate and low level of technical equipment of agriculture.

**Key words:** technical equipment of agriculture, complex phenomenon, ranking, zero unitarization method, fuzzy sets

#### Introduction

The initial analysis of data related to the spatial condition of technical equipment of Polish agriculture points to the observation about the relatively large regional differentiations in this regard. The purpose of this article is therefore to verify the hypothesis of a non-uniform distribution of technical equipment of Polish agriculture in the voivodeships territorial system using classical and non-classical methods for organizing and sharing objects. Data taken for this research come from the Agricultural Census conducted in 2010 and the Head Office of Geodesy and Cartography. All the information have been published in publications of CSO, which were used in the article.

The technical condition of the equipment of agriculture is a complex phenomenon. The concept of a complex phenomenon is defined as follows: a complex phenomenon is an abstract entity illustrating the qualitative state, directly unmeasurable of the real objects, described by a number greater than one of variables called diagnostic variables (Kukuła 2000 s. 17-18). In the study presented in the article the ranking of voivodeships according to the level of

**Streszczenie:** W pracy podjęto próbę oceny stanu technicznego wyposażenia polskiego rolnictwa w ujęciu przestrzennym. Analizę przeprowadzono w układzie terytorialnym województw z wykorzystaniem klasycznych i nieklasycznych metod porządkowania i klasyfikacji obiektów. Badania oparto na danych z Powszechnego Spisu Rolnego przeprowadzonego w 2010 roku oraz z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. W wyniku otrzymano ranking województw, a w dalszej kolejności podział na trzy grupy o wysokim, średnim oraz niskim poziomie technicznego wyposażenia rolnictwa.

**Słowa kluczowe:** wyposażenie techniczne rolnictwa, zjawisko złożone, ranking, metoda unitaryzacji zerowanej, zbiory rozmyte

#### Wstęp

Wstępna analiza danych związanych z przestrzennym stanem wyposażenia technicznego rolnictwa polskiego nasuwa spostrzeżenie o stosunkowo dużych różnicowaniach regionalnych w tym zakresie. Celem artykułu jest zatem weryfikacja hipotezy o nierównomiernym rozkładzie technicznego wyposażenia polskiego rolnictwa w układzie terytorialnym województw z wykorzystaniem klasycznych i nieklasycznych metod porządkowania oraz podziału obiektów. Dane wzięte do badań pochodzą z Powszechnego Spisu Rolnego przeprowadzonego w 2010 roku oraz z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Wszystkie te informacje zostały zamieszczone w publikacjach GUS, które wykorzystano w artykule.

Stan techniczny wyposażenia rolnictwa stanowi zjawisko złożone. Pojęcie zjawiska złożonego definiuje się następująco: zjawisko złożone jest abstrakcyjnym tworem obrazującym stan jakościowy bezpośrednio niemierzalny rzeczywistych obiektów opisywany przez pewną liczbę większą od jeden zmiennych zwanych zmiennymi diagnostycznymi (Kukuła 2000, s. 17-18). W badaniu prezentowanym w artykule zbudowano ranking województw ze względu na

**Address for correspondence:** prof. dr hab. Karol Kukuła, dr Danuta Bogocz, University of Agriculture in Cracow, Faculty of Agriculture and Economics, Mickiewicza Avenue 21, 31-120 Kraków, Poland; phone: +48 12 662 43 81; e-mail: ksm@ur.krakow.pl; **Full text PDF:** www.ers.edu.pl; Open-access article.

**Copyright** © Pope John Paul II State School of Higher Education in Białą Podlaską, Sidorska 95/97, 21-500 Białą Podlaską;

**Indexation:** Index Copernicus Journal Master List ICV 2013: 6.48; Polish Ministry of Science and Higher Education 2013: 4 points.

a complex phenomenon, which is the technical equipment of Polish agriculture has been presented. While conducting normalization of variables, the method used was zero unitarisation method (ZUM). Using the figures included in the ranking, the voivodeships were divided into 3 groups<sup>1</sup>:

- Group I - voivodeships with a high level of technical equipment in agriculture
- Group II - voivodeships with an average level of technical equipment in agriculture
- Group III - voivodeships with low level of technical equipment in agriculture.

In order to provide a more comprehensive picture of the studied phenomenon, a construction of the ranking was performed, and the distribution of linear objects was conducted, followed by the division of a set of objects using the fuzzy set theory.

### Research method

The level of a complex phenomenon is considered in  $r$  objects:  $W_1, W_2, \dots, W_r$ . Each of the objects is described by  $n$  diagnostic variables. The gathered information about diagnostic variables form a two-dimensional matrix of the following form:

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{r1} & x_{r2} & \dots & x_{rn} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, r) \\ (j = 1, \dots, n) \end{matrix}, \quad (1)$$

Where  $x_{ij}$  represents the value of the variable  $X_j$  in the object  $W_i$ .

Each object is characterized by vector of diagnostic variables:

$$X_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{in}], \quad (i=1, \dots, r) \quad (2)$$

To assess the degree of variability of diagnostic features, ratios in the form of quotient of the extreme values of each variable  $X_j$ , were applied, which are defined as follows (Kukuła 2000 s. 49-50):

$$I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}} \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, r) \\ (j = 1, \dots, n) \end{matrix}, \quad \min_i x_{ij} > 0. \quad (3)$$

Meter values (3) satisfy the inequality:  $I(X_j) \geq 1$ .

We propose to adopt to a set of diagnostic variables each variable which satisfies the condition:

$$I(X_j) > 2, \quad (4)$$

According to the method of zero unitarisation there is a constant reference point, which is the range of the normalized variable:<sup>1</sup>

poziom zjawiska złożonego, którym jest techniczne wyposażenie polskiego rolnictwa. Przy normowaniu zmiennych posłużono się metodą unitaryzacji zerowanej (MUZ). Wykorzystując dane liczbowe zawarte w rankingu dokonano podziału województw na 3 grupy<sup>1</sup>:

- Grupa I - województwa o wysokim poziomie technicznego wyposażenia rolnictwa
- Grupa II - województwa o średnim poziomie technicznego wyposażenia rolnictwa
- Grupa III - województwa o niskim poziomie technicznego wyposażenia rolnictwa.

W celu przedstawienia pełniejszego obrazu badanego zjawiska, dokonano budowy rankingu, oraz podziału liniowego obiektów, a w dalszej kolejności podziału zbioru obiektów, przy zastosowaniu teorii zbiorów rozmytych.

### Metoda badawcza

Poziom zjawiska złożonego rozpatruje się w  $r$  obiektach:  $W_1, W_2, \dots, W_r$ . Każdy z obiektów jest opisany przez  $n$  zmiennych diagnostycznych. Zgromadzone informacje o zmiennych diagnostycznych tworzą macierz dwuwymiarową o postaci:

gdzie  $x_{ij}$  oznacza wartość zmiennej  $X_j$  w obiekcie  $W_i$ .

Każdy obiekt charakteryzuje wektor zmiennych diagnostycznych:

Dla oceny stopnia zmienności cech diagnostycznych zastosowano współczynniki w postaci ilorazu skrajnych wartości każdej zmiennej  $X_j$ , który definiuje się następująco (Kukuła 2000, s. 49-50):

Wartości miernika (3) spełniają nierówność:  $I(X_j) \geq 1$ .

Proponujemy przyjmować do zbioru zmiennych diagnostycznych każdą zmienną spełniającą warunek:

W metodzie unitaryzacji zerowanej występuje stały punkt odniesienia, którym jest rozstęp zmiennej normowanej:

<sup>1</sup> The results of the division of voivodeships according to the linear method derived from the author's article previously published in (Kukuła 2014).

<sup>1</sup> Wyniki podziału województw metodą liniową zaczerpnięto z artykułu autora wcześniej opublikowanego w (Kukuła 2014).

$$R(X_j) = \max_i x_{ij} - \min_i x_{ij} \quad (5)$$

Normalization of  $X_j \in S$  feature is performed as follows: Normowanie cechy dokonuje się w sposób następujący:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad (6)$$

where  $z_{ij} \in [0,1]$ . Furthermore:

$$z_{ij} = 0 \Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij}$$

$$\text{and } z_{ij} = 1 \Leftrightarrow x_{ij} = \max_i x_{ij} \quad (7)$$

gdzie  $z_{ij} \in [0,1]$ , przy czym. Ponadto:

$$z_{ij} = 0 \Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij}$$

$$\text{oraz } z_{ij} = 1 \Leftrightarrow x_{ij} = \max_i x_{ij} \quad (7)$$

Normalization of feature  $X_j \in D$  is performed with the use of the following formula:

Normowanie cechy  $X_j \in D$  dokonuje się przy pomocy wzoru:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad (8)$$

Also in this case the normalized variables belong to the range  $[0,1]$ . In addition:

$$z_{ij} = 0 \Leftrightarrow x_{ij} = \max_i x_{ij}$$

$$\text{and } z_{ij} = 1 \Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij} \quad (9)$$

Również i w tym przypadku zmienne unormowane należą do przedziału  $[0,1]$ . Ponadto:

$$z_{ij} = 0 \Leftrightarrow x_{ij} = \max_i x_{ij}$$

$$\text{and } z_{ij} = 1 \Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij} \quad (9)$$

It is worth noting that the diagnostic variables that are both stimulants and destimulants are subjected to a linear transformation according to ZUM (see. Kukuła 2000, p. 153). Normalized diagnostic

Warto dodać, że zmienne diagnostyczne zarówno będące stymulantami jak i destymulantami są poddawane w MUZ przekształceniom liniowym (zob. Kukuła 2000, s. 153). Unormowane zmienne diagno-

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{r1} & z_{r2} & \dots & z_{rn} \end{bmatrix}_{(rxn)} \quad (10)$$

variables form the following a matrix through ZUM:

Thus, the matrix  $(X)$  with dimensions  $(rxn)$  crosses through the matrix  $Z$  with the same dimensions. Each object is described by the vector of normalized features:

In order to obtain from a number of normalized

styczne za pomocą MUZ tworzą macierz:

Zatem macierz  $(X)$  o wymiarach  $(rxn)$  przechodzi w macierz  $Z$  o tych samych wymiarach.

Każdy obiekt jest opisany wektorem unormowanych cech:

Aby otrzymać z wielu unormowanych cech jed-

$$[Z_i] = [z_{i1} z_{i2} \dots z_{in}] \quad (11)$$

features an assessment characterizing a given object all the variables normalized variables ought to be summed up for each object:

ną ocenę charakteryzującą obiekt należy zsumować wszystkie zmienne unormowane dla każdego obiektu:

$$q_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} \quad (i = 1, \dots, r) \quad (12)$$

Assessment of the variable which characterizes the  $i$ -th object will be called a synthetic variable  $Q_i$ :

Ocenę zmiennej charakteryzującej  $i$ -ty obiekt, nazywać będziemy zmienną syntetyczną  $Q_i$ :

$$Q_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (i = 1, \dots, r) \quad (13)$$

Synthetic variable obtained through the formula (13) assumes values in the range  $[0,1]$ . Where:

Zmienna syntetyczna otrzymana za pomocą wzoru (13) przyjmuje wartości z przedziału  $[0,1]$ . Przy czym:

$$Q_i = 1 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 1$$

$$Q_i = 1 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 1$$

$$\text{and } Q_i = 0 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 0 \quad (14)$$

$$\text{oraz } Q_i = 0 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 0 \quad (14)$$

In our case, with the number of objects studied ( $r=16$ ) it seems reasonable to divide them into 3 groups.

W naszym przypadku przy badanej liczbie obiektów ( $r=16$ ) sensownym wydaje się podział na 3 grupy.

For this purpose, we must designate a range of the variable  $Q_i$ :

W tym celu wyznaczyć należy rozstęp zmiennej  $Q_i$ :

$$R(Q_i) = \max_i Q_i - \min_i Q_i \quad (i=1, \dots, r) \quad (15)$$

Subsequently, we ought to calculate the value of the parameter of division -  $k$ :

W dalszej kolejności wylicza się wartość parametru podziału -  $k$ :

$$k = \frac{R(Q_i)}{3} \quad (16)$$

The parameter  $k$  is used to divide the entire set of objects into groups:

Parametr  $k$  wykorzystuje się do podziału całego zbioru obiektów na grupy:

- Group I with the highest level of development of a complex phenomenon

- Grupa I o najwyższym poziomie rozwoju zjawiska złożonego

$$Q_i \in (\max_i x_{ij} - k, \max_i x_{ij}]$$

- Group II with the average level of development of a complex phenomenon

- Grupa II o przeciętnym poziomie rozwoju zjawiska złożonego

$$Q_i \in (\max_i x_{ij} - 2k, \max_i x_{ij} - k]$$

- Group III with the low level of development of a complex phenomenon

- Grupa III o niskim poziomie rozwoju zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i x_{ij} - 3k, \max_i x_{ij} - 2k]$$

Please note, that within Group III lower border of the range of the variable  $Q_i$  is:

Zauważmy, że w grupie III dolna granica przedziału zmiennej  $Q_i$  to:

$$\max_i x_{ij} - 3k = \min_i x_{ij} \quad (17)$$

Object classification procedure presented here is based on the classical form of the quantifiable function. In the second variant of the division a fuzzy form of the quantifiable was adopted.

Przedstawiona tu procedura klasyfikacji obiektów bazuje na klasycznej postaci funkcji wartościującej. W drugim wariantcie podziału przyjęto rozmytą postać funkcji wartościującej.

The starting point of the fuzzy construction evaluative functions - membership function - is the value of the variable  $q_r$ .

Punktem wyjścia do konstrukcji rozmytej funkcji wartościującej - funkcji przynależności - jest wartość zmiennej  $q_r$ .

Assuming the following markings:

$c_{01}$  - upper threshold value,

$c_{02}$  - lower threshold value,

Fuzzy evaluating function can be expressed in the following way:

Przyjmując oznaczenia:

$c_{01}$  - górna wartość progowa,

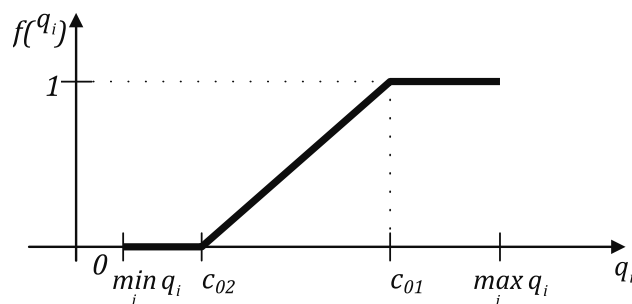
$c_{02}$  - dolna wartość progowa,

Rozmytą funkcję wartościującą można zapisać w sposób następujący:

$$f^*(o_i) = \begin{cases} 1, & \text{dla } c_{01} \leq q_i \leq \max_i q_i \\ \frac{q_i - c_{02}}{c_{01} - c_{02}}, & \text{dla } c_{02} < q_i < c_{01} \\ 0, & \text{dla } \min_i q_i \leq q_i \leq c_{02} \end{cases} \quad (18)$$

As it is visible, the fuzzy evaluative function is obtained in the way of the linear transformation of the variable  $q_i$ . This is illustrated in Figure 1 shown below.

Jak widać, rozmytą funkcję wartościującą otrzymujemy na drodze liniowego przekształcenia zmiennej  $q_i$ . Zilustrowano to na rys1 przedstawionym poniżej.



**Figure 1.** Course of variability of the fuzzy evaluative function  
**Rysunek 1.** Przebieg zmienności rozmytej funkcji wartościującej

There remains the problem of threshold values. Here, these values have been determined in the context of the maximum possible to be obtained value of the variable  $q_i$ , ie. Number of diagnostic variables -  $n$ , ie. And in particular:  $c_{01} = 35\% \cdot n$  and  $c_{02} = 50\% \cdot n$ .

Pozostaje problem wartości progowych. Tu wartości te zostały ustalone w kontekście maksymalnej możliwej do uzyskania wartości zmiennej  $q_i$ , tj. liczby zmiennych diagnostycznych -  $n$ , tj. w szczególności:  $c_{01} = 35\% \cdot n$  oraz  $c_{02} = 50\% \cdot n$ .

### Selected diagnostic variables

This is the list of diagnostic variables describing currently analyzed complex phenomenon (the condition of technical equipment used in agriculture)

$X_1$  - AL\* area per 1 tractor

$X_2$  - AL area\* per 1 lorry used in agriculture,

$X_3$  - number of grain combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of arable land,

$X_4$  - number of beetroot combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of arable land,

$X_5$  - number of potato combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of arable land,

$X_6$  - number of orchard sprayers per 1000 ha (~3,86 square miles) of orchard area,

$X_7$  - number of fertilizer and calcium spreaders per 1000 ha (~3,86 square miles) of AL\*,

$X_8$  - number of silos - combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of AL\*,

$X_9$  - number of field sprayers per 1000 ha (~3,86 square miles) of AL\*.

### Wybrane zmienne diagnostyczne

A oto wykaz zmiennych diagnostycznych opisujących badane zjawisko złożone (stan wyposażenia technicznego rolnictwa):

$X_1$  - powierzchnia UR\* przypadająca na 1 ciągnik,

$X_2$  - powierzchnia UR\* przypadająca na 1 samochód ciężarowy wykorzystywany w rolnictwie,

$X_3$  - liczba kombajnów zbożowych przypadająca na 1000 ha gruntów ornych,

$X_4$  - liczba kombajnów buraczanych przypadająca na 1000 ha gruntów ornych,

$X_5$  - liczba kombajnów ziemniaczanych przypadająca na 1000 ha gruntów ornych,

$X_6$  - liczba opryskiwaczy sadowych przypadająca na 1000 ha powierzchni sadów,

$X_7$  - liczba rozsiewaczy nawozów i wapna przypadająca na 1000 ha UR\*,

$X_8$  - liczba silosów - kombajnów przypadająca na 1000 ha UR\*,

$X_9$  - liczba opryskiwaczy polowych przypadająca na 1000 ha UR\*.

\*AL-agricultural lands reduced by built-up lands, ponds, and ditches.

\*UR=Użytki rolne pomniejszone o grunty zabudowane oraz pod stawami i rowami.

When comparing the quotients of extreme values of this variables it was claimed that all variables meet the demand expressed by inequality:  $I(X_j) > 2$ , ( $j=1, \dots, 9$ ). The variable  $X_4$  shows the greatest spatial diversity, that is number of beetroot combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of arable land. In this case the quotient of extreme values exceeds number 62. This situation can be explained by very diversified size of sugar beet cultivation areas in particular voivodeships, which is also related to ground quality within these spatial objects. In other cases this gauge stays within the range (2,12). Relatively the lowest diversification between spatial objects was observed in the variable  $X_3$ , that is number of grain combine harvesters per 1000 ha (~3,86 square miles) of arable land [ $I(X_3) = 2,30$ ]. This case points out the character of Polish agriculture, characterized by prevailing grain cultivation.

Porównując ilorazy skrajnych wartości poszczególnych zmiennych stwierdzono, że wszystkie zmienne spełniają postulat wyrażony nierównością:  $I(X_j) > 2$ , ( $j=1, \dots, 9$ ). Największe zróżnicowanie przestrzenne wykazuje zmienna  $X_4$ , tj. liczba kombajnów buraczanych przypadająca na 1000 ha gruntów ornych. W przypadku tym iloraz skrajnych wartości przekracza liczbę 62. Sytuację tę wyjaśnia bardzo zróżnicowana wielkość powierzchni upraw buraka cukrowego w poszczególnych województwach, co jest również związane z jakością gleb w tych obiektach przestrzennych. W pozostałych przypadkach miernik ten utrzymuje się w przedziale (2,12). Stosunkowo najniższe zróżnicowanie między obiektami przestrzennymi odnotowano dla zmiennej  $X_3$ , tj. liczby kombajnów zbożowych przypadająca na 1000 ha gruntów ornych [ $I(X_3) = 2,30$ ]. Przypadek ten podkreśla specyfikę polskiego rolnictwa, charakteryzującą się zbożową dominantą upraw.

### Research results - classical approach

The selected diagnostic variables  $\{X_1, \dots, X_9\}$  were subjected to normalisation process by the use of zero unitarisation method. The variables  $\{X_1, X_2\} \in D$  were normalised by the use of the model (8), while the variables  $\{X_3, \dots, X_9\} \in S$  were transformed by the use of the formula (6). Voivodeships ranking considering the number of machines used in Polish agriculture is demonstrated in Table 1. One can have better spatial orientation about voivodeship placement on the map of Poland if one looks at the map 1.

### Wyniki badań - ujęcie klasyczne

Wyselekcjonowane zmienne diagnostyczne  $\{X_1, \dots, X_9\}$  poddano procesowi normowania z wykorzystaniem MUZ. Zmienne  $\{X_1, X_2\} \in D$  unormowano stosując wzór (8), zaś zmienne  $\{X_3, \dots, X_9\} \in S$  transformowano przy pomocy formuły (6). Ranking województw ze względu na stopień umaszynowania polskiego rolnictwa przedstawia tab.1. Lepszą orientację przestrzenną o usytuowaniu województw na mapie Polski można uzyskać sięgając do mapy 1.

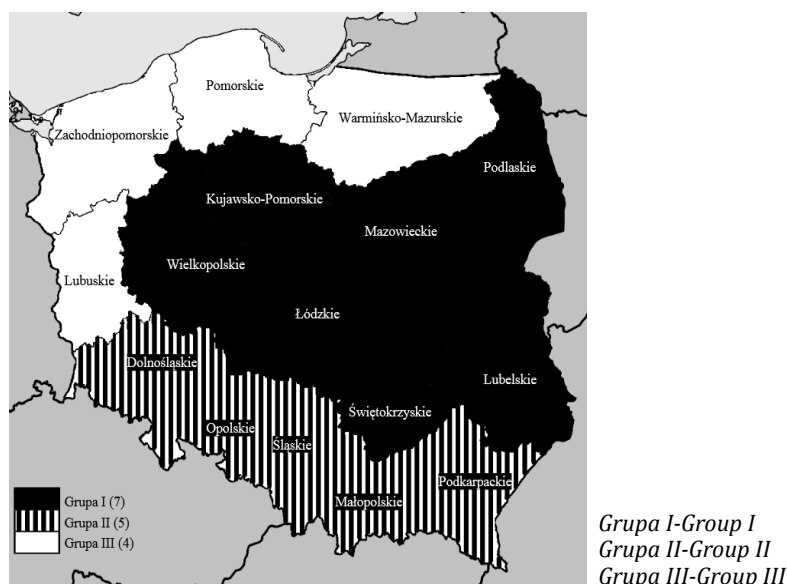
**Table 1.** Voivodeships ranking considering the number of pieces of technical equipment for agriculture and their division into groups in 2010

**Tabela 1.** Ranking województw ze względu na stopień wyposażenia technicznego rolnictwa oraz ich podział na grupy w 2010 roku

Position in the ranking	Voivodeship	$q_i$	$Q_i$	Affiliation to the group
1	lubelskie	7,073	0,786	Group I (7 voivodeships) $Q_i \in (0,536; 0,786]$ $\bar{Q}_I = 0,657$
2	świętokrzyskie	6,553	0,728	
3	łódzkie	6,407	0,712	
4	kujawsko-pomorskie	5,489	0,610	
5	wielkopolskie	5,415	0,602	
6	mazowieckie	5,343	0,594	
7	podlaskie	5,119	0,569	
8	małopolskie	4,519	0,502	Group II (5 voivodeships) $Q_i \in (0,285; 0,536]$ $\bar{Q}_{II} = 0,416$
9	opolskie	4,164	0,463	
10	śląskie	4,041	0,449	
11	podkarpackie	3,167	0,352	
12	dolnośląskie	2,821	0,313	
13	pomorskie	2,502	0,278	Group III (4 voivodeship) $Q_i \in [0,035; 0,285]$ $\bar{Q}_{III} = 0,144$
14	warmińsko-mazurskie	1,209	0,134	
15	lubuskie	1,156	0,128	
16	zachodniopomorskie	0,312	0,035	
$I(Q_i) = \frac{\max Q_i}{\min Q_i}$		22,457		

Source: Kukuła K., Creation of the voivodeships ranking considering the number of pieces of technical equipment for agriculture in Poland, Wiadomości Statystyczne, No. 7, 2014

Źródło: Kukuła K., Budowa rankingu województw ze względu na poziom wyposażenia technicznego rolnictwa w Polsce, Wiadomości Statystyczne, nr 7, 2014



**Map 1.** Voivodeship groups considering the number of pieces of technical equipment for agriculture in Poland according to census data of 2010

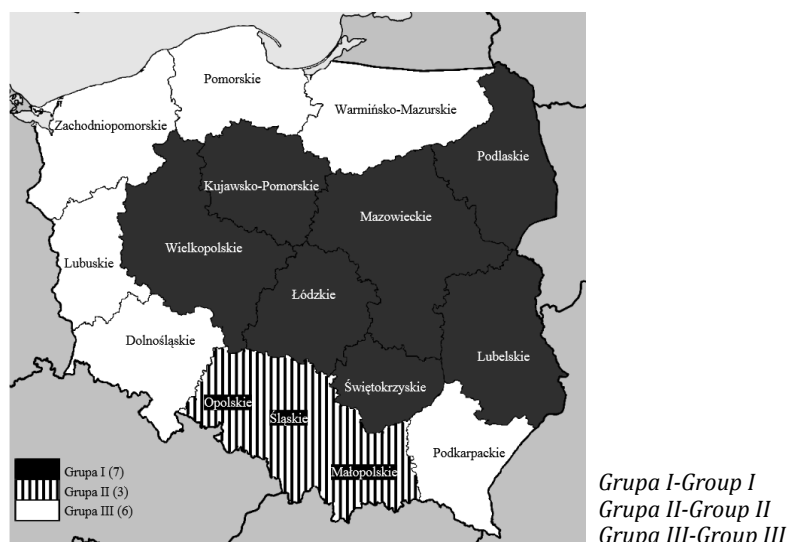
**Mapa 1.** Grupy województw ze względu na poziom wyposażenia technicznego rolnictwa w Polsce wg danych spisowych z 2010 roku  
Source: own work based on the data of Central Statistical Office (CSO) published in (Kukuła 2014)  
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS zamieszczone w (Kukuła 2014)

**Test results by the use of fuzzy value function**

Taking fuzzy value function as the base of the division, the following classification of voivodeship considering number of pieces of technical equipment for agriculture was obtained (map 2).

**Wyniki badań przy zastosowaniu rozmytej funkcji wartościującej**

Przyjmując za podstawę podziału rozmytą funkcję wartościującą otrzymano następującą klasyfikację województw pod względem poziomu wyposażenia technicznego rolnictwa (mapa 2).



**Map 2.** Voivodeships groups considering the number of pieces of technical equipment for agriculture in Poland according to census data of 2010 - fuzzy version

**Mapa 2.** Grupy województw ze względu na poziom wyposażenia technicznego rolnictwa w Polsce wg danych spisowych z 2010 roku – wersja rozmyta  
Source: own work based on the data of Central Statistical Office (CSO) and Table 2  
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS oraz tab. 2

**Table 2.** The value of fuzzy value function for particular voivodeships  
**Tabela 2.** Wartości rozmytej funkcji wartościującej dla poszczególnych województw

No.	Voivodeship	Fuzzy value function
1	lubelskie	1
2	świętokrzyskie	1
3	łódzkie	1
4	kujawsko-pomorskie	1
5	wielkopolskie	1
6	mazowieckie	1
7	podlaskie	1
8	małopolskie	0,680740741
9	opolskie	0,417777778
10	śląskie	0,326666667
11	podkarpackie	0
12	dolnośląskie	0
13	pomorskie	0
14	warmińsko-mazurskie	0
15	lubuskie	0
16	zachodniopomorskie	0

Source: Own work

Źródło: Opracowanie własne

It is easy to notice the resemblance of the results in voivodeships division obtained by two methods. The voivodeships with relatively high number of machines used in agriculture belong to the first group, which does not change. The differences occur when we compare Group II with Group III. The number of voivodeship groups with mediocre number of pieces of equipment for agriculture decreases and is replaced by the group with higher number of machines used. 6 voivodeships belong to this group, in classical method division this group consisted of 4 voivodeships (lubuskie, zachodniopomorskie, pomorskie i warmińsko – mazurskie).

Łatwo zauważyć podobieństwo wyników w podziale województw uzyskanego obydwoma metodami. Nie ulega zmianie skład grupy pierwszej, do której należą województwa o relatywnie wysokim poziomie umaszynowania rolnictwa. Różnice występują, gdy porównamy grupy II i III. Zmniejsza się grupa województw o przeciętnym poziomie wyposażenia technicznego rolnictwa na rzecz grupy o niskim stopniu umaszynowania. Do tej grupy należy 6 województw, w podziale metodą klasyczną grupę tą tworzyły 4 województwa (lubuskie, zachodniopomorskie, pomorskie i warmińsko – mazurskie).

## Conclusion

The conducted research entitles us to reach some general conclusions.

- The methods described and used here constitute a profitable instrumentation in creation of complex phenomenon ranking, including also the examined phenomenon, that is the number of pieces of technical equipment for agriculture in Poland.
- Furnishing Polish agriculture in machines and devices is not the same in all voivodeships.
- There are enormous differences between the voivodeships that take the first place in the ranking and the ones that are at the end of it [ $I(Q_j) = 22,457$ ].
- The group with the lowest number of machines used in agriculture is far behind the others and it might be assumed that the actions to diminish this difference constitute a kind of reserve within the

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania upoważniają do kilku wniosków ogólnej natury.

- Opisane i wykorzystane metody stanowią pożyteczne instrumentarium w budowie rankingu zjawisk złożonych w tym również zjawiska badanego tj. poziomu wyposażenia technicznego rolnictwa w Polsce.
- Wyposażenie polskiego rolnictwa w maszyny i urządzenia rolnicze nie jest równomiernie rozłożone w przestrzeni województw.
- Istnieją ogromne różnice między województwami zajmującymi czołowe lokaty w rankingu a województwem usytuowanym na jego końcu [ $I(Q_j) = 22,457$ ].
- Grupa najstarsza pod względem poziomu umaszynowania rolnictwa wyraźnie odstaje od pozostałych i można przyjąć, że działania w kierunku zmniejszenia tej luki stanowią pewną rezerwę



range of productivity and yield of marketable agricultural output improvement of Polish agriculture.

- Classical and fuzzy value function generate different, nevertheless similar divisions - sets of objects of highest number of machines used for agriculture overlap, while the group of poor infrastructure is more numerous.
- The current state in diversification of tested phenomenon is to some extent influenced by historical events.
- Having information about the degree of wear and tear of machines and agricultural devices included in the research at one's disposal would definitely allow to precise obtained results in spatial layout of number of machines used in Polish agriculture.

w zakresie poprawy produktywności i towarowości polskiego rolnictwa.

- Klasyczna i rozmyta funkcja wartościująca generują co prawda różne, niemniej zbliżone podziały – zbiory obiektów o wysokim stopniu wyposażenia technicznego rolnictwa pokrywają się, zaś grupa o słabej infrastrukturze jest bardziej liczna.
- Istniejący stan w zakresie zróżnicowań badanego zjawiska jest pewnej mierze uwarunkowany zaszczościami historycznymi.
- Dysponowanie informacjami o stopniu zużycia maszyn i urządzeń rolniczych uwzględnionych w badaniu pozwoliłoby niewątpliwie doprecyzować uzyskane wyniki w zakresie przestrzennego rozkładu stopnia wyposażenia technicznego polskiego rolnictwa.

### References / Literatura:

1. Bogocz D. (2012), *Pomiędzy TAK a NIE czyli o rozmytym charakterze pojęć, metod i kategorii*, Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych, SGGW, Warszawa.
2. Bogocz D. (1995), *Przykłady zastosowań rozmytej funkcji wartościującej w badaniach ekonomicznych*, Zeszyty Naukowe SGGW, Warszawa.
3. Borys T. (1978), *Metody unormowania cech w statystycznych badaniach porównawczych*, Przegląd Statystyczny, z. 2.
4. Hellwig Z. (1968), *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr*, Przegląd Statystyczny, z. 4.
5. Kukuła K. (1994), *O pewnej metodzie relatywizacji cech diagnostycznych z preferowaniem wartości ponadprzeciętnych*, Przegląd Statystyczny, z. 2.
6. Kukuła K. (1996), *Problem wykorzystania nominant w wielowymiarowej analizie porównawczej*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Seria: „Ekonomika”, nr 25, Kraków.
7. Kukuła K. (2000), *Metoda unitaryzacji zerowanej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
8. Kukuła K. (2014), *Budowa rankingu województw ze względu na poziom wyposażenia technicznego rolnictwa w Polsce*, Wiadomości Statystyczne, nr 7.
9. Ostasiewicz W. (1993), *Zastosowanie zbiorów rozmytych w ekonomii*, PWN, Warszawa.
10. Rószniewicz M. (1998), *Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do oceny stopnia akceptacji produktu*, Wiadomości Statystyczne, z. 4.

Submitted/ Zgłoszony: July/ lipiec 2014

Accepted/ Zaakceptowany: August/ sierpień 2014