

Original scientific paper

UDC 338.43(497.11)
<https://doi.org/10.2298/GSGD2402001M>

Received: June 26, 2024

Corrected: August 27, 2024

Accepted: October 12, 2024

Ljiljana Mihajlović¹, Miroljub Milinčić*, Danijela Vukojičić,
Dragan Petrović***

** University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia*

*** University of Priština with a temporary seat in Kosovska Mitrovica, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Geography*

APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS IN THE TYPOLOGY OF AGRICULTURE IN SERBIA

Abstract: Factor analysis was used as a method for determining the types of agriculture in Serbia, which resulted in the synthesised and comprehensive data presented in the study. The subjectivity inherent in this method is mitigated by relevant statistical facts that clearly guide the course of factor analysis from the selection of parameters through rotation to the final results. Agricultural types were identified based on the development of specific factors and the administrative districts in which these factors dominate compared to others. It should be noted that the results obtained in this study cannot be considered relevant for further research, as the method of factor analysis proved to be inadequate for the small number of input parameters and large spatial units such as administrative districts.

Key words: factor analysis, agriculture, Serbia, agricultural typology

¹ljiljana.mihajlovic@gef.bg.ac.rs (corresponding author)
Ljiljana Mihajlović (<https://orcid.org/0000-0003-4022-8248>)
Miroljub Milinčić (<https://orcid.org/0009-0004-0003-9957>)
Danijela Vukojičić (<https://orcid.org/0000-0002-3139-1070>)
Dragan Petrović (<https://orcid.org/0000-0003-4097-0047>)

Introduction

The changes that have occurred in agricultural systems and have led to higher productivity are difficult to monitor without comprehensive studies and the establishment of clear principles for determining production characteristics. According to Jaćimović (1976), agriculture is not a simple sum of elements, but a complex, interconnected system of functional phenomena. Therefore, the determination of agricultural types requires advanced methods of scientific agrogeographical research. Factor analysis can be used to identify key variables that need to be considered in the formulation of agricultural policies (Liberg & Mol, 1961). The definition of standardised agricultural types is crucial for facilitating their study.

In typological studies of agriculture, several basic categories are distinguished on the basis of which indicators are selected. These categories are categorised according to the following aspects: Forms of land ownership, labour force, employment levels, structure, size and fragmentation of land ownership (social aspects of land ownership); parcelling system, types of rural settlements, cropping systems, crop rotation, irrigation, animal husbandry systems (organisational and technical aspects); land and labour productivity, production orientation (production characteristics) and others. All this together can form the basis of an agricultural typology. The typology is a pragmatic system of characteristics formed as a unique conceptual pattern (Malić Sibinović et al., 2024). In addition, it represents a methodological approach that allows agricultural systems to be classified according to various economic, social and environmental parameters, thus achieving a better understanding of the regional characteristics of agriculture (Blegajlo, 1973).

The correct selection and analysis of the internal characteristics of agriculture serve as a basis for carrying out a synthesis or typology and subsequently for the delimitation of agricultural regions. Kostrowicki (1969) points out that typology, which is characterised by its systematics and synthesis, makes it possible to identify similar common phenomena among the units studied on the basis of their defining characteristics. The type of agriculture represents a higher synthetic concept that encompasses all the characteristic features of a particular agriculture. In a broader sense, it encompasses all forms of arable and livestock farming for production purposes. Hierarchically, the type of agriculture comprises different levels, from the lowest, based on the study of individual farms, to the highest levels. This concept is dynamic because it evolves with the evolutionary or revolutionary changes that determine its characteristic features. Moreover, the nature of agriculture is a complex concept defined by a system of characteristic features of all important aspects of agriculture (Jaćimović, 1976).

These units, whose extraction is based on selected and precisely defined indicators that represent certain agricultural characteristics, are referred to as types. The basic delimitation of agricultural types involves the study of the system of internal agricultural characteristics, which cannot be based on the study of a single characteristic, but on the whole complex that characterises agriculture as a complex production process. The Commission on Agricultural Typology, founded in 1964 at the 20th Congress in London, aimed to establish principles, criteria, methods and techniques for the typology and regionalisation of agriculture (Drobnjaković, 2019).

In both national and global literature, various statistical methods are used as effective tools for determining agricultural types: descriptive statistics, parameter estimation, correlation and regression analysis, general linear model (OLM), non-parametric tests, analysis

of variance (ANOVA), analysis of covariance (ANCOVA), factor analysis, multivariate analysis of variance (MANOVA), cluster analysis, discriminant analysis, principal component analysis (PCA) and others. The most commonly used method for agricultural typology is principal component analysis (PCA).

Methods

Factor analysis is not a new method of data analysis. It has been used intensively as an analytical technique since the second half of the 20th century. Sociologists have used it to study intense changes in interpersonal relationships, to reduce, classify, transform and describe data, to develop sociological instruments, to test scientific hypotheses, to explore the interaction of system elements in new scientific fields, and to map spaces for various purposes. In this study, factor analysis is used to obtain a geometric representation that allows changes in certain indicators to be visually tracked, with the aim of obtaining common parameters for the study of agricultural development trends in Serbia. Factor analysis is crucial for identifying latent variables that are not directly visible but have a significant impact on agricultural practises (Liberg & Mol, 1961).

The fact that factor analysis is most commonly used in the social sciences may explain the numerous papers and studies published on this topic. Despite the extensive literature dealing with the use of factor analysis in the social sciences, there are very few evaluation studies on the use of this method in empirical work (both in other areas of the behavioural sciences and in the study of agricultural development). The application of factor analysis methods in determining agricultural typologies in Serbia can be found in the works of B. Jaćimović (1976), M. Grčić (1987), M. Todorović (2002), I. Ratkaj (2015), M. Sibinović (2015), M. Drobnjaković (2019) and others. The basic idea is that types emerge as a result of diagnostic features and variables, with empirical data playing a crucial role (Сибиновић, 2015). The software used for data processing is XLSTAT, which is designed for multivariate methods such as factor analysis. It is one of the most popular multivariate techniques that aims to identify core ideas or common characteristics across multiple variables while reducing the number of variables in the analysis when there are too many, with some "overlapping" due to similar meanings and behaviours. If one variable has a high value, the other variables in the group will also have high values. Interdependence techniques do not distinguish between dependent and independent variables, as all are essentially independent. In these techniques, a model of the relationships between the variables is sought that is meaningful from the perspective of the research problem. Interdependence techniques are essentially heuristic, approximate methods that search for reasonable, sensible and optimal solutions.

The effective application of factor analysis and other multivariate dependency techniques requires a minimal set of variables that overlap to some degree in their significance. This redundancy enables the discovery of patterns in the behaviour of the variables or the core idea (factor) that permeates them. In this context, one of the main objectives of factor analysis is to identify a group of similar factors because they express the same core idea in slightly different ways. Factors cannot be identified and measured directly. They can only be identified through the relationships between the variables they manifest through their behaviour. There are many techniques that can be used to conduct factor analysis, but there is no consensus on which one is best. If a researcher selects a number of variables associated with one characteristic while there are significantly fewer variables associated with others,

a factor with a high value is defined. The goal of factor analysis is to find a group of related variables, but not to determine the significance of this grouping.

Once groups or specific factors have been formed, it is necessary to give each factor a suitable name that links all the characteristics within that group. The factor loading indicates the relative importance of the individual characteristics in the definition of the factor. It is essentially a correlation coefficient between each characteristic (variable, question) and the factor itself. The higher the correlation, the better the characteristic describes the factor. This correlation can be either positive or negative. If the correlation is positive, it indicates the extent to which a particular variable contributes to this factor; if it is negative, it indicates the extent to which the variables are not involved in this factor. The choice of names for the factors is extremely important because later, when you make decisions, the focus will be precisely on the names. Regardless of the ultimate goal of the factor analysis, it is crucial to include the variables used in the process. The choice of variables and their characteristics have a direct impact on the final result of the analysis.

Factor analysis is based on the assumption that if there is a high degree of correlation between two or more variables, their joint presence is not statistically significant and they can be replaced by a common indicator, which leads to a partial loss of information (Грчић & Минић, 1987). Moreover, factor analysis enables the clear quantitative formulation of latent structures, new indicators that represent complexes of interrelated variables that are not directly observable, leading to the conclusion that it is an exact systematic analysis (and synthesis) at a higher level of dialectical understanding, where single cause-effect relationships are replaced by multicausal relationships (Грчић & Минић, 1987). The main advantage of using a quantitative analysis (in this case a factor analysis) in typology studies is the comparability of the results (Martinović & Ratkaj, 2015). The great heterogeneity of rural areas increases the importance of typology as a crucial tool and prerequisite for researching and planning the development of rural areas. The transformation of rural areas in Serbia faces challenges due to the historical context and the transition from a socialist to a market economy, which has had an impact on agricultural practises and land use (Сибиновић, 2015).

When conducting a factor analysis, there are four main points to consider: selecting an appropriate factor analysis model, determining the number of factors to be included in the analysis, choosing the method of factor rotation and interpreting the data obtained in order to achieve the most accurate results possible. The researcher must first select the indicators to be used in the factor analysis. There are two different approaches to this: the use of general indicators or specific indicators for individual components. Some argue that it is better to use individual indicators to avoid common error. The number of factors retained until rotation has a significant impact on the final result of the factor analysis. As with model selection, a decision must be made about the criteria used to retain the factors. If the number of factors included in the original analysis is larger, more accurate results are obtained, but they are more difficult to track.

Factor rotation is performed to improve the interpretability, reliability and reproducibility of the data. The main goal of rotation is to obtain a simpler structure for interpretation. This is achieved by rotating the factors around the starting point so that each factor remains collinear with its vector pair. This approach allows the merging of correlated factors, while orthogonal rotation produces factors that are statistically uncorrelated. The ultimate goal of factor analysis is to identify core indicators. Interpretation is

the process by which the researcher assigns meaning to the results of the factor analysis based on the remaining indicators.

Critical Review – Methodological Limitations

It should be noted that factor analysis is a method that is influenced by the characteristics of the researcher who uses it, which often exposes it to criticism. The subjective aspect is strong (how many factors, what rotation, the statistical significance of the factor loadings), which leads to considerable discrepancies in the opinions of the researchers, which largely determine the results of the factor analysis (it reveals patterns in the behaviour of all the variables that the researcher has included in the model).

It is not advisable to analyse a sample of less than 50 units and it is preferable for the sample to be around 100 units. The general rule is that the number of units should be five times the number of variables in the database, with the optimal ratio being 10:1. In cases where this ratio is less than 5:1, the results should be interpreted with great caution, as shown in this study. If the Varimax rotation is not applied in the example of determining the agricultural types, the results are unsystematic and contain many isolated variables, making it difficult to clearly classify them into specific types.

Theoretical models of agricultural production typology can be divided into two approaches. The first is based on a deterministic understanding of the impact of physical-geographical features on agriculture, while the second emphasises the importance of economic factors and behavioural relationships to production (Сибиновић, 2015). Although the types of agricultural production are primarily determined by natural conditions, the changes are driven by anthropogenic factors that influence land use and the structure of production (Сибиновић, 2015).

Research Results

Typology of Agriculture Based on Production Characteristics

The analysis includes a 25 x 10 matrix, so each of the 25 administrative and statistical districts (with the exception of 12 municipalities located in five administrative districts in Kosovo and Metohija, as data were not available) was characterised by a set of 10 variables representing the characteristics of agricultural production. The variables or indicators included in the first phase of factor analysis cover all major branches of agriculture: cereal production, industrial crops, vegetables, fodder crops, fruit growing, viticulture and livestock (The data used in the study were adjusted according to the 2012 agricultural census). The deterministic understanding of causality in agriculture includes the influence of physical-geographical characteristics on production typology (Сибиновић, 2015). For a simpler and more appropriate analysis (due to the small number of input factors), three additional (non-productive but generalised) factors were included, which are crucial for considering the final results: irrigated land, total agricultural area and labour force (Figure A1).

After performing a correlation analysis and varimax rotation (Figure A2), first seven and then three synthetic variables or factors were identified. These replace the original 60 variables with 74.02%, while 25.98% can be considered as information loss. Since the ratio of the matrix dimensions was 25 x 10 variables, it cannot be said with certainty that the results obtained fully reflect the real situation. However, the data is suitable for further

processing, where it will be necessary to identify agricultural types based on the dominance of certain factors.

The dominant significance of the factors F1 (39.63%) and F2 (23.69%) explains 63.32% of the total variability. From the structure of factor F1, it can be concluded that it represents an intensive vegetable type that also has a significant involvement in cereal and industrial crop cultivation. These are agricultural regions with the highest degree of irrigation, and this type covers the largest share of agricultural land in Serbia and is characteristic of low-land areas. From the structure of factor F2, it can be concluded that it is an agricultural structure typical for fruit growing with elements of forage crop cultivation and developed livestock farming. This factor also encompasses most of the labour force, which means that in areas where this type of agriculture predominates, agriculture is the main occupation for the majority of the population. This type of agriculture is characteristic of the hilly and mountainous regions of Serbia. Factor F3 represents a typical wine-growing region, which can be associated with areas where people traditionally practise this type of agriculture.

The results presented do not yet provide a basis for the classification of districts in Serbia. By applying certain mathematical procedures, the so-called factor loadings of the observations (regions) were calculated. This resulted in a 25 x 3 matrix showing the degree of importance and development of the individual districts in the given factors, which enables classification as follows: factor F1 includes the districts of South Banat, Central Banat, Pomoravlje, Nišava, Podunavlje, Pčinja and, to a lesser extent, Raška; factor F2 is characteristic of the districts of West Bačka, North Banat, Zlatibor, Rasina, Bor, Pirot, Toplica and partly Mačva; while the districts of Belgrade, South Bačka, North Bačka, Srem, Kolubara, Moravica, Šumadija, Braničevo, Zaječar and Jablanica are predominantly characterised by factor F3.

Based on the identified factors, the development types of certain agricultural branches in the observed area can be distinguished. For example, the development of viticulture is determined by the presence of the F3 factor in the identified statistical districts of Serbia, which leads to the following typology:

1. Underdeveloped viticulture (F3 less than -1.2) is found in the districts of South Banat, Srem, Kolubara, Mačva and Braničevo.
2. Poorly developed viticulture (F3 from -1.2 to +0.2) is found in the districts of North Bačka, West Bačka, North Banat, Central Banat, Pomoravlje, Raška, Šumadija, Bor, Podunavlje, Nišava and Toplica.
3. Moderately developed viticulture (F3 from +0.2 to +1.5) is found in the districts of Zlatibor, Rasina, Jablanica, Pirot and Pčinja.
4. Highly developed viticulture (F3 from +1.5 to +3.0) is found in the districts of Belgrade, Moravica and Zaječar.
5. Very highly developed viticulture (F3 over +3.0) can be found in the district of South Bačka.

The data obtained were analysed on the basis of a small number of units, and it is obvious that there are deviations from the actual level of development in the districts mentioned, but this method provided a picture of primary production activities compared to others.

In order to identify the most developed agricultural regions in Serbia, it is necessary to homogenise the regions in a four-dimensional factor space according to the following formula:

$$S = \sqrt{F_{12} + F_{22} + F_{32}} \quad (1)$$

The indicator S stands for the distance of an administrative district from the origin of the coordinates in factor space, regardless of the sign. The smaller the value of S for a particular region, the closer it is to the origin of the coordinates and the more typical it is as a representative of the system.

According to the value of S, the administrative districts of Serbia (in this example) are arranged in a range from $S = 0.812$ (Pčinja district) to $S = 2.907$ (South Bačka district). Analysing this range allows us to identify more or less homogeneous regions.

1. Extremely homogeneous agricultural areas (S-value of 0.8 to 1.0): These include the districts of Srem, Braničevo, North Bačka, North Banat, Central Banat, Pomoravlje, Raška, Šumadija, Bor, Podunavlje, Nišava, Toplica, Jablanica and Pčinja. These areas are characterised by typical agricultural production with minimal deviations.
2. Moderately homogeneous agricultural areas (S value of 1.0 to 2.0): The districts of Kolubara, Rasina, Pirot, Zaječar and West Bačka fall into this category. These areas show a greater deviation from the coordinated origin, which indicates that they have diametrically opposed development factors, but also the dominance of one or more factors while lagging behind others (Грчић & Минић, 1987).
3. Heterogeneous agricultural areas (S value above 2.0): This category includes the districts of South Bačka, South Banat, Mačva and Zlatibor. These areas show significant deviations “in the positive direction” for a large number or all factors. Since the value of each factor reflects the degree of development or the rank of potential for a particular type of agricultural production, these districts can be interpreted as a “pole of development” in the spatial structure of agricultural production. This region is territorially inhomogeneous (Грчић & Минић, 1987).

Types of Agriculture According to Organizational and Technical Criteria

The analysis comprised a 25 x 40 matrix in which various indicators were presented that are not expressed in standardised units of measurement. In addition to the basic agricultural indicators, attributes indicating the methods of land management and crop treatment were also included, such as the use of pesticides, drip irrigation systems, the use of alternative energy sources and others.

After performing a correlation analysis and varimax rotation, eight separate groups were first identified, which were then simplified into four main synthetic variables or factors (D1, D2, D3 and D4) based on overlapping factors with common indicators. Varimax rotation was applied to optimise and simplify the factor structure, allowing a clearer and more precise interpretation of the results of the factor analysis (Malić Sibinović et al., 2024). The results obtained can be interpreted more reliably compared to those derived from the agricultural production characteristics, as the number of variables included in the matrix was increased fourfold.

In the first part of the analysis, of all eight groups identified, the loading of group F1 was 35% and F2 58.35%, while the remaining 6.65% was distributed among the other six groups. Due to the significant loading of these two variables, it is difficult to clearly distinguish types and establish patterns, but it is possible to highlight the basic characteristics in order to compare the transformation of the given variables.

From the structure of factor F1, it can be concluded that it includes the parts of Serbia where most of the labour force is employed in fruit growing, meat, dairy, fruit and vegetable processing and fishing. In these parts of Serbia, tourism is also highly developed, the largest areas of forest belong to these regions, as well as meadows and pastures. There are a large number of surface water springs and traditional crafts are highly developed, with apples, pears, plums, walnuts and raspberries being the most cultivated fruit varieties.

After categorising the factors into four main categories, we obtain a more balanced load distribution and more clearly defined types (Table 1). D1 (Figure A3), with a load of 34.34%, is rich in surface water sources, with large areas covered by forests, pastures and meadows. The arable land is mainly treated with natural fertilisers (manure). These areas are characterised by the cultivation of fruit (pears, plums, walnuts and raspberries) and the majority of the population is engaged in agriculture, especially in meat, dairy, fruit and vegetable processing, wood processing, traditional crafts and rural tourism. The characteristic statistical districts in this group are Zlatiborska and Moravička. D2 (Figure A4) has a utilisation rate of 23.15% and is characterised by the highest use of agricultural land (fields and gardens) for the cultivation of cereals, industrial crops and vegetables. Livestock farming stands out as one of the most important branches of agriculture (data on the types of livestock farming were not included in the analysis). In addition to highly developed irrigation systems, this area is also characterised by the extensive use of pesticides and artificial mineral fertilisers in crop production. This type includes the statistical districts of Zapadnobačka, Južnobačanska, Južnobačka, Sremska, Raška, Zaječarska, Nišavska, Pirotska, Pčinjska and Toplička. D3 (Figure A5) is a wine-growing region with a considerable amount of underground water sources, where the population is heavily dependent on alternative energy sources and where, in addition to viticulture, the cultivation of sour cherries also plays an important role. This factor includes the statistical districts of Srednjobanatska, Kolubarska, Pomoravska, Braničevska and Jablanička. D4 (Figure A6) is a characteristic area for the cultivation of apples, peaches, apricots and fodder crops, and only three statistical districts belong to this type: Beogradska, Šumadijska and Podunavska.

Based on the presence of the F3 factor in the selected statistical districts of Serbia, a typology of agriculture was created according to the development of viticulture, as the data for this branch of agriculture was the most clearly defined in this context. After the inclusion of other variables, the results of the factor analysis changed, so that it became possible to apply the typology according to organisational and technical criteria based on the development of all four factors: D1 – forestry and livestock, D2 – crop production, D3 – viticulture and D4 – fruit production (tracking the presence of each factor in relation to the evolution of the other three factors).

Despite the inclusion of a larger number of factors, the analysis still did not provide a realistic and factual representation of the development of certain agricultural branches, as the relationship between the variables is not as recommended and the spatial units were not broken down into smaller parts.

Table 1. Typology of Agriculture Based on the Development Level of Dominant Agricultural Branches

D1 FORESTRY AND LIVESTOCK		D2 CROP FARMING		D3 VITICULTURE		D4 FRUIT GROWING	
UNDERDEVELOPED							
D1 < -0,6	Zapadnobačka, Severnobačska, Srednjobanatska, Borska, Pirotka, and Podunavska districts	D2 < -1,1	Pirotka, Pčinja, and Toplica districts	D3 < -2	Mačvanska district	D4 < -0,5	Zapadnobačka, Severnobačska, Srednjobanatska, Kolubarska, and Pirotka districts
POORLY DEVELOPED							
D1 from -0.6 to +0	Južnobačska, Sremska, Beogradska, Pomoravska, Braničevska, Zaječarska, Jablanička, Nišavska, and Toplička districts	D2 from -1.1 to -0.5	Moravička, Raška, Borska, Zaječarska, Jablanička, Nišavska, and Podunavska districts	D3 from -2 to -1.11	Kolubarska, Rasinska, Jablanička, and Sremska districts	D4 from -0.5 to +0.1	Južnobačska, Južnobačka, Severobačka, Zlatiborska, Mačvanska, Pomoravska, Rasinska, Raška, Borska, Braničevska, Zaječarska, Jablanička, Nišavska, Pčinja, and Toplička districts
MODERATELY DEVELOPED							
D1 from +0 to +1	Moravička, Rasinska, Raška, Šumadijska, and Pčinja districts	D2 from -0.5 to +0.5	Beogradska, Severnobačska, Zlatiborska, Kolubarska, Pomoravska, Rasinska, Šumadijska, and Braničevska districts	D3 from -1.1 to 0	Pomoravska, Šumadijska, Nišavska, Podunavska, and Toplička districts	D4 from +0.1 to +0.81	Sremska and Moravička districts
HIGHLY DEVELOPED							
D1 from +1 to +3	Kolubarska and Mačvanska districts	D2 from +0.5 to +1.5	Zapadnobačka, Mačvanska, and Srednjobanatska districts	D3 from 0 to +1	Beogradska, Zapadnobačka, Južnobačka, Severnobačska, Mačvanska, Moravička, Raška, Braničevska, Zaječarska, Pirotka, and Pčinja districts	D4 from +0.8 to +2.5	Šumadijska and Podunavska districts
VERY HIGHLY DEVELOPED							
D1 > +3	Zlatiborska district	D2 > +1,5	Južnobačska, Južnobačka, and Sremska districts	D3 > +1	Južnobačska, Srednjobanatska, Zlatiborska, and Borska districts	D4 > +2,5	Beogradska district

The most developed agricultural regions in Serbia are identified by homogenising the districts in a four-dimensional factor space according to the pattern:

$$S = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + D_4^2} \quad (2)$$

According to the S value, the districts of Serbia (in our example) are arranged in a range from $S = 0.1$ (Beogradska) to $S = 3.8$ (Zlatiborska). If we analyse this range, we can distinguish between more or less homogeneous regions (Figure A7).

1. The very homogeneous agricultural regions (S value from 0.1 to 1) include the districts of Beogradska, Braničevska, Rasinska, Severnobačka, Severnjobanatska, Pomoravska and Šumadijska. These regions are characterised by typical agricultural production with minimal deviations.
2. The moderately homogeneous agricultural regions (S value of 1 to 2) include the districts of Kolubarska, Nišavska, Podunavska, Jablanička, Moravička, Raška, Zaječarska, Borska, Toplička, Zapadnobačka, Srednjobanatska, Mačvanska, Pčinjska and Pirotka. These regions have diametrically opposed developed factors, but also show the dominance of one or more factors, while others lag behind.
3. The heterogeneous agricultural regions (S value above 2) include the districts of Zlatiborska, Južnobačka, Južnjobanatska and Sremska – regions with significant positive deviations in several or all factors that represent "development poles" in the spatial structure of agricultural production.

Discussion

Serbia is an agricultural country with more or less evenly developed branches of agricultural production. When categorising agriculture and distinguishing agricultural types, one should start from the characteristics of agriculture itself, i.e. from the study of its internal features and not from the external (natural and socio-economic) factors under which it develops. The conditions under which agriculture develops cannot serve as a basis for distinguishing between different types of agriculture. Each type of agriculture is the result of social, technical, economic and cultural influences that develop in a specific time and place and under specific natural conditions. These conditions depend, for example, on the location in relation to transport routes, markets or processing centres, on market conditions influenced by world market prices for agricultural products, on the economic policy of the state and laws and customs related to land inheritance, and on the natural conditions of agriculture such as soil fertility, soil types, water systems, climatic conditions, terrain relief, etc. (Јаћимовић, 1976).

The application of factor analysis in the typology of agriculture in Serbia has enabled the identification and classification of different types of agriculture on the basis of production and organisational-technical criteria. This study has shown that this method can be useful in identifying the main types of agriculture and their spatial distribution, but also shows certain limitations when applied to a small number of parameters and large spatial units. By applying the Varimax rotation (Figure A1 and A2) in the factor analysis, the main factors that explained most of the variability in agricultural production in the different districts of Serbia were identified.

The first factor (F1) was identified as an intensive type of vegetable farming, involving large areas of arable land, extensive irrigation and high productivity in cereal and industrial crop production. This type is characteristic of the lowland areas of Serbia, such as the Južnjobanatska and Srednjobanatska districts, where conditions are most favourable for

intensive agriculture. The second factor (F2) represents a typical fruit-growing type that predominates in mountainous areas such as Zlatiborska and Rasinska. This type is accompanied by a high proportion of fodder crop cultivation and developed livestock farming, which is typical for areas with a larger agricultural labour force. The third factor (F3) characterises a wine-growing region, particularly pronounced in areas such as Beogradska and Moravička, where traditional viticulture is important.

However, it is important to note that the results obtained in this study are limited due to the insufficient number of parameters included in the analysis and the size of the spatial units. Factor analysis has shown that while it can provide useful insights into the structure of agricultural production, the results may depend on the subjectivity of the researcher in the selection of parameters and the interpretation of the factors identified. Furthermore, the large spatial scale of the analysis can lead to a loss of specificity and accuracy of the results.

The methodology used in this study enabled the researchers to emphasise the multidimensional nature of heterogeneity and the specificities of the large rural area in Serbia (Martinović & Ratkaj, 2015). This study points to the need for further research that would include a larger number of parameters and a more detailed breakdown of smaller spatial units. The integration of other multivariate methods, such as cluster analysis or principal component analysis, could further improve the accuracy and reliability of the results. In addition, the inclusion of qualitative data and local specificities could contribute to a better understanding of the complexity of agricultural systems in Serbia.

Conclusion

The lack of a uniform typology of agriculture was emphasised in several agrargeographical studies and at the 19th and 20th International Geographical Congresses in Stockholm and London. At the 20th Congress in London in 1964, the International Geographical Union (IGU) founded the Commission on Agricultural Typology with the task (programme) of defining principles, criteria, methods and techniques of agricultural typology, initiating, supporting and coordinating work on a regional agricultural typology based on the criteria and methods recommended by the Commission, and developing a global typology and regionalisation of agriculture. Today, we still do not have a standardised study system, so typologies and methods vary from one researcher to another. The differences in natural and socio-economic conditions for agricultural development rarely coincide completely, given the influence of other external conditions. This mixing of criteria often leads to subjectivity in determining the typology, as the researcher in one case attaches more importance to natural conditions and in another case to the characteristics of agriculture itself.

The factor analysis applied in this research has shown considerable potential for identifying and categorising different types of agriculture in Serbia. Three main types of agriculture were identified through the analysis: intensive vegetable farming, which is prevalent in lowland areas with a high degree of irrigation and high productivity of cereals and industrial crops; typical fruit farming, which is characteristic of mountain areas with a significant share of livestock and a large number of agricultural labourers; and viticulture, which is particularly prevalent in regions with traditional viticulture.

The results have shown that factor analysis can provide valuable insights into the structure of agricultural production and its spatial distribution, but the method also has its

limitations. In order to obtain more precise and reliable results in future research, it is recommended to include a larger number of parameters and a more detailed breakdown of smaller spatial units. The integration of other multivariate methods, such as cluster analysis or principal component analysis, could improve the accuracy and reliability of the results. Furthermore, the inclusion of qualitative data and local specificities could contribute to a better understanding of the complexity of agricultural systems in Serbia. This research provides a basis for further studies and can be useful for strategic planning and agricultural development in Serbia.

Factor analysis as a method offers the possibility to identify the main types of agriculture and their spatial distribution, but it requires careful application and selection of parameters to ensure that the results are as precise and reliable as possible. Future research should focus on including a larger number of relevant parameters and analysing smaller spatial units, which would contribute to a better understanding and planning of agricultural development in Serbia. This study is an important step towards understanding the different types of agriculture in Serbia and their spatial distribution and provides a basis for further research and strategic decisions in the field of agricultural policy.

Acknowledgement: The study was supported by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia (contract number 451-03-65/2024-03/200091).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Publisher's Note: Serbian Geographical Society stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

© 2024 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

References

- Blegajlo, W. (1973). *Typologia rolnictwa na przykladzie wojewodztwa bjalostockiego*. Instytut Gwogrfii PAN.
- Drobnjaković, M. (2019). Methodology of typological classification in the study of rural settlements in Serbia. *Journal of Geographical Institute Jovan Cvijić*, 69(2), 157-173. <https://doi.org/10.2298/IJGI1902157D>
- Грчић, М., и Минић, И. (1987). Типологија пољопривреде Србије према производним карактеристикама методом факторске анализе. *Гласник Српског географског друштва*, LXVII(2), 33-42.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2010). *Multivariate Data Analysis - A Global Perspective*. Pearson.
- Јаћимовић, Б. (1976). Методологија аграрно-географских проучавања типологије пољопривреде. *Зборник радова Природно-математичког факултета Универзитета у Београду*, 23, 89-106.
- Kostrowicki, J. (1969). Typologia rolnictwa. Zalozenia, kryteria, metody. *Przeglad Geograficzny*, XLI(4), 559-621. Warszawa.

- Liberg, A. H. J., & Mol, J. (1961). Multiple factor analysis as a method of agricultural research. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 9(4), 269-280.
- Malić Sibinović, A., Sibinović, M., Ratkaj, I., Gatarić, D., Budović, A., & Jocić, N. (2024). Functional typology of settlements in the Srem region, Serbia. *Open Geosciences*. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0646>
- Manly, B. F. (2005). *Multivariate Statistical Methods - A Primer* (3rd ed.). Chapman & Hall.
- Martinović, M., & Ratkaj, I. (2015). Sustainable rural development in Serbia: Towards a quantitative typology of rural areas. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(3), 37-48.
- Myers, J. H., & Mullet, G. M. (2003). *Managerial Applications of Multivariate Analysis in Marketing*. American Marketing Association.
- Републички завод за статистику. (2013). *Попис пољопривреде 2012. Земљиште према категоријама коришћења*. Републички завод за статистику.
- Сибиновић, М. (2015). Типологија пољопривреде у условима транзиционе кризе: Пример региона Београда. *Зборник радова Географског факултета Универзитета у Београду*, 63, 81-118. <https://doi.org/10.5937/zrgfub1563081S>
- Todorović, M. (2002). *Osnove tipologije i regionalizacije poljoprivrede Srbije*. Српско географско друштво.

Appendix



Figure A1. Graph of Factor Representation before Varimax Rotation



Figure A2. Graph of Factor Representation after Varimax Rotation

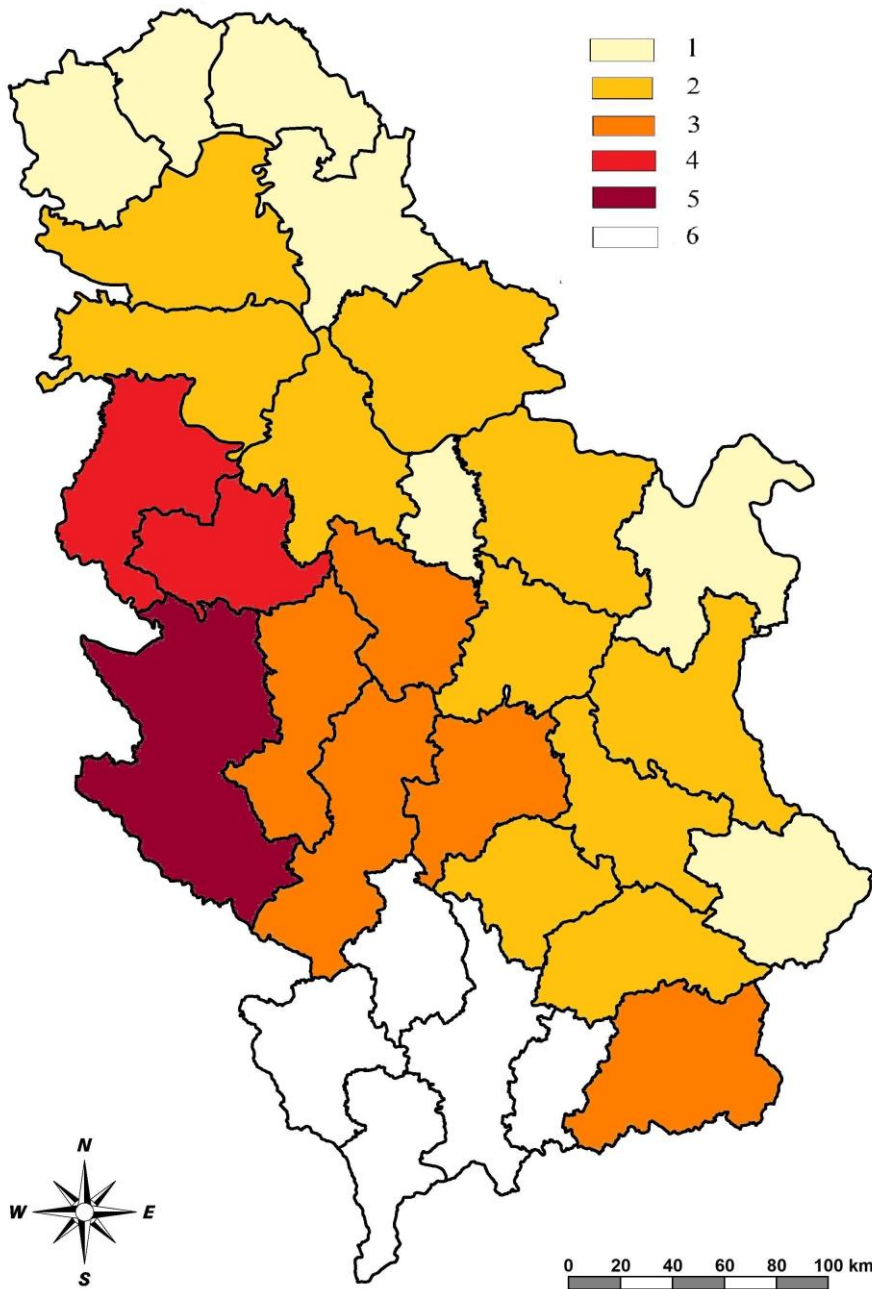


Figure A3. Typology of Agriculture Based on the Prevalence of Factor "D1" – Forestry and Animal Husbandry: 1) Underdeveloped ($D1 < 0.5$); 2) Poorly developed ($D1 = 0.5 - 1.0$); 3) Moderately developed ($D1 = 1.0 - 1.5$); 4) Highly developed ($D1 = 1.5 - 2.0$); 5) Very highly developed ($D1 > 2.0$); 6) No data available

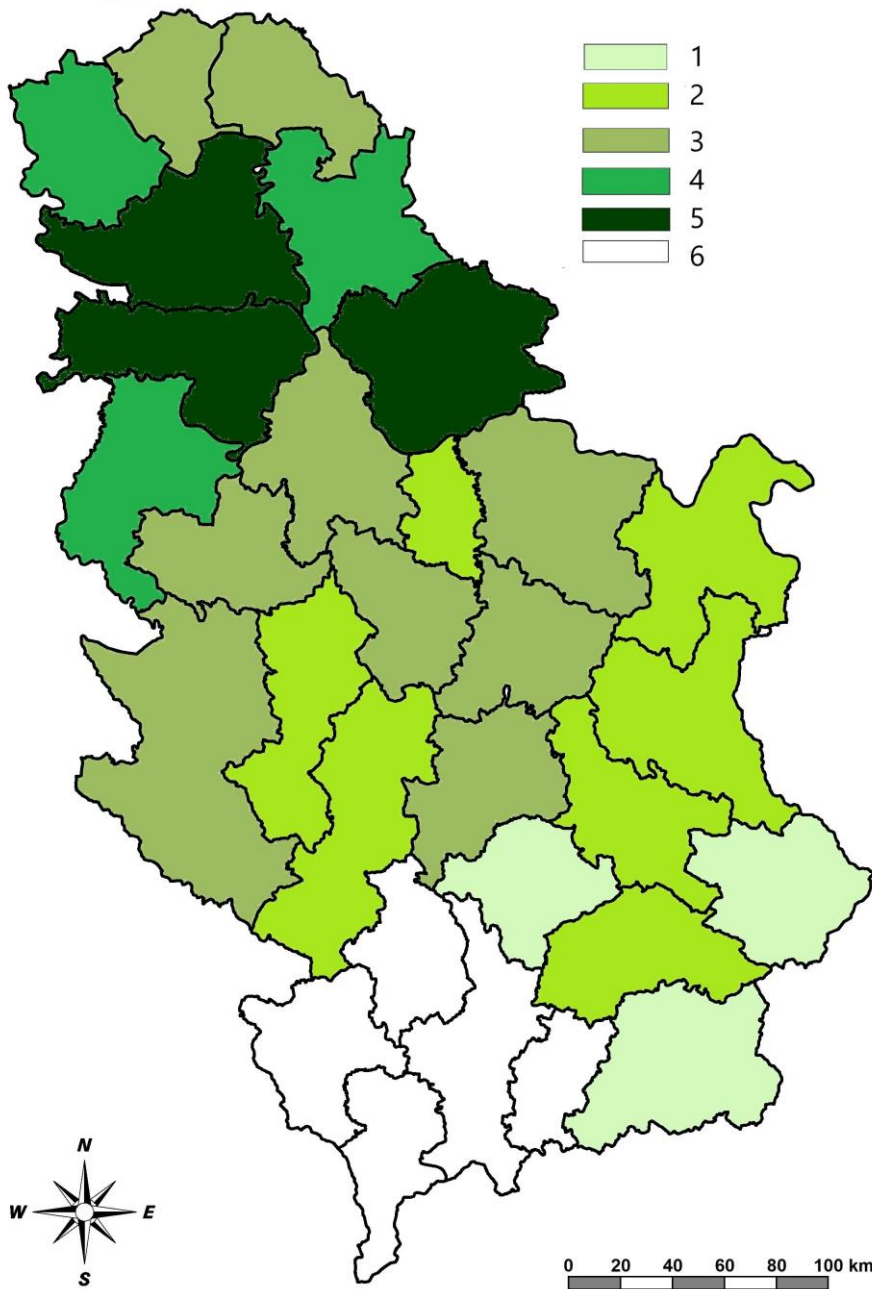


Figure A4. Typology of Agriculture Based on the Prevalence of Factor "D2" – Crop Farming: 1) Underdeveloped ($D2 < 1.1$); 2) Poorly developed ($D2 = 1.1 - 1.3$); 3) Moderately developed ($D2 = 1.3 - 1.5$); 4) Highly developed ($D2 = 1.5 - 2.5$); 5) Very highly developed ($D2 > 2.5$); 6) No data available

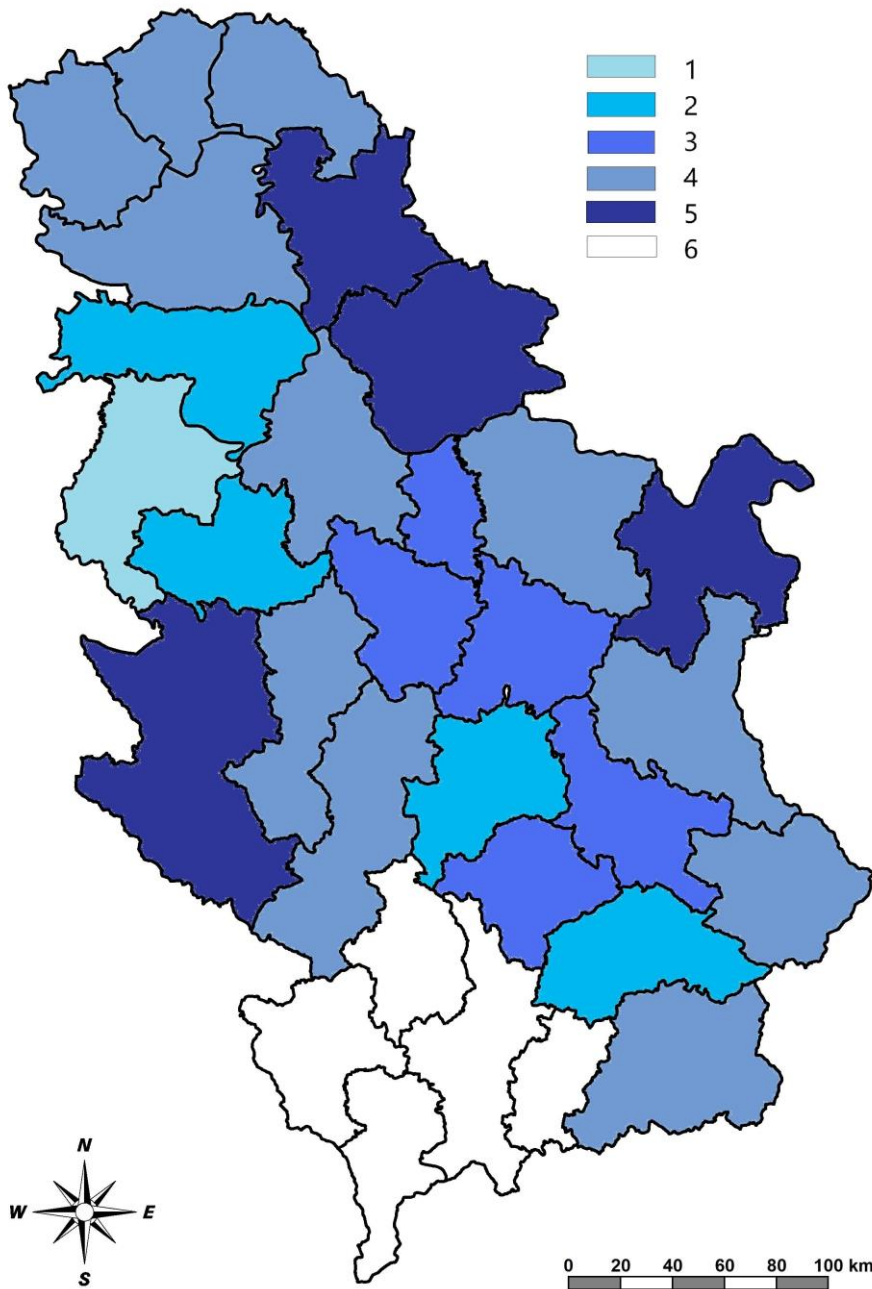


Figure A5. Typology of Agriculture Based on the Development of Factor "D3" – Viticulture: 1) Underdeveloped ($D_3 < 0.2$); 2) Poorly developed ($D_3 = 0.2 - 1.0$); 3) Moderately developed ($D_3 = 1.1 - 1.9$); 4) Highly developed ($D_3 = 2.0 - 4.0$); 5) Very highly developed ($D_3 > 4.0$); 6) No data available

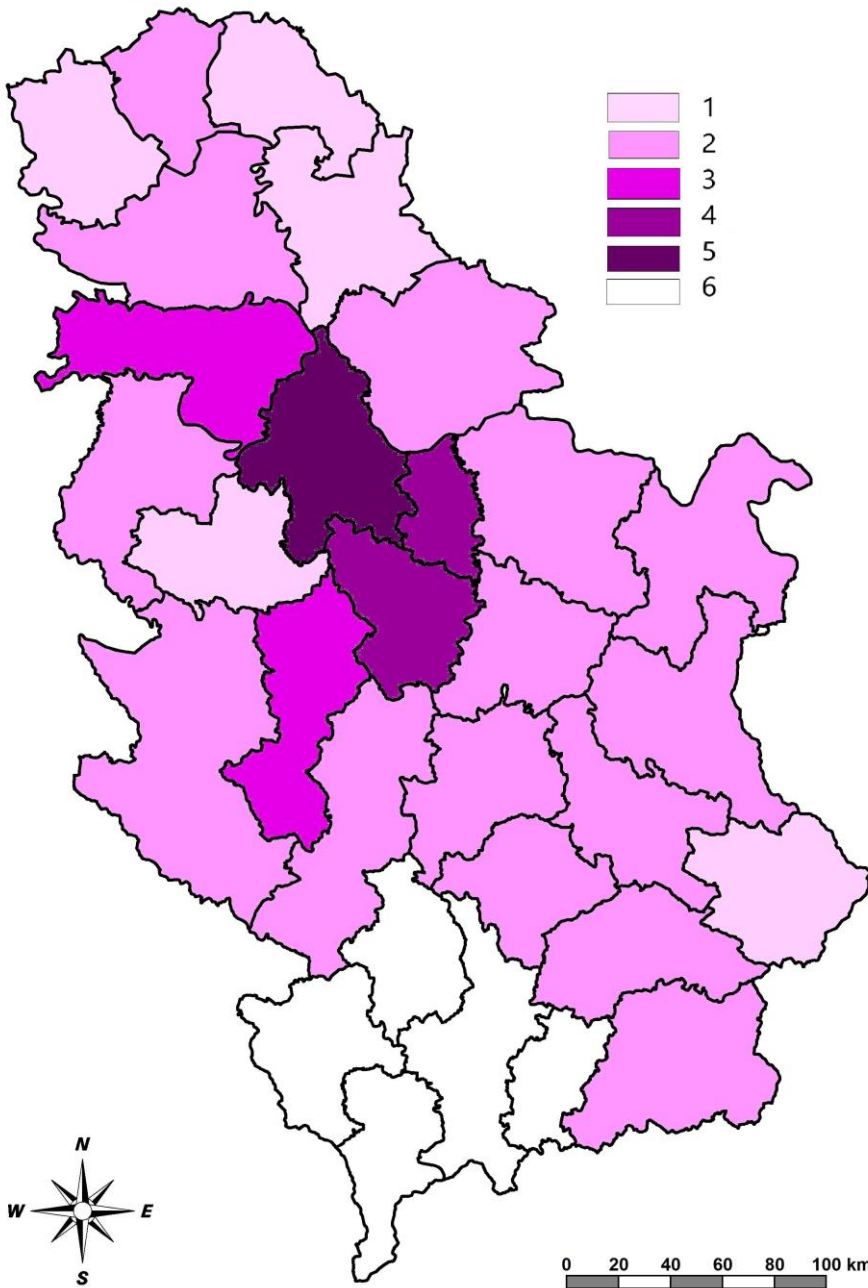


Figure A6. Typology of Agriculture Based on the Prevalence of Factor "D4" (Fruit Farming): 1) Underdeveloped ($D_4 < 0.5$); 2) Poorly developed ($D_4 = 0.5 - 1.0$); 3) Moderately developed ($D_4 = 1.0 - 1.5$); 4) Highly developed ($D_4 = 1.5 - 2.5$); 5) Very highly developed ($D_4 > 2.5$); 6) No data available

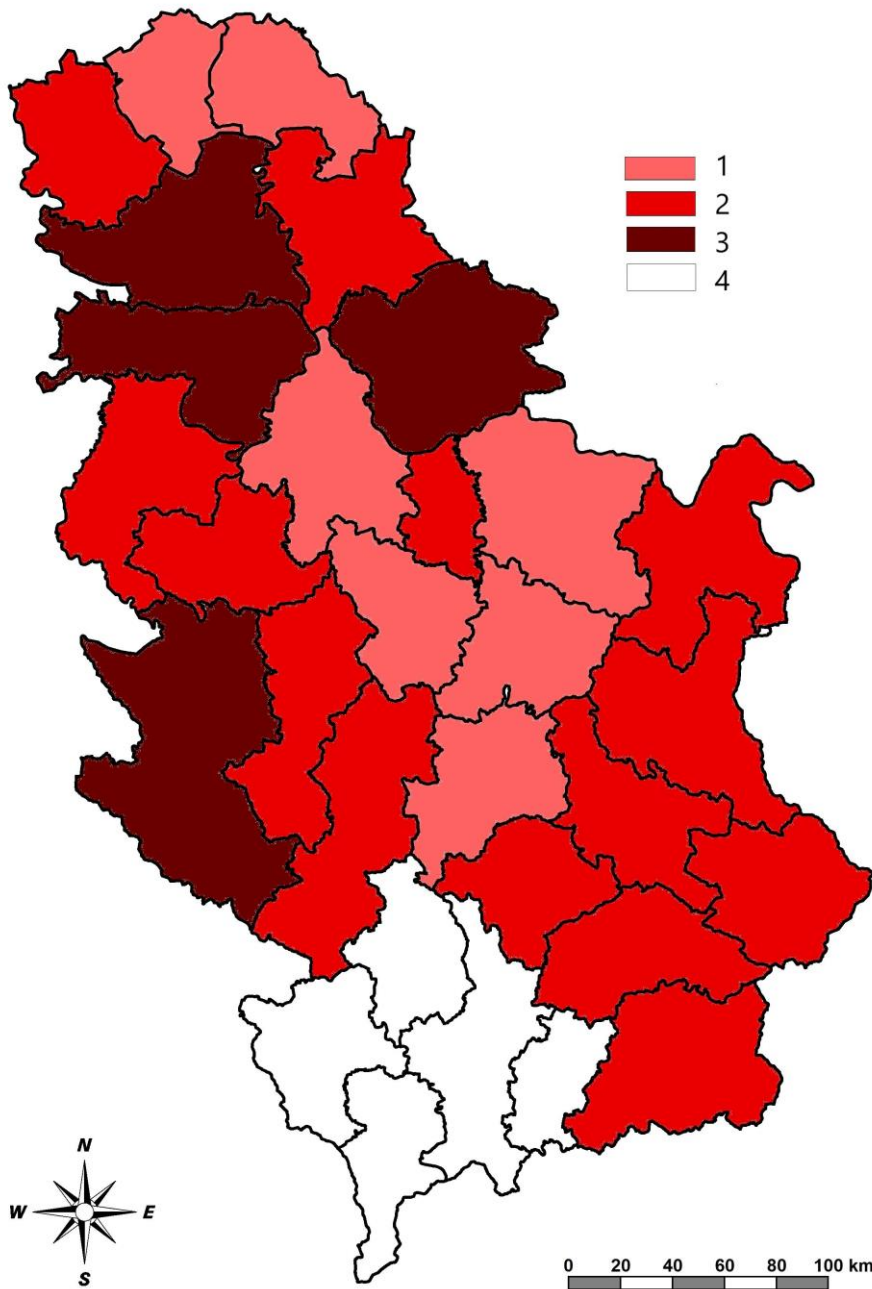


Figure A7. Typology of Agriculture by Degree of Development "S" (from $S = 0.101$ to $S = 3.824$): 1) Highly homogeneous agricultural areas ($S = 0.1 - 1.0$); 2) Moderately homogeneous agricultural areas ($S = 1.0 - 2.0$); 3) Heterogeneous agricultural areas ($S > 2.0$); 4) No data available

Оригинални научни рад

UDC 338.43(497.11)
<https://doi.org/10.2298/GSGD2402001M>

Примљено: 26. јуна 2024.

Исправљено: 27. августа 2024.

Прихваћено: 12. октобра 2024.

Љиљана Михајловић^{1*}, Мирољуб Миљинчић^{*}, Данијела Вукоичић^{}, Драган Петровић^{*}**

** Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд, Србија*

*** Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно математички факултет, Одсек за географију, Косовска Митровица, Србија*

**ПРИМЕНА ФАКТОРСКЕ АНАЛИЗЕ У ТИПОЛОГИЈИ
ПОЉОПРИВРЕДЕ СРБИЈЕ**

Апстракт: Факторска анализа је коришћена као метод за одређивање типова пољопривреде у Србији, на основу ког се дошло до синтетних, али и свеобухватних података који су приказани у раду. Субјективност овог метода се ублажава релевантним статистичким чињеницама које јасно усмеравају ток факторске анализе, након одабира параметара, све до њихове ротације и добијања коначних резултата. Издвојени су типови пољопривреде према развијености одређених фактора и административне области у којима су дати фактори доминантни у односу на друге. Треба узети у обзир да се резултати добијени у раду не могу користити као релевантни за даља истраживања, јер се метод факторске анализе показао неадекватан за мали број унетих параметара и за велике просторне целине, као што су административне области.

Кључне речи: факторска анализа, пољопривреда, Србија, типологија пољопривреде

¹ljiljana.mihajlovic@gef.bg.ac.rs (corresponding author)

Љиљана Михајловић (<https://orcid.org/0000-0003-4022-8248>)

Мирољуб Миљинчић (<https://orcid.org/0009-0004-0003-9957>)

Данијела Вукоичић (<https://orcid.org/0000-0002-3139-1070>)

Драган Петровић (<https://orcid.org/0000-0003-4097-0047>)

Увод

Промене, које су се дешавале у пољопривредним системима и које су водиле ка све већој продуктивности, постало је тешко пратити без свеобухватних проучавања и успостављања јасних закономерности на основу којих би се одредиле производне карактеристике. Према Јаћимовићу (1976) пољопривреда није проста сума елемената, већ комплекс, међусобно, тесно повезаних функционалних појава, тако да је за одређивање типова пољопривреде потребно приступити са унапређеним методама научно, аграрно- географских проучавања. Коришћењем факторске анализе идентификују се кључне променљиве које треба узети у обзир приликом доношења аграрних политика (Liberg & Mol, 1961). Успостављање јединствених типова пољопривреде је важно за њено олакшано проучавање.

У типолошким проучавањима пољопривреде издваја се неколоко основних категорија на основу којих се прави одабир индикатора. Те категорије су груписане према: формама власништва земље, радној снази, степену запослености, структури, величини, раздробљености земљишних поседа (социјално- сопственичке), систему размештаја парцела, типу сеоских насеља, систему обраде земље и смењивања култура, наводњавању, систему гајења стоке (организационо техничке), продуктивности земље и радне снаге, усмерености производње (производне одлике) и друго. Све оне заједно могу да чине основу типологије пољопривреде. Типологија је прагматичан систем карактеристика који се формира као јединствени концептуални образац (Malić Sibinović et al., 2024). Такође, представља методолошки приступ који омогућава класификацију аграрних система на основу различитих економских, социјалних и еколошких параметара, чиме се постиже боље разумевање регионалних специфичности у пољопривреди (Vlegajlo, 1973).

Правилан избор и анализа унутрашњих одлика пољопривреде, представља полазни материјал за вршење синтезе, односно типологије, а затим и издвајање пољопривредних рејона. Костровицки (1969), указује да типологија, чија је посебна одлика систематика и синтеза допушта издвајање сличних заједничких појава проучаваних јединица, с обзиром на одлике које је одређују. Те јединице, чије се издвајање заснива на изабраним и тачно одређеним показатељима, који репрезентују поједине одлике пољопривреде, носе назив тип. Тип пољопривреде представља виши синтетички појам који обухвата све карактеристичне одлике одређене пољопривреде. У ширем смислу, он укључује све облике обрађивања земљишта и узгоја стоке у производне сврхе. Хијерархијски, тип пољопривреде обухвата различите нивое, почевши од најнижих, који су засновани на проучавању појединачних пољопривредних газдинстава, па све до највиших нивоа. Овај појам је динамичан, јер се мења заједно са еволутивним или револуционарним променама које одређују његове карактеристичне одлике. Такође, тип пољопривреде је комплексан појам, који је дефинисан кроз систем карактеристичних одлика свих важних аспеката пољопривреде (Јаћимовић, 1976).

Основна издвајања типова пољопривреде подразумевају проучавање система унутрашњих одлика пољопривреде и не могу се заснивати на проучавању једне одлике, већ целог комплекса који карактерише пољопривреду као један сложени продукциони процес. Комисија типологије пољопривреде, формирана на 20. конгресу у Лондону 1964. године, имала је за циљ успостављање принципа, критеријума, метода и техника за типологију и регионализацију пољопривреде (Drobnjaković, 2019).

У домаћој и светској литератури се користе многе статистичке методе, као ефикасне за одређивање типова пољопривреде: дескриптивна статистика, оцена параметара, корелациона и регресиона анализа, општи линеарни модел (OLM), непараметријски тестови, анализа варијансе (ANOVA - Analysis of Variance), анализа коваријансе (ANCOVA - Analysis of Covariance), факторска анализа (мултиваријациона анализа (MANOVA - Multivariate Analysis of Variance), кластер анализа, дискриминациона анализа, анализа главних компоненти) и друге. Најчешће у употреби за типологију пољопривреде користи се анализа главних компоненти (PCA - Principle Component Analysis).

Методе

Факторска анализа није нова метода анализе података. Она се интензивно користи као аналитичка техника још од друге половине 20. века. Социолози су је користили за испитивање интензивних промена у међуљудским односима, за редукцију, класификацију, трансформацију и опис података, за развој социолошких инструмената, за тестирање научних хипотеза, истраживање интеракција елемената система у новим научним областима, као и за мапирање простора за различите намене. Факторска анализа, се у раду користи за добијање геометријског приказа, који омогућава визуелно праћење промене одређених индикатора, а све у сврси добијања заједничких параметара за истраживања праваца развоја пољопривреде у Србији. Факторска анализа је кључна у идентификовању латентних променљивих које нису директно видљиве, али имају значајан утицај на пољопривредне праксе (Liberg & Mol, 1961).

Чињеница, да се факторска анализа, најчешће, примењује у друштвеним наукама, може објаснити многобројне објављене радове и студије на ову тему. Упркос опширној литератури која разматра коришћење факторске анализе у друштвеним наукама, веома је мало евалуационих студија о примени ове методе у емпиријском раду (како у другим областима бихејвиоралистичких наука, тако и у истраживању развоја пољопривреде). Коришћење метода факторске анализе у одређивању типологија пољопривреде у Србији проналазимо у радовима Б. Јаћимовића (1976), М. Грчића (1987), М. Тодоровић (2002), И. Раткаја (2015), М. Сибиновића (2015), М. Дробњаковић (2019) и других. Основна идеја да типови настају као резултат дијагностичких карактеристика и варијабли, при чему емпиријски подаци имају кључну улогу (Сибиновић, 2015). Коришћен софтвер за обраду података је XLSTAT, који је намењен мултивариоционим методама, као што је факторска анализа. Она представља једну од најпопуларнијих мултиваријационих техника којој је у циљу да идентификује основне идеје, односно заједничке карактеристике за више варијабли, али и да смањи број варијабли у анализи када их је превише, при чему се неке од њих „преклапају“ јер имају слично значење и понашање. Када једна варијабла има велику вредност, онда и остале варијабле у групи имају велику вредност. Код техника међузависности не постоји подела на зависне и независне варијабле јер су све заправо независне. Овим техникама се заправо тражи модел односа између варијабли који има смисла са аспекта проблема истраживања. Технике међузависности су заправо хеуристички, апроксимативни методи којима се трага за разумним, смисленим, оптималним решењима.

За ефикасну примену факторске анализе, па и других мултиваријационих техника међузависности, потребно је да постоји минимална количина варијабли које се барем мало преклапају у свом значењу. Захваљујући тој редувантности могуће је открити шаблон у понашању варијабли, односно основну идеју (фактор) којом су прожете. У

овом контексту, један од главних циљева факторске анализе је да тражи групу сличних фактора, јер они изражавају исту основну идеју на начине који се разликују у нијансама. Фактори се не могу идентификовати и измерити директно. Они се могу открити преко односа између варијабли које их својим понашањем испољавају. Постоји много техника којима може да се изведе факторска анализа, а не постоји консензус која од њих је најбоља. Уколико се истраживач одлучи за читав низ варијабли које су везане за једну карактеристику, а код других постоји знатно мање варијабли, дефинисаће се један фактор са великом вредношћу. Циљ факторске анализе је да пронађе групу повезаних варијабли, али не и да утврди важност тог груписања.

Када се направе групе, односно одређени фактори, потребно је сваком фактору дати одговарајући назив тако да повезује све карактеристике које се налазе у датој групи. Факторско оптерећење (factor loading) указује на релативну важност сваке карактеристике у дефинисању фактора. То је заправо коефицијент корелације између сваке карактеристике (варијабле, питања) и самог фактора. Што је већа корелација, дата карактеристика боље описује фактор. Ова корелација може бити и позитивна и негативна. Ако је корелација позитивна, онда показује у којој ће мери одређена варијабла допринети том фактору, а ако је негативна, показује колико варијабли не учествује у датом фактору. Избор имена за факторе је изузетно битан јер је касније приликом доношења било каквих одлука фокус управо на називима. Без обзира који је крајњи циљ факторске анализе, мора се водити рачуна о томе какве се варијабле користе у поступку. Избор варијабли и њихове карактеристике имају директног утицаја на коначни исход анализе.

Факторска анализа полази од претпоставке да, ако између две или више варијабли постоји висок степен корелације, тада њихово заједничко постојање није статистички важно, те се оне могу заменити заједничким показатељем уз губитак једног дела информације (Грчић и Минић, 1987). Такође, факторска анализа, омогућује једнозначно квантитативно формулисање скривених структура, нових показатеља који представљају комплексе спојених променљивих, недоступне непосредној опсервацији, где се долази до закључка да је реч о егзактној системској анализи (и синтези), вишем нивоу дијалектичке спознаје у коме су појединачне узрочно-последичне везе замењене мултикаузалним везама (Грчић и Минић, 1987). Главна предност коришћења квантитативне (у овом случају факторске) анализе у студијама типологије је упоредивост резултата (Martinović & Ratkaj, 2015). Значајна хетерогеност руралних подручја појачава важност типологије као битног инструмента и предуслова у истраживању и планирању развоја руралних подручја. Трансформација руралних подручја у Србији суочава се са изазовима због свог историјског контекста и транзиције са социјалистичке на тржишну економију, што је утицало на пољопривредне праксе и коришћење земљишта (Сибиновић, 2015).

Приликом спровођења факторске анализе, требало би размотрити четири основна питања: одабрати адекватан модел факторске анализе, одредити број фактора који улазе у процес анализе, изабрати начин ротације фактора и растумачити добијене податке у циљу постизања што прецизнијих резултата. Истраживач мора прво изабрати индикаторе које ће користити у факторској анализи. Постоје два различита приступа за то: коришћење заједничких индикатора или индикатора који су специфични за појединачне компоненте. Постоје мишљења да је боље користити појединачне индикаторе, јер би се на тај начин избегла јединствена грешка. Број фактора који се задржавају до ротације имају значајан утицај на коначан резултат факторске анализе. Као и код избора модела, мора се донети одлука у погледу критеријума који се користи за задржавање

фактора. Уколико је број фактора који улазе у почетну анализу већи, добијају се прецизнији резултати, али је њихово праћење теже.

Ротација фактора врши се у циљу побољшања смислености, поузданости и репродуктивности података. Основни циљ ротације је да се постигне једноставнија структура за тумачење. А она се постиже ротацијом фактора око почетне тачке, тако да сваки фактор остане колинеаран са својим векторским паром. На овај начин се омогућава спајање фактора који су у корелацији, док ортогонална ротација генерише факторе који су статистички некорелативни. Крајњи циљ факторске анализе је идентификација основних индикатора. Тумачење је процес у коме на основу преосталих индикатора истраживач даје смисао резултатима факторске анализе.

Критички осврт – недостаци метода

Мора се назначити да је факторска анализа метод који је одређен проценом атрибута оног ко метод примењује, па је често изложен критикама. Субјективни аспект је веома изражен (колико фактора, која ротација, колика је статистичка значајност факторских оптерећења) што доводи до великог размимоилажења у ставовима истраживача од којих у највећој мери и зависе резултати факторске анализе (она открива обрасце понашања било којих варијабли, које истраживач укључи у модел).

Није препоручљиво анализирати узорак који има мање од 50 јединица и пожељно је да узорак има око 100 јединица. Генерално је правило да постоји пет пута више јединица, него што има варијабли у бази, а најбоље би било да је тај однос 10:1. У случајевима када је тај однос мањи од 5:1, потребно је резултате објашњавати са великом резервом, као што је и у овом раду приказано. Уколико се на примеру одређивања типова пољопривреде не примени Varimax ротација, добијају се непрегледни резултати, са много издвојених варијабли и као такви се не могу са лакоћом сврстати у јасно одређене типове.

Теоријски модели типологије пољопривредне производње могу се сврстати у два приступа. Први се базира на детерминистичком схватању утицаја физичко-географских карактеристика на пољопривреду, док други наглашава значај економских фактора и бихевиористичких односа према производњи (Сибиновић, 2015). Иако су типови пољопривредне производње у основи одређени природним условима, трансформације су изазване антропогеним факторима који утичу на коришћење земљишта и структуру производње (Сибиновић, 2015).

Резултати истраживања

Типологија пољопривреде према производним карактеристикама

У анализу је укључена матрица димензије 25 x 10. Дакле, свака од 25 административних и статистичких области (због недоступности података недостаје 12 општина, смештених у пет управних области на територији Косова и Метохије) окарактерисана је преко скупа од 10 варијабли које представљају производне карактеристике пољопривреде и то: варијабле, односно индикатори који улазе у почетну фазу факторске анализе су сви они који одликују главне гране пољопривреде: производња житарица, индустријског биља, поврћа, крмног биља, воћарство, виноградарство, и сточарство (Подаци коришћени у раду су прилагођени попису пољопривреде 2012. године). Детерминистичко поимање каузалности у пољопривреди укључује утицај физичко-географских карактеристика на типологију производње (Сибиновић, 2015). Због лакше и адекватније анализе (услед

малог броја улазних фактора) додата су још три (непроизводна, али уопштена) фактора која су кључна за разматрање крајњих резултата, а то су површине које се наводњавају, укупна пољопривредна површина и радна снага (слика А1, стр. 14).

После спроведене корелационе анализе и ротације Varimax (слика А2, стр. 15) издвојило се прво седам, а потом три синтезне варијабле или фактора. Оне замењују улазних 60 варијабли са 74,02% док се 25,98% може сматрати губитком информације. С обзиром да је однос матрица димензије био 25 x 10 варијабли, не може се поуздано рећи да су добијени резултати у потпуности одговарајући реалној ситуацији. Али ипак подаци су погодни за даљу обраду, где би требало на основу доминантности одређених фактора издвојити типове пољопривреде.

Доминантан је значај фактора F1 (39,63%) и F2 (23,69) који објашњавају 63,32% укупног варијабилитета. Из структуре фактора F1 може се закључити да он представља интензивни повртарски тип, у коме је примећено и велико учешће узгајања жита и индустријског биља, то су пољопривредни рејони са највишим степеном наводњавања, а том типу припада највећи проценат пољопривредних, обрадивих површина Србије и карактеристични су за равничарске пределе. Из структуре фактора F2 може се закључити да он презентује типични воћарски тип структуре пољопривреде са елементима гајења крмног биља и развијеним системом сточарства. Под овим фактором је обухваћен и највећи број радне снаге, односно у подручјима где су заступљени ови типови пољопривреде, највећем броју становника је пољопривреда примарна делатност. Тај начин бављења пољопривредом карактеристичан је за брдско-планинска подручја Србије. Фактор F3 је типични виноградарски реон и можемо га повезати са просторима на којима се традиционално људи баве овим типом пољопривреде.

Наведени резултати још не дају основу за класификацију области Србије. Одређеним математичким поступком израчуната су тзв. факторска оптерећења опсервација (области). Тако је добијена матрица 25 x 3 у којој је дат степен важности и развијености сваке области у датим факторима, те се може извршити класификација на следећи начин: фактору F1 припадају: Јужнобанатска, Средњобанатска, Поморавска, Нишавска, Подунавска, Пчињска и у мањој мери Рашка област; фактор F2 је карактеристичан у: Западнобачкој, Северобанатској, Златиборској, Расинској, Борској, Пиротској, Топличкој и једним делом и у Мачванској области; док се Београдска, Јужнобачка, Севернобачка, Сремска, Колубарска, Моравичка, Шумадијска, Браничевска, Зајечарска и Јабланичка област одликују претежно заступљеношћу фактора F3.

На основу добијених фактора могу се издвојити типови развијености одређене граде пољопривреде на посматраној територији. На пример, развијеност виноградарства одређујемо на основу заступљености фактора F3 у издвојеним статистичким областима Србије и добијамо типове:

1. Неразвијено виноградарство (F3 мање од - 1,2) је у Јужнобанатској, Сремској, Колубарској, Мачванској, и Браничевској области
2. Слабо развијено виноградарство (F3 од - 1,2 до + 0,2) је у Севернобачкој, Западнобачкој, Северобанатској, Средњобанатској, Поморавској, Рашкој, Шумадијској, Борској, Подунавској, Нишавској и Топличкој области.
3. Средње развијено виноградарство (F3 од + 0,2 до + 1,5) је у Златиборској, Расинској, Јабланичкој, Пиротској, и Пчињској области.

4. Високо развијено виноградарство (F3 од + 1,5 до + 3,0) је у Београдској, Моравичкој и Зајечарској области
5. Врло високо развијено виноградарство (F3 преко + 3,0) је Јужнобачкој области.

Добијени подаци су анализирани на основу малог броја унетих јединица, и евидентно је да постоје одступања од реалног стања развијености у поменутиим областима, али је овим методом добијена слика примарних производних делатности у односу на друге.

Да би се одредиле најразвијеније пољопривредне области у Србији, потребно је извршити хомогенизацију области у четвородимензионалном факторском простору према обрасцу:

$$S = \sqrt{F_{12} + F_{22} + F_{32}} \quad (1)$$

Показатељ S представља удаљеност административне области од координатног почетка у факторском простору, без обзира на предзнак. Што је вредност S за дату област мања — то је њено место ближе координатном почетку — самим тим је она више типична као представник система.

Према вредности S административне области Србије су се (у нашем примеру) пострјиле у низ распона од $S = 0,812$ (Пчињска област) до $S = 2,907$ (Јужнобачка). Рашчлањавајући тај низ можемо издвојити више или мање хомогене рејоне.

1. Високо хомогене пољопривредне области (вредност S од 0,8 до 1,0) су Сремска, Браничевска, Севернобачка, Северобанатска, Средњобанатска, Поморавска, Рашка, Шумадијска, Борска, Подунавска, Нишавска, Топличка, Јабланичка и Пчињска област. Ово су области који се карактеришу типичном пољопривредном производњом, без већих одступања.
2. Средње хомогене пољопривредне области (вредност S од 1,0 до 2,0) су Колубарска, Расинска, Пиротска, Зајечарска и Западнобачка област. Ово су области које више одступају од координатног почетка, из чега следи да имају дијаметрално супротно развијене факторе, али имају и доминацију једног или више фактора са заосталошћу других (Грчић и Минић, 1987).
3. Хетерогене пољопривредне области (вредност S преко 2,0) су Јужнобачка, Јужнобанатска, Мачванска и Златиборска област. Овом типу припадају области са великим одступањима „у плус“ већег броја или свих фактора. С обзиром да вредност сваког фактора изражава степен развијености или ранг потенцијала дате врсте пољопривредне производње, то онда овај рејон можемо протумачити као „пол развијености“ у просторној структури пољопривредне производње. Овај рејон је територијално нехомоген (Грчић и Минић, 1987).

Типови пољопривреде према организационо техничким критеријумима

У анализу је укључена матрица димензије 25 x 40. Дати су различити показатељи који нису изражени у јединственим мерним јединицама. Поред основних пољопривредних показатеља, укључени су и атрибути који показују начине обраде земљишта, као и третирања пољопривредних култура: коришћење пестицида, системи за наводњавање „као по кап“, коришћење алтернативних извора енергије и друго.

После спроведене корелационе анализе и ротације Varimax издвојило се прво осам засебних група, које су на основу преклапања група фактора са заједничким показате-

љима упрошћене на четири основне (D1, D2, D3 и D4) синтетне варијабле или фактора. Varimax ротација је примењена како би се постигла оптимизација и поједностављење структуре фактора, омогућавајући јасније и прецизније тумачење добијених резултата факторске анализе (Malić Sibinović et al., 2024). Добијени резултати се поузданије могу тумачити у односу на резултате добијене о производним карактеристикама пољопривреде, јер је број укључених варијабли у матрицу повећан четири пута.

У првом делу анализе, од свих осам издвојених група, оптерећеност групе F1 је 35%, а F2 58,35%, док се на осталих шест распоређује оптерећеност од 6,65%. Због велике оптерећености ове две варијабле, не могу се јасно издвојити типови и успоставити законмерности, али се могу истаћи основне карактеристике, као би се могла упоредити трансформација датих варијабли.

Табела 1. Типологија пољопривреде према степену развијености доминантних грана пољопривреде

D1 ШУМАРСТВО И СТОЧАРСТВО		D2 РАТАРСТВО		D3 ВИНОГРАДАРСТВО		D4 ВОЂАРСТВО	
НЕРАЗВИЈЕНО							
D1 < -0,6	Западнобачка, Северобанатска, Севернобачка, Средњобанатска, Борска, Пиротска и Подунавска област	D2 < -1,1	Пиротска, Пчињска, и Топличка област	D3 < -2	Мачванска област	D4 < -0,5	Западнобачка, Севернобанатска, Средњобанатска, Колубарска и Пиротска област
СЛАБО РАЗВИЈЕНО							
D1 од -0,6 до +0	Јужнобанатска, Јужнобачка, Сремска, Београдска, Поморавска, Браничевска, Зајечарска, Јабланичка, Нишавска и Топличка област	D2 од -1,1 до -0,5	Моравичка, Рашка, Борска, Зајечарска, Јабланичка, Нишавска и Подунавска област	D3 од -2 до -1,1	Колубарска, Расинска, Јабланичка и Сремска област	D4 од -0,5 до +0,1	Јужнобанатска, Јужнобачка, Севернобачка, Златиборска, Мачванска, Поморавска, Расинска, Рашка, Борска, Браничевска, Зајечарска, Јабланичка, Нишавска, Пчињска и Топличка област
СРЕДЊЕ РАЗВИЈЕНО							
D1 од +0 до +1	Моравичка, Расинска, Рашка, Шумадијска, и Пчињска област	D2 од -0,5 до +0,5	Београдска, Севернобанатска, Севернобачка, Златиборска, Колубарска, Поморавска, Расинска, Шумадијска и Браничевска област	D3 од -1,1 до +0	Поморавска, Шумадијска, Нишавска, Подунавска и Топличка област	D4 од +0,1 до +0,8	Сремска и Моравичка област
ВИСОКО РАЗВИЈЕНО							
D1 од +1 до +3	Колубарска и Мачванска област	D2 од +0,5 до +1,5	Западнобачка, Мачванска и Средњобанатска област	D3 од +0 до +1	Београдска, Западнобачка, Јужнобачка, Севернобанатска, Севернобачка, Моравичка, Рашка, Браничевска, Зајечарска, Пиротска и Пчињска област	D4 од +0,8 до +2,5	Шумадијска и Подунавска области
ВРЛО ВИСОКО РАЗВИЈЕНО							
D1 > +3	Златиборска области	D2 > +1,5	Јужнобанатска, Јужнобачка и Сремска област	D3 > +1	Јужнобанатска, Средњобанатска, Златиборска и Борска област	D4 > +2,5	Београдска област

Из структуре фактора F1 може се закључити да он обухвата делове Србије која располаже са највећим бројем радне снаге, која се највише бави вођарством, прерадом

меса, млека, воћа и поврћа, али и рибарством. У овим деловима Србије је такође високо развијен и туризам, највеће површине под шумским земљиштем припадају овде, као и ливаде и пашњаци. Има много извора површинске воде, веома је изражена народна радиност, а од врста воћа највише се гаје јабуке, крушке, шљиве, ораси и малине. Земљиште се третира у највећој мери природним минералним ђубривима (стајњак). Овакве карактеристике су одлика брдско-планинских предела Србије. Овом типу припадају статистичке области: Подунавска, Западнобачка, Северобанатска, Северобачка, Средњобанатска, Златиборска, Колубарска, Моравичка и Рашка.

Из структуре фактора F2 може се закључити да он презентује типични равничарски тип структуре пољопривреде са елементима гајења житарица, индустријског биља и развијеним системом сточарства (фарме свиња и друге стоке). У овом делу се од укупне пољопривредне површине Србије највише и користи у те сврхе (оранице и баште), али се највећи део те земље и наводњава и то системима „кап по кап“. Такође је веома изражена употреба пестицида и вештачких минералних ђубрива. Овом типу припадају Јужнобанатска, Јужнобачка, Сремска, Поморавска, Зајечарска, Јабланичка, Нишавска, Пиротска, Пчињска и Топличка статистичка област.

Осталих шест варијабли су мање карактеристичне, али се за сваку може издвојити основна одлика. F3 је део који обилује подземним изворима воде, људи се углавном баве алтернативним видовима пољопривреде, базираној на добијању енергије из алтернативних извора. Највише се гаје вишње и купине (Мачванска, Шумадијска и Борска административна област). F4 се изваја по веома типичном узгајању брескви и кајсија (Београдска статистичка област). F5 је повртарско стециште, али се доста гаји и крмно биље (Браничевска статистичка област). F6 је виноградарство најистакнутија карактеристика (Расинска статистичка област), док F7 и F8 намају посебно истакнуте карактеристике, али у F7 преовладава прерада меса, и посебно присуство подземних извора воде, а F8 је такође са одликама виноградарства.

Након груписања фактора на четири основне групе добија се уједначена оптерећеност и јасније дефинисани типови (табела 1). D1 (слика А3, стр. 16) са оптерећеношћу 34,34% обилују изворима површинских вода, са великом површином покривеном шумама, пашњацима и ливадама, а обрадиво земљиште се углавном третира само природним ђубривима (стајњак). Ово су подручја са израженим узгајањем воћа (крушке, шљиве, ораси и малине), где има највећи број становника којима је основна делатност пољопривреда и то углавном прерада меса, млека, воћа и поврћа, обрада дрвета, народна радиност, али и сеоски туризам. Карактеристичне статистичке области у овој групи су Златиборска и Моравичка. D2 (слика А4, стр. 17) има оптерећеност 23,15% и карактеристика му је да је ово подручје са највећом искоришћеношћу пољопривредног земљишта (оранице и баште) и то за гајење житарица, индустријских биљака, као и повртарских култура. Сточарство се истиче као једна од значајнијих грана пољопривреде (у анализу нису ушли подаци према врстама сточарства). Поред веома развијених иригационих система, ово подручје је карактеристично и по великој заступљености пестицида и вештачких минералних ђубрива у биљној производњи. Овом типу припадају Западнобачка, Јужнобанатска, Јужнобачка, Сремска, Рашка, Зајечарска, Нишавска, Пиротска, Пчињска и Топличка статистичка област. D3 (слика А5, стр. 18) је виноградарски рејон, са значајном количином подземних извора вода, где се становништво највише ослања на алтернативне изворе енергије, а поред виноградарских култура истиче се гајење вишања. Овом фактору припадају Средњобанатска, Колубарска, Поморавска, Браничевска и

Јабланичка статистичка област. D4 (слика A6, стр. 19) је карактеристично подручје за узгајање јабука, брескви, кајсија, али и крмног биља и само три статистичке области припадају овом типу: Београдска, Шумадијска и Подунавска.

На основу заступљености фактора F3 у издвојеним статистичким областима Србије вршила типологија пољопривреде према развијености виноградарства, јер су за ту грану пољопривреде у том природу били најјаснији подаци. Након уношења више варијабли, променили су се и резултати факторске анализе, тако да је типологију према организационо техничким критеријумима могуће применити према развијености сва четири фактора D1 – шумарство и сточарство, D2- ратарство, D3 - виноградарство и D4 - воћарство (прати се заступљеност појединачних фактора у односу развијености остала три фактора).

Иако је у анализу унет већи број фактора и даље није добијено реално и чињенично стање развијености одређених грана пољопривреде, јер однос варијабли није онакав какав се препоручује, а ни просторне целине нису рашчлањене на мање делове.

Најразвијеније пољопривредне области у Србији одређују се уз помоћ хомогенизације области у четвородимензионалном факторском простору према обрасцу:

$$S = \sqrt{D1^2 + D2^2 + D3^2 + D4^2} \quad (2)$$

Према вредности S области Србије су се (у нашем примеру) постројиле у низ распона од $S = 0,1$ (Београдска) до $S = 3,8$ (Златиборска). Рашчлањавајући тај низ можемо издвојити више или мање хомогене рејоне (слика A7, стр. 20).

1. Високо хомогене пољопривредне области (вредност S од 0,1 до 1) су Београдска, Браничевска, Расинска, Севернобачка, Севернобанатска, Поморавска, и Шумадијска област. Ово су области који се карактеришу типичном пољопривредном производњом, без већих одступања.
2. Средње хомогене пољопривредне области (вредност S од 1 до 2) су Колубарска, Нишавска, Подунавска, Јабланичка, Моравичка, Рашка, Зајечарска, Борска, Топличка, Западнобачка, Средњобачка, Мачванска, Пчињска и Пиротска област – имају дијаметрално супротно развијене факторе, али имају и доминацију једног или више фактора са заосталошћу других.
3. Хетерогене пољопривредне области (вредност S преко 2) су Златиборска Јужнобачка, Јужнобанатска и Сремска област - области са великим одступањима „у плус“ већег броја или свих фактора тј. „пол развијености“ у просторној структури пољопривредне производње.

Дискусија

Србија је пољопривредна земља, са мање или више уједначено развијеним свим гранама пољопривредне производње. При свакој класификација пољопривреде и издвајању типова пољопривреде треба полазити од обележја саме пољопривреде, односно од проучавања њених, а не од спољашњих (природних и друштвено- економских) одлика у којима се она развија. Услови у којима се развија пољопривреда, не могу да постану основа за издвајање типова пољопривреде. Сваки тип пољопривреде је резултат деловања друштвених, техничких, економских и културних деловања, који се развијају у одређеном времену и одређеном простору, као и у одређеним природним условима. Ови општи услови зависе нпр. од положаја у односу на саобраћајнице, тржиште или центре прераде, од услова тржишта зависних од светских цена пољопривредних производа, као и од економске политике у држави, а затим и од закона и обичаја везаних за

наслеђивање власништва земље и слично, а такође и од природних услова пољопривреде тј. плодности и типова земљишта, система водних односа, климатских услова, рељефа терена, итд. (Јаћимовић, 1976).

Примена факторске анализе у типологији пољопривреде Србије омогућила је идентификацију и класификацију различитих типова пољопривреде на основу производних и организационо техничких критеријума. Рад је показао да ова метода може бити корисна у идентификацији основних типова пољопривреде и њиховој просторној дистрибуцији, али и да има одређене ограничења када се користи на малом броју параметара и великим просторним целинама. Применом Varimax ротације (слика А1, стр. 14 и слика А2, стр. 15) у факторској анализи, издвојени су главни фактори који су објаснили већину варијабилности у пољопривредној производњи у различитим областима Србије.

Први фактор (F1) идентификован је као интензивни повртарски тип, који укључује велике површине обрадивог земљишта, значајно наводњавање и високу продуктивност у производњи житарица и индустријског биља. Овај тип је карактеристичан за равничарске пределе Србије, као што су Јужнобанатска и Средњобанатска област, где су услови за интензивну пољопривреду најповољнији. Други фактор (F2) представља типични воћарски тип, који је доминантан у брдско-планинским областима, као што су Златиборска и Расинска. Овај тип је повезан са високим учешћем гајења крмног биља и развијеним системом сточарства, што је карактеристично за подручја са већом радном снагом ангажованом у пољопривреди. Трећи фактор (F3) идентификује виноградарски рејон, који је посебно истакнут у областима као што су Београдска и Моравичка, где је традиционално узгајање винове лозе значајно.

Међутим, потребно је нагласити да су резултати добијени у овом раду ограничени због недовољног броја параметара укључених у анализу и величине просторних целина. Факторска анализа је показала да, иако може пружити корисне увиде у структуру пољопривредне производње, резултати могу бити подложни субјективности истраживача у избору параметара и интерпретацији добијених фактора. Поред тога, велики просторни опсег анализе може довести до губитка специфичности и прецизности у резултатима.

Примењена методологија у овом истраживању омогућила је истраживачима да истакну мултидимензионалну природу хетерогености и особености огромног руралног простора у Србији (Martinović & Ratkaј 2015). Овај рад указује на потребу за даљим истраживањима која би укључила већи број параметара и детаљнију разраду мањих просторних целина. Интеграција других мултиваријационих метода, као што су кластер анализа или анализа главних компоненти, могла би додатно побољшати тачност и поузданост резултата. Поред тога, укључивање квалитативних података и локалних специфичности могло би допринети бољем разумевању комплексности пољопривредних система у Србији.

Закључна разматрања

На проблеме непостојања јединствене типологије пољопривреде скренута је пажња у више аграрно- географских радова, а такође и на 19. и 20. међународном конгресу географа у Стокхолму и Лондону. На 20. конгресу у Лондону 1964. године била је створена и Комисија типологије пољопривреде Међународне географске уније MGU (International Geographical Union - IGU) која је добила задатак (програм) да утврди принципе, критеријуме, методе и технику типологије пољопривреде, затим да иницира, подржи и коорди-

нира рад на регионалној типологији пољопривреде, заснованог на критеријумима и методама препоручених од стране Комисије, као и да изради типологију и регионализацију пољопривреде света. Данас још увек немамо јединствени систем проучавања, па се типологије и методе разликују у зависности од истраживача. Разлике у природним и социо- економским условима развоја пољопривреде ретко се у потпуности поклапају, с обзиром на утицај других спољашњих услова. Управо мешање тих критеријума проузрокује субјективизам у одређивању типологије, јер истраживач једном приликом приписује већи значај природним условима, а другом пак одликама саме пољопривреде.

Факторска анализа примењена у овом истраживању показала је значајан потенцијал за идентификацију и класификацију различитих типова пољопривреде у Србији. Кроз анализу су издвојена три главна типа пољопривреде: интензивни повртарски тип, који је доминантан у равничарским подручјима са високим степеном наводњавања и високом продуктивношћу житарица и индустријског биља; типични воћарски тип, који је карактеристичан за брдско-планинске области са значајним учешћем сточарства и великом радном снагом ангажованом у пољопривреди; и виноградарски тип, који је посебно истакнут у областима са традиционалним узгојем винове лозе.

Резултати су показали да факторска анализа може пружити корисне увиде у структуру пољопривредне производње и њену просторну дистрибуцију, али је метод показао и своје ограничења. Да би се добили прецизнији и поузданији резултати у будућим истраживањима, препоручује се укључивање већег броја параметара и детаљнија разрада мањих просторних целина. Интеграција других мултиваријационих метода, као што су кластер анализа или анализа главних компоненти, могла би побољшати тачност и поузданост резултата. Поред тога, укључивање квалитативних података и локалних специфичности допринело би бољем разумевању комплексности пољопривредних система у Србији. Ово истраживање пружа основу за даља проучавања и може бити корисно за стратешко планирање и развој пољопривреде у Србији.

Факторска анализа као метода пружа могућност идентификације основних типова пољопривреде и њихове просторне дистрибуције, али захтева пажљиву примену и избор параметара како би резултати били што прецизнији и поузданији. Будућа истраживања треба да се фокусирају на укључивање већег броја релевантних параметара и анализу мањих просторних целина, што би допринело бољем разумевању и планирању развоја пољопривреде у Србији. Ово истраживање је значајан корак ка разумевању различитих типова пољопривреде у Србији и њиховој просторној дистрибуцији, пружајући основу за даља проучавања и стратешке одлуке у области аграрне политике.

© 2024 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

Литература (погледати у енглеској верзији текста)