

USE OF TOPSIS METHOD FOR RANKING CADASTRAL MUNICIPALITIES IN THE PROCESS OF LAND CONSOLIDATION

ПРИМЕНА TOPSIS МЕТОДЕ ЗА РАНГИРАЊЕ КАТАСТАРСКИХ ОПШТИНА У ПРОЦЕСУ КОМАСАЦИЈЕ

Jelena Lazić¹

Toša Ninkov²

Milan Trifković³

Goran Marinković⁴

Miroslav Kuburić⁵

UDK: 332.262

DOI: 10.14415/zbornikGFS32.002

CC-BY-SA 4.0 license

Summary: Land consolidation is an effective tool for land management, which aims to ensure efficient and cost-effective agricultural production, which directly affects the development and prosperity of the local communities in which land consolidation projects are implemented. Land consolidation projects are very complicated, both in the volume of work, and the amount of funds that are being made. Given the complexity of the project, goals and gains acquired with the implementation of the project and very large sums of money allocated, we come to a conclusion it is very important to make a proper choice of municipalities and cadastral municipalities which should be given the priority for the development of agricultural land by land consolidation. The subject of this paper is multi-criteria TOPSIS method with an emphasis on different ways of subjective and objective evaluation of weight defined criteria. The aim of the research was to determine the effect of different ways of determining the

Резиме: Комасација земљишта представља ефикасан алат за управљање земљиштем, који има за циљ обезбеђивање ефикасније и економичније пољопривредне производње, што директно утиче на развој и просперитет локалних заједница у којима се комасациони пројекти реализују. Комасациони пројекти су веома захтевни, како по обиму радова, тако и по количини финансијских средстава која се улажу. Имајући у виду комплексност самог пројекта, циљеве и добити који се реализацијом пројекта постижу и веома велика новчана средства која се издвајају, долазимо до закључка да је веома важно извршити адекватан избор општина и катастарских општина којима треба дати приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом. Предмет истраживања овог рада јесте вишекритеријумска TOPSIS метода са акцентом на различитим начинима субјективног и објективног оцењивања тежина дефинисаних критеријума. Циљ истраживања је

¹ Jelena Lazić, mast inž geod., Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, e-mail: lazicjelena@uns.ac.rs

² Prof dr Toša Ninkov, dipl inž geod., Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, e-mail: ninkov.tosa@gmail.com

³ Prof. dr Milan Trifković, dipl inž geod., Građevinski fakultet Subotica, e-mail: milantri@eunet.rs

⁴ Doc. dr Goran Marinković, dipl inž geod., Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, e-mail: goranmarinkovic@uns.ac.rs

⁵ Doc.dr Miroslav Kuburić, dipl.geod.inž., University of Novi Sad, Faculty Civil Engineering Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, Serbia, tel: ++381 24 554 300, e-mail: mkuburic@gf.uns.ac.rs

weight criteria and based on them, using TOPSIS method execute ranking of CM for agricultural land by land consolidation in the Municipality of Ruma and determine which methods produce the most similar results, i.e. which cadastral municipalities in the Municipality of Ruma priority should be given to launch and implementation of land redistribution projects. Therefore, the ultimate goal of the research is to achieve fairness and objectivity in the process of giving priority cadastral municipalities to institute proceedings for land consolidation.

Keywords: land consolidation, land consolidation projects, cadastral municipality, TOPSIS method

1. INTRODUCTION

Land consolidation is an agrarian operation which enlarges agricultural land with the final goal of improving agricultural production. Throughout history, land consolidation was regarded as an agricultural tool, implemented mainly for small agricultural properties enlargement, which has always been a serious problem for a successful agricultural production. However, the land consolidation process is frequently seen as an opportunity for solving much more complex problems related to land management [5]. In [11] land consolidation is described as a very successful instrument which can serve as a rural development tool and provide an improvement of both primary agricultural production, and more importantly - of living conditions and other aspects of the rural areas development. During the last ten years, land consolidation projects in our country are experiencing a great expansion. Thanks to the effects which land consolidation causes and the country's interest to financially support

утврдити утицај различитих начина одређивања тежинских коефицијената и на основу њих, применом TOPSIS методе, извршити рангирање КО за уређење пољопривредног земљишта комасацијом у Општини Рума и утврдити које методе дају најсличније резултате, односно којим катастарским општинама на територији Општине Рума треба дати приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката. Самим тим, крајњи циљ истраживања јесте постизање коректности и објективности у процесу давања приоритета катастарским општинама за покретање поступка комасације.

Кључне речи: комасација, комасациони пројекти, катастарска општина, TOPSIS метода

1. УВОД

Комасација представља аграрну операцију којом се укрупњава пољопривредно земљиште са циљем побољшања пољопривредне производње. Комасација је као аграрна мера, гледајући историјски, дуго имала за основни циљ укрупњавање уситњених пољопривредних поседа, који представљају озбиљан проблем за успешну пољопривредну производњу.

Међутим, у новије време процес комасације се све чешће види као шанса за решавање много сложенијих проблема везаних за уређење простора [5]. У [11] се наводи да је комасација веома успешан инструмент који може бити у функцији руралног развоја и обезбедити унапређење животних услова и других функција од значаја за развој руралних подручја, а не само побољшање примарне пољопривредне производње.

У последњих десетак година у нашој земљи, покретање комасационих пројеката доживљава велику

the realization of these projects, the concern of local self-government for land management via land consolidation also increased. The financial aids necessary for the realization of these projects are significant. Thus it is very important to fairly and objectively choose municipalities and cadastral municipalities in which consolidation projects will take place. Since this choice is affected by a variety of factors, we can conclude that the only fair and objective way of choosing CM, is using multi-criteria optimization methods. Multi-criteria optimization methods facilitate decision making for the users when there is a number of alternatives needed to be ranked based on more than one criterion, among which there is frequently a conflict. This situation portrays the precedence of multi-criteria optimization since their appliance solves complex problems defined with multiple alternatives (possible solutions) and multiple criteria. Thus, these methods found their purpose in the land consolidation process, because they enable decision makers to fairly and objectively choose municipalities and cadastre municipalities in which the initiation and realization of land management by land consolidation should be made. The subject of this paper is multi-criteria TOPSIS method with emphasis on different ways of subjective and objective evaluation of weight defined criteria on the final outcome of CM ranking.

The fundamental and primary goal of the research is defining the multi-criteria optimization model, which will serve as a base for objective ranking of cadastre municipalities for agricultural land management by land consolidation within a local self-government unit.

2. MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION

The problems of finding an optimal

експанзију. С обзиром на ефекте које комасација носи са собом и заинтересованост државе да финансијски подржи реализацију ових пројеката, расте и заинтересованост локалних самоуправа за уређење пољопривредног земљишта комасацијом. Финансијска средства за реализацију ових пројеката су велика, па је веома важно коректно и објективно извршити избор општина и катастарских општина у којима ће се реализовати комасациони пројекти. С обзиром да на избор катастарских општина у којима ће се реализовати комасациони пројекти утиче велики број различитих фактора, може се закључити да је једини коректан и објективан начин избора КО, примена вишекритеријумских метода оптимизације.

Методе вишекритеријумске оптимизације олакшавају корисницима доношење одлуке, у случајевима када постоји више алтернатива које је потребно рангирати на основу више од једног критеријума, који су често и међусобно конфликтни. У томе се огледа предност метода вишекритеријумске оптимизације, јер применом њих решавају се сложени проблеми дефинисани са више алтернатива (могућих решења) и више критеријума. Самим тим, ове методе су нашле примену у процесу комасације, јер омогућавају доносиоцима одлуке коректан и објективан избор општина и катастарских општина у којима треба покренути и реализовати уређење пољопривредног земљишта комасацијом. Предмет истраживања овог рада јесте вишекритеријумска TOPSIS метода и утицај различитих начина субјективног и објективног оцењивања тежина дефинисаних критеријума на коначни резултат рангирања катастарских општина.

Основни и примарни циљ истраживања је дефинисање модела вишекритеријумске оптимизације, на основу којег ће се извршити објек-

solution, respectively, the tasks of optimization are met and solved in everyday life. The decision-making process, respectively, the necessity for having it, is constantly present in all areas of human activities no matter whether it engages an individual, a group, a company, a country, etc. Hence, the scientific approach to decision making is completely justified, as well as the development of decision-making theory as a separate scientific discipline. However, direct studying of this process began in 1930's, when based on the rules defined through mathematics and the theory of economy, it was feasible to form certain rules based on which the decision maker is enabled to choose the best solution.

Multi-criteria optimization represents a decision-making process used in situations when multiple numbers of criteria are available. Essentially, multi-criteria optimization represents an approach and series of techniques which help in the overall ranking of options (alternatives), from the most desirable to the least preferred. When it comes to multi-criteria analysis tasks, decision maker endeavors to find a solution which accompanies his wishes in the greatest possible extent, that is, the most beneficial solution without breaking certain existing limitations.

Decision making implies choosing some of the alternatives which help in solving a particular problem. The decision-making process includes achieving certain goals, criteria measuring the accomplishment of those goals, the weight of those criteria which reflect their importance and alternative solutions of the problem. Data and information on elements of the decision-making problem are gathered by appropriate procedures, one for every alternative. Based on those values, a ranking list of alternatives is determined [12].

тивно рангирање катастарских општина за уређење пољопривредног земљишта комасацијом у оквиру јединице локалне самоуправе.

2. ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА

Проблеми изналажења оптималног решења, односно, задаци оптимизације, срећу се и решавају у свакодневном животу. Процес доношења одлука, односно, потреба за њиме, непрекидно је присутан у свим подручјима људских активности независно од тога да ли је реч о појединцу, групи људи, фирми, држави, итд. Стога је сасвим оправдано научно изучавање одлучивања, односно, развој теорије одлучивања као засебне научне дисциплине. Ипак, непосредно изучавање овог процеса почело је тридесетих година XX века, када је на основу правила дефинисаних кроз математичка знања и теорију економије постало могуће формирати одређена правила на основу којих је доносиоцу одлуке омогућено да одабере најбоље решење.

Вишекритеријумска оптимизација представља процес доношења одлуке у ситуацијама када постоји већи број критеријума.

Вишекритеријумска оптимизација је у суштини приступ и низ техника помоћу којих се врши свеобухватно рангирање опција (алтернатива), од најпожељније према најмање преферираној. У задацима вишекритеријумске анализе, настојање доносиоца одлуке је да пронађе решење које у највећој могућој мери задовољава његове жеље, односно, решење које му ствара највећу корист, а да се при том не крше одређена ограничења која постоје. Под доношењем одлуке подразумева се избор неке од алтер-

According [2], the multi-criteria analysis includes the following phases:

- defining of the goal, criteria, and alternatives,
- forming of decision-making matrix,
- assigning weight factors to the criteria,
- multi-criteria analysis (by using one or several methods),
- obtaining results of alternatives ranking.

The figure 1 is a schematic presentation of the decision making process structure, divided into two basic phases: problem structuring and analyzing.

The following text of the paper describes how multi-criteria optimization methods found their appliance in land consolidation, how the multi-criteria optimization model is formed and how the solution – the ranking list of alternatives is reached, which in the created model represents cadastre municipalities relevant for the ranking.

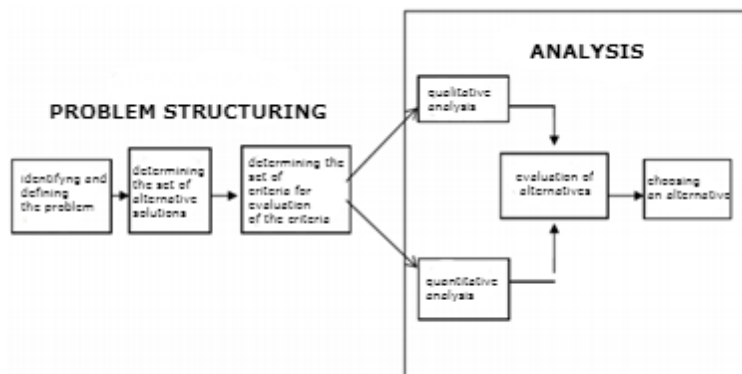
натива којима се решава одређени проблем. У проблему одлучивања постоје циљеви који се желе постићи одлуком, критеријуми којима се мери постизање тих циљева, тежине тих критеријума које одражавају њихову важност и алтернативна решења проблема. Подаци и информације о елементима проблема одлучивања сажимају се одговарајућим поступцима у по један број за сваку алтернативу, те се на основу тих вредности одређује ранг листа алтернатива [12].

Према [2], вишекритеријумска анализа обухвата следеће фазе:

- дефинисање циља, критеријума и алтернатива,
- формирање матрице одлучивања,
- додељивање тежинских фактора критеријумима,
- вишекритеријумска анализа (применом једне или више метода),
- добијање вредности ранга алтернатива.

На слици 1 шематски је приказана структура процеса одлучивања, подељена на две основне фазе: структурисање проблема и анализирање.

У наставку рада биће описано како су методе вишекритеријумске оптимизације пронашле примену у комасацији, како се формира модел вишекритеријумске оптимизације и како се долази до решења, односно ранг листе алтернатива, које у креираном моделу представљају катастарске општине релевантне за рангирање.



Слика 1 - Основне фазе процеса одлучивања [12]
 Figure 1 - Basic phase of decision-making process[12]

3. OPTIMIZATION OF RANKING CADASTRE MUNICIPALITIES MODEL

Formation of optimization model implies defining of adequate criteria based on which the following actions are performed: ranking of cadastre municipalities, assigning weight coefficients to the criteria, forming of decision making process matrix and determining a mathematic model of the multi-criteria method which will be applied. The goal of the defined model is enabling of objective cadastral municipalities ranking for land management by land consolidation on the territory of Municipality of Ruma, i.e., which cadastral municipality should be given the priority to launch and implement land consolidation projects. Defining the criteria based on which the ranking of cadastral municipalities and assigning weight coefficients to criteria is being made, i.e., determining the value of criteria, represents the most delicate task during the model forming. The right choice of the criteria prevents wrong decision making, so it is necessary to include different experts which will based on their experience and knowledge contribute to the proper criteria defining.

3. МОДЕЛ ОПТИМИЗАЦИЈЕ РАНГИРАЊА КАТАСТАРСКИХ ОПШТИНА

Формирање модела оптимизације подразумева дефинисање адекватних критеријума на основу којих се врши рангирање катастарских општина, додељивање тежинских коефицијената критеријумима, формирање матрице одлучивања и одређивање математичког модела вишекритеријумске методе који ће бити примењен. Циљ дефинисаног модела је обезбеђивање објективног рангирања катастарских општина за уређење пољопривредног земљишта комасацијом на територији Општине Рума, односно одредити којој катастарској општини треба дати приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката. Дефинисање критеријума по којима се врши рангирање катастарских општина и додељивање тежинских коефицијената критеријумима, односно одређивање важности самих критеријума, представља најделикатнији задатак приликом формирања модела. Правилан избор критеријума спречава погрешно доношење одлука, па за дефинисање истих треба укључити већи број

3.1. Defining of criteria for cadastral municipalities ranking

With the goal of establishing the priority municipalities, respectively ranking them for the launching of land consolidation projects in Municipality of Ruma and relying on the analysis of numerous scientific literature as well as on the consultation with experts in the field of land consolidation, the following ranking criteria are defined and suggested:

- F1 : Share of cultivable land in the total agricultural land,
- F2 : Share of state property in the total surface,
- F3 : The surface of state land given in lease,
- F4 : Average cadastral class of land,
- F5 : Average surface of the lot located in out-of -construction region
- F6 : The number of lots according to the real estate folio,
- F7 : The average size of the property located in out-of-construction region,
- F8 : The number of individuals who own a surface larger than 5 ac,
- F9 : Diameter state,
- F10 : Land consolidation situation.

3.2. Defining individual criteria weight

Determining the weight criteria is one of the key problems which occur in the models of multi-criteria analysis. Weights help in defining the significance of individual criteria participation in the process of decision making on choosing the most suitable alternative solution for a specific problem. In this paper, weight values of the criteria are determined based on objective and subjective methods of assigning weight criteria.

Subjective approaches are based on determining weight factors according to the information gained from decision makers or experts involved in the decision-making process and are generally mostly used in praxis.

експерата који ће на основу свог искуства и знања допринети правилном дефинисању критеријума.

3.1. Дефинисање критеријума за рангирање катастарских општина

Са циљем утврђивања приоритета општина, односно рангирања истих за покретање комасационих пројеката у Општини Рума, а на основу анализе бројне студијске и научне литературе и консултација са експертима из области комасације, дефинисани су и предложени следећи критеријуми за рангирање:

- Ф1 : Удео обрадивог земљишта у укупном пољопривредном земљишту,
- Ф2 : Удео државне својине у укупној површини,
- Ф3 : Површина државног земљишта која се даје у закуп,
- Ф4 : Просечна катастарска класа земљишта,
- Ф5 : Просечна површина парцеле у ванграђевинском реону,
- Ф6 : Број парцела по листу непокретности,
- Ф7 : Просечна величина поседа у ванграђевинском реону,
- Ф8 : Број поседника са површином већом од 5 ха,
- Ф9 : Стање премера,
- Ф10 : Стање комасације.

3.2. Дефинисање тежина појединих критеријума

Одређивање тежина критеријума један је од кључних проблема који се јавља у моделима вишекритеријумске анализе. Тежине служе за дефинисање значаја учешћа појединих критеријума при доношењу одлуке о избору најповољнијег алтернативног решења проблема. У овом раду, тежинске вредности критеријума одређене су на основу објективних и субјективних метода додељивања тежина критеријума. Субјективни приступи засновани су

Subjective approaches reflect subjective opinion and intuition of the decision makers. Thus the decision maker affects on the result of the decision-making process [9].

Objective approaches neglect the opinion of the decision maker and are based on determining weight factors of the criteria according to the information held in the matrix of decision making, by using certain mathematic models. The objective approach in determining weights of the criteria eliminates the negative effects of the decision makers on the weights of the criteria and the final solution of the multi-criteria problem.

Within objective methods, this paper uses weights determined by using mathematic models of dispersion, entropy and critic method [8].

Within subjective methods, a direct assigning of weight coefficients to the criteria and an analytical hierarchical process (AHP) was used.

Mathematic models of the applied methods are described in many scientific and professional papers, such as [1], [4] [10], so their detailed description is hereby left out.

3.3. Defining of decision-making matrix for cadastral municipalities ranking

After assigning of the weight coefficients to the criteria, it is necessary to form a decision-making matrix. Considering the complexity of the specific problematic, decision-making matrix is formed based on a vast number of the collected real data on cadastral municipalities from various relevant institutions and facilities. (Republic Geodetic Authority, Statistical Office and The Local Self-management Unit in Ruma).

Elements of decision-making matrix are:

- alternatives (cadastral municipalities on Municipality of Ruma territory),

на одређивању тежинских фактора на основу информације добијене од доносилаца одлуке или од експерата укључених у процес одлучивања, и генерално се највише користе у пракси. Субјективни приступи одражавају субјективно мишљење и интуицију доносилаца одлуке и тиме доносилац одлуке утиче на резултат процеса одлучивања [9].

Објективни приступи занемарују мишљење доносиоца одлуке и засновани су на одређивању тежинских фактора критеријума, на основу информације садржане у матрици одлучивања применом одређених математичких модела. Објективним приступом одређивања тежина критеријума елиминишу се негативни утицаји доносиоца одлуке на тежине критеријума и на коначно решење вишекритеријумског проблема.

У оквиру објективних метода, у овом раду тежине су одређене применом математичких модела метода дисперзија, ентропије и critic методе [8].

У оквиру субјективних метода, примењена је метода директног додељивања тежинских коефицијената критеријумима и аналитички хијерархијски процес (АХП).

Математички модели примењених метода описани су у многим научним и стручним радовима, као што су [1], [4] [10], па је њихов детаљни опис овде изостављен.

3.3. Дефинисање матрице одлучивања за рангирање катастарских општина

Након додељивања тежинских коефицијената критеријумима, потребно је формирати матрицу одлучивања. Обзиром на комплексност саме проблематике, матрица одлучивања је формирана на основу великог броја прикупљених реалних података о катастарским општинама од низа релевантних институција и установа

- criteria relevant for ranking (chapter number 3.1),
- entry data on performances for n alternatives with k criteria.
- goals which the given functions have (min or max).

Defined decision-making matrix contains 18 alternatives since the territory of Municipality of Ruma includes 18 cadastral municipalities. For each criterion defined in the decision-making matrix, a goal which the given criteria should fulfill is stated. The goal is defined depending on the effect of the observed criteria on the launching of the land consolidation process. Thus, certain criteria need to be maximized for the ranking, since their values should be as high as possible, while accordingly, some criteria are minimized.

Table number 1 presents a decision-making matrix for the cadastral municipalities ranking on the territory of Municipality of Ruma, with the goal of managing agricultural land by land consolidation.

(Републички геодетски завод, Завод за статистику и Јединица локалне самоуправе Рума).

Елементи матрица одлучивања су:

- алтернативе (катастарске општине на територији Општине Рума),
- критеријуми релевантни за рангирање (поглавље број 3.1),
- улазни подаци о перформансама за n алтернатива са k критеријума.
- који циљ имају date функције (минимум или максимум).

Дефинисана матрица одлучивања садржи 18 алтернатива, јер територија Општине Рума обухвата 18 катастарских општина. За сваки критеријум, који је дефинисан у матрици одлучивања, наводи се циљ који дати критеријум треба да задовољи. Циљ се дефинише у зависности од утицаја посматраног критеријума на покретање поступка комасације. Самим тим, неке критеријуме је потребно максимизирати, када је за рангирање потребно да њихове вредности буду што веће, док се аналогно томе, неки критеријуми минимизирају.

У табели број 1. приказана је матрица одлучивања за рангирање катастарских општина на територији општине Рума, за уређење пољопривредног земљишта комасацијом.

Табела 1 – Матрица одлучивања
Table 1 - Decision making matrix

Criterion	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Unit	%	%	%	n.br	ha	n/ln	xa	%	%	n.br
Goal	Max	max	Max	Min	min	Max	max	max	Min	min
Alternatives										
Жарковац	99,6	56,6	53,6	5,9	2,9	3,1	8,9	10,0	5,0	5,0
Буђановци	97,9	12,2	9,6	3,7	1,4	3,1	4,4	23,0	5,0	5,0
Добринци	97,7	9,3	9,6	2,4	0,7	3,4	2,5	13,0	5,0	1,0
Доњи Петровци	94,3	11,4	6,3	1,6	1,6	2,5	4,0	18,0	5,0	5,0
Грабовци	98,2	25,9	8,0	4,0	3,3	3,4	11,3	16,0	5,0	5,0

Хртковци	99,6	19,6	19,1	3,8	1,2	2,6	3,1	7,0	5,0	5,0
Кленак	96,3	2,6	0,2	3,5	1,5	2,5	3,7	3,0	5,0	5,0
Краљевци	96,8	18,5	18,4	2,3	0,6	4,3	2,8	10,0	1,0	1,0
Мали Радинци	95,8	3,2	2,6	2,5	1,4	2,2	3,0	12,0	5,0	5,0
Марђелос	98,6	8,2	5,5	2,0	0,8	3,1	2,4	10,0	1,0	1,0
Никинци	99,2	33,4	32,9	4,1	2,4	2,2	5,3	7,0	5,0	5,0
Павловци	78,0	23,1	14,8	3,2	0,7	3,4	2,3	7,0	1,0	1,0
Платичево	99,0	13,1	5,9	3,8	1,8	2,3	4,2	10,0	5,0	5,0
Путинци	98,9	7,6	6,7	1,8	1,2	2,0	2,4	7,0	5,0	5,0
Рума	93,2	16,8	19,5	1,3	0,8	3,2	2,4	6,0	5,0	1,0
Стејановци	94,2	23,4	17,5	3,2	0,6	4,4	2,8	10,0	1,0	1,0
Витојевци	96,9	8,7	6,3	3,7	1,3	2,2	2,8	12,0	5,0	5,0
Вогањ	97,0	30,7	28,3	2,6	0,7	3,3	2,3	4,0	1,0	1,0

3.4. Mathematic model of multi-criteria TOPSIS (Technique for Preference by Similarity to the Ideal Solution) method

TOPSIS method was developed by L.Hwang and K. Yoon in 1981. In the TOPSIS method, the idea of choosing the best alternative, based on the remoteness from the ideal solution, is expanded by the additional request for the best alternative to also be as far away as possible from the so-called negative solution. This method analyses the distance of alternatives from the so-called ideal point:

- ideal and
- ideally negative solution.

This method is simple and provides an indisputable sequence of preferred solutions. Optimal alternative is the one which is, in the geometrical sense, the closest to the ideal solution, respectively the farthest from the ideally negative solution. The ranking is based on the "relative similarity with an ideal solution." This helps in avoiding the situation in which an alternative has the same similarity with an ideal and ideally negative solution at the same time. The ideal solution is defined with the help of the best rating values of the alternatives for each criterion. Vice versa, negatively ideal solutions represent the worst rating values of the alternatives. The terms "best" and "worst" are interpreted for each criterion separately, according to whether maximization or minimization of the criteria is involved.

3.4. Математички модел вишекритеријумске TOPSIS (Technique for Preference by Similarity to the Ideal Solution) методе

TOPSIS метода је развијена од стране L. Hwang и K. Yoon 1981. године. У методи TOPSIS се идеја избора најбоље алтернативе, на темељу удаљености од идеалног решења, проширује са додатним захтевом да та најбоља алтернатива буде уједно и што даље од тзв. негативног решења. Овај метод анализира удаљености алтернатива од две тзв. идеалне тачке:

- идеално и
- идеално негативног решења.

Овај метод је једноставан и даје неоспорив редослед преференције решења. Оптимална алтернатива је она која је у геометријском смислу најближа идеалном решењу, односно најдаља од идеално негативног решења. Рангирање се заснива на "релативној сличности са идеалним решењем" чиме се избегава ситуација да алтернатива истовремено има исту сличност са идеалним и са негативним идеалним решењем. Идеално решење се дефинише помоћу најбољих рејтинг вредности алтернатива за сваки појединачни критеријум, обрнуто, негативно идеална решења представљају најгоре вредности рејтинга алтернатива. Појмови "најбољи" и "најгори" интерпретирају се за сваки критеријум

TOPSIS method includes seven steps [3], [6], [7]:

Step 1: Gathering entry data about the performances for n alternatives from k criteria. Subsequently, it is necessary to perform normalization of the entry data because not all criteria have the same measurement unit. This act unifies measurement units.

Step 2: Weight normalization of the performance matrix – determining weights for each criterion and multiplying specific criteria weights for every alternative.

Step 3: Determining ideal solutions – identifying an ideal positive solution A^* .

Step 4: Determining ideal solutions – identifying an ideal negative solution A^- .

Step 5: Determining the distance of the alternatives from ideal solutions.

Step 6: Determining the relative closeness of alternatives to the ideal solution, according to the following formula:

$$D_p(a_i) = \frac{d_p^-(a_i)}{d_p^*(a_i) + d_p^-(a_i)} \quad (1)$$

Step 7: Ranking of the alternatives according to the previous step results.

Let us signify the set of alternatives with $A \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Each of the alternatives is described with k attributes which are, in the decision making used as criteria f_1, f_2, \dots, f_k .

The decision-making problem consists of identifying the alternative from set A , which is the best in relation to the other criteria.

A mathematic model of this idea

посебно, према томе да ли је у питању максимизација или минимизација критеријума.

TOPSIS метода се састоји од 6 корака [3], [6], [7]:

Корак 1: Сакупљање улазних података о перформансама за n алтернатива са k критеријума. Затим је потребно извршити нормализацију улазних података, из разлога што немају сви критеријуми исту мерну јединицу, па се овим поступком постиже уједначавање мерних јединица.

Корак 2: Тежинско нормализовање матрице перформансе - одређивање тежина за сваки критеријум и множење тежина за одређени критеријум за сваку алтернативу.

Корак 3: Одређивање идеалних решења – идентификација идеалног позитивног решења A^* .

Корак 4: Одређивање идеалних решења – идентификација идеално негативног решења A^- .

Корак 5: Одређивање растојања алтернатива од идеалних решења.

Корак 6: Одређивање релативне близине алтернатива идеалном решењу, по следећој формули:

Корак 7: Рангирање алтернатива према резултатима из претходног корака.

Означимо са A скуп алтернатива $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Свака од алтернатива описана је са k атрибута који се у доношењу одлуке користе као критеријуми f_1, f_2, \dots, f_k .

Проблем одлучивања се састоји у томе да се идентификује она алтернатива из скупа A која је најбоља у односу на све критеријуме.

requires that besides the ideal solution:

Математички модел ове идеје тражи да се осим идеалног решења:

$$A^* = (f_1^*, f_2^*, f_3^*, \dots, f_k^*) \quad (2)$$

which is in this method called a positive ideal solution with components

које се у овој методи зове позитивно идеално решење са компонентама

$$f_j^* = \max_{a_i \in A} f_j(a_i) \quad (3)$$

a negative ideal solution is also introduced

уведе и негативно идеално решење

$$A^- = (f_1^-, f_2^-, \dots, f_k^-), f_j^- = \min_{a_i \in A} f_j(a_i) \quad (4)$$

The distance of alternative a_i from the negative ideal solution is marked with:

Удаљеност алтернативе a_i од негативног идеалног решења означава се са:

$$d_p^-(a_i) = \left(\sum_{j=1}^k w_j^p (f_j^- - f_j(a_i))^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

So that in the set of alternatives $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ the one which is closest to the positive ideal solution and at the same time the farthest from the negative ideal solution can be identified, it is necessary to form a function for the chosen metric:

Да би се у скупу алтернатива $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ идентификовала она алтернатива која је најближа позитивном идеалном решењу, а уједно је најудаљенија од негативног идеалног решења, потребно је за одабрану метрику формирати функцију:

$$D_p(a_i) = \frac{d_p^-(a_i)}{d_p^*(a_i) + d_p^-(a_i)} \quad (6)$$

The best alternative (there can be several) is the one for which this function holds the maximum value. If a ranking list of alternatives is wanted, it has to be formed according to the receding values of this function.

Најбоља алтернатива (може их бити више) је она за коју ова функција има максималну вредност. Уколико се жели ранг листа алтернатива, она се формира по опадајућим вредностима ове функције.

4. EVALUATION OF THE OPTIMIZATION MODEL FOR RANKING OF CADASTRAL MUNICIPALITIES IN THE MUNICIPALITY OF RUMA

This paper presents an analysis of the influence of different subjective and objective ways of ranking weights of the suggested criteria, with the goal of establishing which methods provide the most similar results and how does the final ranking list of alternatives change depending on the way of determining the importance of the criteria.

A mathematic model of multi-criteria TOPSIS method is applied on the decision-making matrix with weight coefficients gained by implementing different methods. The final goal is establishing which cadastral municipality should be given priority for managing agricultural land by land consolidation.

4.1. Determining the criteria weight coefficients by using objective methods

For determining weight coefficients of the suggested criteria, the following mathematic models of objective methods are used in this paper - entropy, critic, and dispersion.

The initial decision-making matrix is presented in table 1.

Table 2 offers a review of the criteria weight coefficients by using objective methods.

Табела 2 – Преглед тежина критеријума одређених применом објективних метода

Table 2 - Review of weight of criteria determined by using objective methods

Criteria	Weight coefficients		
	Entropy	Critic	Dispersion
F1	0,001	0,045	0,852
F2	0,192	0,072	0,004
F3	0,276	0,078	0,003
F4	0,053	0,053	0,017
F5	0,067	0,115	0,015
F6	0,016	0,216	0,052
F7	0,030	0,105	0,032
F8	0,090	0,072	0,010
F9	0,115	0,113	0,010
F10	0,161	0,130	0,007

4. ЕВАЛУАЦИЈА МОДЕЛА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ЗА РАНГИРАЊЕ КАТАСТАРСКИХ ОПШТИНА У ОПШТИНИ РУМА

У овом раду анализиран је утицај различитих начина субјективног и објективног оцењивања тежина предложених критеријума, са циљем утврђивања које методе дају најсличније резултате и како се коначна ранг листа алтернатива мења у зависности од начина одређивања важности критеријума.

На матрицу одлучивања са тежинским коефицијентима добијеним различитим методама, примењен је математички модел вишекритеријумске TOPSIS методе. Крајњи циљ је утврђивање катастарске општине којој треба дати приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом.

4.1. Одређивање тежинских коефицијената критеријума применом објективних метода

У овом раду, за одређивање тежинских коефицијената предложених критеријума примењени су математички модели објективних метода ентропија, critic и дисперзија.

Полазна матрица је матрица одлучивања, која је приказана у табели 1.

У табели број 2 дат је преглед добијених тежинских коефицијената критеријума, добијених применом објективних метода.

4.1.1. Ranking of CM performed by using TOPSIS method based on criteria weight coefficients determined by using objective methods

For the ranking of cadastral municipalities for agricultural land management by land consolidation, a mathematic model of TOPSIS method is applied and described in chapter 3.4. Depending on the applied objective method for determining weight coefficients, ranking lists of alternatives were gained, that is, the list of cadastral municipalities which should be given the priority for launching and realization of land consolidation projects. The alternative with ranking number 1 presents the best ranked cadastral municipality, respectively CM which should be given priority in the land consolidation process.

4.1.1. Рангирање КО применом TOPSIS методе на основу тежинских коефицијената критеријума одређених применом објективних метода

За рангирање катастарских општина за уређење пољопривредног земљишта комасацијом, примењен је математички модел TOPSIS методе, описан у поглављу 3.4. У зависности од примењене објективне методе за одређивање тежинских коефицијената, добијене су ранг листе алтернатива, односно добијена је листа катастарских општина којима треба дати приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката. Алтернатива која има ранг број 1 представља најбоље рангирану катастарску општину, односно КО којој треба дати приоритет у процесу комасације.

Табела 3 – Приказ ранг листа алтернатива добијених применом TOPSIS методе и тежина критеријума одређених објективним методама

Table 3 - Review of alternatives ranking list gained by using TOPSIS method and the weights of criteria determined by using objective methods

Cadastral Municipality	Rank – entropy	Rank–critic	Rank - dispersion
Buđanovci	10	4	4
Vitojevci	13	9	13
Voganj	3	13	11
Grabovci	6	2	1
Dobrinci	15	16	8
Donji Petrovci	11	5	15
Žarkovac	1	1	2
Klenak	17	11	12
Kraljevci	8	10	9
Mali Radinci	16	12	14
Mardelos	18	18	7
Nikindži	2	3	3
Pavlovci	9	17	18
Platičevo	12	7	5
Putinci	14	14	10
Ruma	5	15	17
Stejanovci	7	8	16
Hrtkovci	4	6	6

4.2. Determining weight coefficients of the criteria by using subjective methods

Alongside objective methods, this paper analyzes the effect of subjective methods of determining weight criteria on the final ranking list of alternatives. Mathematic AHP consensus model and the method of direct determining weight coefficients of the criteria were applied. Unlike AHP consensus model, the method of directly assigning the weight coefficients to the criteria is characterized by purely subjective assignment of weight to the criteria without any previously defined procedure. The principle of this method is based on the involvement of a geodetic expert (decision maker), who evaluates the individual criteria significance, after which he assigns weight to the criteria. In this paper, criteria are assigned weights from 1 to 5, provided that the greater value represents a greater weight of the criterion, respectively criterion with assigned weight 5 has a priority for management of the agricultural land by land consolidation, relative to other criteria

Mathematic models and the functioning principle of the methods above are described in other scientific and expert papers, such as [1] and [4].

Table 4 shows values for each defined criteria determined with the use of direct, purely subjective method, by following the previously described principle.

Table 5 provides a review of weight coefficients gained by using methods above.

4.2. Одређивање тежинских коефицијената критеријума применом субјективних метода

Поред објективних метода, у раду је анализиран и утицај субјективних метода одређивања тежина критеријума на коначну ранг листу алтернатива. Примењени су математички модели АХП консензус модела и метода директног одређивања тежинских коефицијената критеријума.

За разлику од АХП консензус модела, методу директног додељивања тежинских коефицијената критеријумима карактерише чисто субјективно додељивање тежина критеријумима, без унапред дефинисане процедуре. Принцип ове методе јесте да геодетски стручњак (донсилац одлуке) на основу свог искуства изврши процену значајности појединих критеријума и након процене додели тежине критеријумима. У овом раду, критеријумима су додељене тежине од 1 до 5, с тим да већа вредност представља већу тежину критеријума, односно критеријум којем је додељена тежина 5 има приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом, у односу на остале критеријуме.

Математички модели и принцип рада наведених метода, описани су у другим научним и стручним радовима, као што су [1] и [4].

У табели 4. приказане су вредности за сваки дефинисани критеријум, одређене применом директне, чисто субјективне методе, по горе описаном принципу. У табели 5. дат је преглед добијених тежинских коефицијената критеријума применом поменутих метода.

Табела 4 - Приказ значајности критеријума у дефинисаном моделу оптимизације, одређених директном, субјективном методом

Table 4 - Review of significance of the criteria in the defined model of optimization, determined by using direct, subjective method

Criterion	Value
F1 –Share of cultivable land in the total agricultural land	5
F2 –Share of state property in the total surface	2
F3 –Surface of the state land given in lease	3
F4 –Average cadastral class of the land	1
F5 –Average surface of the lot in out-of-construction region	5
F6 –The number of lots according to the real estate folio	1
F7 –The average size of the property in out-of-construction region	3
F8 –The number of individuals who own a surface larger than 5 ac	4
F9 –Diameter state	1
F10 – Land consolidation state	2

Табела 5 - Преглед тежина критеријума одређених применом субјективних метода
Table 5 - Review of the weight of criteria determined by using subjective methods

Criterion	Weight coefficients	
	AHP	Direct method
F1	0,223	0,185
F2	0,058	0,074
F3	0,094	0,111
F4	0,035	0,037
F5	0,223	0,185
F6	0,035	0,037
F7	0,094	0,111
F8	0,147	0,148
F9	0,035	0,037
F10	0,058	0,074

4.2.1. Ranking of MC by using TOPSIS method based on weight coefficients of the criteria gained by using subjective methods

For the goal of obtaining a list of priorities of cadastral municipalities for agricultural land management by land consolidation, a mathematic model of the TOPSIS method (chapter 3.4) is applied to the decision-making matrix (table 1) with weights of the criteria determined by using subjective methods (chapter 3.4).

Table 6 presents a ranking list of alternatives, according to the applied method of determining weight coefficients of the suggested criteria.

4.2.1. Рангирање КО применом TOPSIS методе на основу тежинских коефицијената критеријума добијених применом субјективних метода

У циљу добијања листе приоритета катастарских општина за уређење пољопривредног земљишта комасацијом, на матрицу одлучивања (табела 1), са тежинама критеријума које су одређене применом субјективних метода (табела 5), примењен је математички модел TOPSIS методе (поглавље 3.4). У табели 6. приказане су ранг листе алтернатива, у зависности од примењене методе одређивања тежинских коефицијената предложених критеријума.

Табела 6 - Приказ ранг листе алтернатива добијених применом TOPSIS методе и тежина критеријума одређених субјективним методама
 Table 6 - Review of the ranking list of alternatives gained with using TOPSIS method and weights of the criteria determined by using subjective methods.

Cadastral Municipality	Rank – AHP	Rank –direct method
Buđanovci	4	4
Vitojevci	8	9
Voganj	10	8
Grabovci	2	2
Dobrinci	12	13
Donji Petrovci	5	5
Žarkovac	1	1
Klenak	11	14
Kraljevci	14	12
Mali Radinci	7	10
Mardelos	17	18
Nikindži	3	3
Pavlovci	18	17
Platičevo	6	6
Putinci	15	16
Ruma	16	15
Stejanovci	13	11
Hrtkovci	9	7

4.3. Comparative analysis of ranking results obtained by using objective and subjective methods of determining weights of the criteria.

Based on the obtained results of Cadastral Municipalities ranking by using subjective and objective methods of determining weight criteria, combined with mathematic model of the TOPSIS method, a comparative analysis has been performed, with the goal of determining whether and which methods provide the most similar results, respectively which cadastral municipalities are given the priority for realization of land consolidation projects, for the created optimization model. For that purpose, the first step was a comparison of results obtained by using subjective methods, followed by a comparison of the results obtained by using subjective methods. Finally, a comparative analysis of all obtained results was made, with the goal of determining whether the combination of

4.3. Упоредна анализа добијених резултата рангирања применом објективних и субјективних метода одређивања тежина критеријума

На основу добијених резултата рангирања катастарских општина применом субјективних и објективних метода одређивања тежина критеријума у комбинацији са математичким моделом TOPSIS методе, извршена је упоредна анализа, са циљем да се одреди да ли и које методе дају најсличније резултате, односно којим катастарским општинама дају приоритет за реализацију комасационих пројеката, за креирани модел оптимизације. У ту сврху, прво је извршено поређење резултата добијених применом објективних метода, затим поређење резултата добијених субјективним методама и на крају упоредна анализа свих добијених резултата, са крајњим циљем да се провери да ли се комбинацијом

subjective and objective methods can provide the final ranking list of alternatives for the ranking of cadastral municipalities. Comparative analysis is performed by setting up differences between gained ranks for each cadastral municipality, and the obtained results are presented in table 7.

субјективних и објективних метода може добити коначна ранг листа алтернатива за рангирање катастарских општина.

Упоредна анализа је извршена тако што су формиране разлике између добијених рангова за сваку катастарску општину, а добијени резултати приказани у табели 7.

Табела 7 - Упоредна анализа – комбинација субјективних и објективних метода одређивања тежина критеријума

Table 7 - Comparative analysis – combination of subjective and objective methods of determining weight criteria

Cadastral Municipalities	Comparative analysis – objective methods			Subj . met hods	Comparative analysis– combination of objective and subjective methods					
	e - c	e - d	c - d		a - d	e - a	e - s	c - s	c - a	d - s
Buđanovci	6	6	0	0	6	6	0	0	0	0
Vitojevci	4	0	4	0	5	4	0	1	4	5
Voganj	10	8	2	1	7	5	5	3	3	1
Grabovci	4	5	1	2	4	4	0	0	1	1
Dobrinci	1	7	8	0	3	2	3	4	5	4
D. Petrovci	6	4	10	1	6	6	0	0	10	10
Žarkovac	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Klenak	6	5	1	3	6	3	3	0	2	1
Kraljevci	2	1	1	2	6	4	2	4	3	5
M. Radinci	4	2	2	3	9	6	2	5	4	7
Mardelos	0	11	11	1	1	0	0	1	11	10
Nikindži	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Pavlovci	8	9	1	1	9	8	0	1	1	0
Platičevo	5	7	2	0	6	6	1	1	1	1
Putinci	0	4	4	1	1	2	2	1	6	5
Ruma	10	12	2	1	11	10	0	1	2	1
Stejanovci	1	9	8	2	6	4	3	5	5	3
Hrtkovci	2	2	0	2	5	3	1	3	1	3
Sum	70	94	58	20	92	74	22	30	60	58

While comparing results of the ranking gained by using objective methods, it is noticed that the most similar results are provided with critic method and dispersion method. If only ranks obtained with these two methods are taken into consideration, the priority for launching land consolidation is given to cadastral municipalities presented in the table 8a, where the rank number 1 presents the best ranked CM. When comparing the results of the ranking gained by using subjective methods, it is noticed that the gained

Поређењем добијених резултата рангирања применом објективних метода, уочено је да најсличније резултате дају методе critic и метода дисперзија. Ако се узму у обзир само рангови добијени применом ове две методе, приоритет за покретање комасације имају катастарске општине приказане у табели број 8а, при чему ранг број 1 представља најбоље рангирану КО. Поређењем добијених резултата рангирања применом субјективних метода, уочено је да се добијају веома

results of the ranking of cadastral municipalities are very similar. After combining the results gained by using these two methods, the priority for launching land consolidation is given to cadastral municipalities presented in the table 8b Detailed analysis of all the ranks, obtained by using different methods of determining weight criteria as well as using a mathematic model of TOPSIS method, provided a conclusion that the most similar results are provided by objective critic method combined with a direct, subjective method. If the results of ranking obtained by combining these two methods are taken into consideration, we are presented with the final ranking list of alternatives, respectively cadastral municipalities which are given the priority for launching and realization of the land consolidation projects. Results are presented in the table 8c, where the best ranked cadastral municipality is under rank number 1.

слични резултати рангирања катастарских општина. Комбинацијом резултата добијених применом ове две методе, приоритет за покретање комасације имају катастарске општине приказане у табели број 8б. Детаљном анализом свих рангова, добијених применом различитих метода одређивања тежина критеријума, а затим применом математичког модела TOPSIS методе, дошло се до закључка да најсличније резултате дају објективна метода critic у комбинацији са директном, субјективном методом. Ако се узму у обзир резултати рангирања добијени комбинацијом ове две методе, добијамо коначну ранг листу алтернатива, односно катастарских општина које имају приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката. Резултати су приказани у табели број 8ц, с тим да најбоље рангирана катастарска општина има ранг број 1.

Табела 8 - Приказ добијених коначних рангова алтернатива применом: објективних, субјективних и комбинацијом обј. и субј. метода

Table 8 - Review of obtained final ranking alternatives by using:

a) objective methods

b) subjective methods

c) combination

CM	Rank
Žarkovac	1
Grabovci	2
Nikindži	3
Buđanovci	4
Hrtkovci	5
Platičevo	6
Kraljevci	7
Donji Petrovci	8
Vitojevci	9
Klenak	10
Voganj	11
Putinci	12
Stejanovci	13
Dobrinci	14
Mardelos	15
Mali Radinci	16
Ruma	17
Pavlovci	18

CM	Rank
Žarkovac	1
Grabovci	2
Nikindži	3
Buđanovci	4
D. Petrovci	5
Platičevo	6
Hrtkovci	7
Vitojevci	8
Mali Radinci	9
Voganj	10
Stejanovci	11
Klenak	12
Dobrinci	13
Kraljevci	14
Ruma	15
Putinci	16
Pavlovci	17
Mardelos	18

CM	Rank
Žarkovac	1
Grabovci	2
Nikindži	3
Buđanovci	4
D. Petrovci	5
Hrtkovci	6
Platičevo	7
Vitojevci	8
Stejanovci	9
Voganj	10
Kraljevci	11
Mali Radinci	12
Klenak	13
Dobrinci	14
Ruma	15
Putinci	16
Pavlovci	17
Mardelos	18

5. DISCUSSION

Multi-criteria analysis and decision making methods became an inevitable segment of planning, management and operative handling in all spheres of life process. There is a significant number of developed multi-criteria analysis methods, and each of them helps the decision maker to solve complex problems. The area involving launching of land consolidation projects soon portrayed the necessity for multi-criteria optimization. This happened due to an increased interest of the Republic of Serbia and local self-management organs for management of agricultural land by land consolidation, and on the other hand – due to limited resources. Thus, the appliance of these methods is a solution which will help the decision makers to choose which municipalities and cadastral municipalities should have the priority for launching and realization of land consolidation projects.

In this paper, a multi-criteria optimization model is applied for ranking of cadastral municipalities in Municipality of Ruma, for management of agricultural land with land consolidation. The mathematic model of TOPSIS method is applied on the defined model, with the goal of obtaining a ranking list of alternatives, respectively determining which cadastral municipality in the Municipality of Ruma should be given the priority for launching land consolidation projects. For that purpose, ten criteria had been defined and suggested, based on which the ranking of 18 CM for management of agricultural land by land consolidation was performed. Considering that not all criteria have the same value and effect on the observed alternatives, weight criteria had been defined. Weights are defined based on objective (entropy, critic, dispersion) and subjective (AHP, direct subjective assigning of weight coefficients) methods, in order to

5. ДИСКУСИЈА

Методе вишекритеријумске анализе и одлучивања постале су незаобилазни сегмент у планирању, менаџменту и оперативном управљању у свим сферама животног процеса. Постоји велики број развијених метода вишекритеријумске анализе, а свака од њих има за циљ да доносиоцу одлуке помогне при решавању комплексних проблема. У области покретања комасационих пројеката, јавила се потреба за применом метода вишекритеријумске оптимизације, јер са једне стране имамо све већу заинтересованост Републике Србије и органа локалне самоуправе за уређењем пољопривредног земљишта комасацијом, а са друге стране ограничене ресурсе, па је примена ових метода решење које ће доносиоцима одлуке помоћи у избору општина и катастарских општина којима треба дати приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката.

У овом раду дефинисан је модел вишекритеријумске оптимизације за рангирање катастарских општина у Општини Рума за уређење пољопривредног земљишта комасацијом. На дефинисани модел, примењен је математички модел TOPSIS методе, са циљем добијања ранг листе алтернатива, односно одређивања којој катастарској општини на територији општине Рума треба дати приоритет за покретање комасационих пројеката.

У ту сврху дефинисано је и предложено 10 критеријума на основу којих се извршило рангирање 18 КО за уређење пољопривредног земљишта комасацијом. С обзиром да критеријуми нису исте важности и немају исти утицај на посматране алтернативе, дефинисане су тежине критеријума. Тежине су дефинисане на основу објективних (ентропија, critic, дисперзија) и субјективних (АХП, директно субјективно додељи-

establish the effect of different ways of determining weight coefficients on the final ranking list of alternatives. As alternatives, all 18 cadastral municipalities on the territory of the Municipality of Ruma are taken into consideration. It is important to emphasize the ranking does not have to be done for all cadastral municipalities, but the choice of CM's which enter in the ranking process depends exclusively on the decision maker.

By using the mathematic model of TOPSIS method and objective way of determining weight criteria by using the method of entropy, the best ranked cadastral municipalities for management of agricultural land by land consolidation are: CM Žarkovac, CM Nikindži, and CM Voganj, while the lowest ranking are: CM Mali Radinci, CM Klenak, and CM Marđelos.

When the weights criteria were determined by using the objective critic method, the results showed that cadastral municipality of Žarkovac should receive the priority for management of agricultural land with land consolidation, followed by cadastral municipalities Grabovci and Nikindži. The lowest ranked are: CM Dobrinци, MC Pavlovci, and CM Marđelos.

By using the mathematic model of TOPSIS method and objective way of determining weight criteria with the method of dispersion, the best ranked cadastral municipalities for land management by land consolidation are: CM Grabovci, CM Žarkovac, and CM Nikindži. The lowest ranked are: CM Stejanovci, CM Ruma, and CM Pavlovci.

Based on the comparative analysis of the CM ranking results by using objective methods for determining weight criteria, it is concluded that the most similar results are provided by critic and dispersion methods, while the combination of entropy method with these two methods provides

вање тежинских коефицијената) метода, да би се утврдио утицај различитих начина одређивања тежинских коефицијената на коначну ранг листу алтернатива. Као алтернативе, узете су све катастарске општине на територији општине Рума, којих има укупно 18. Треба нагласити да се рангирање не мора вршити за све катастарске општине, већ избор КО које улазе у процес рангирања зависи искључиво од доносиоца одлуке.

Применом математичког модела TOPSIS методе и објективног начина одређивања тежина критеријума методом ентропија, најбоље рангиране катастарске општине за уређење пољопривредног земљишта комасацијом су: КО Жарковац, КО Никинци и КО Вогањ, док су најлошије рангиране: КО Мали Радинци, КО Кленак и КО Марђелос. Када су тежине критеријума одређене применом објективне методе critic, дошло се до резултата да катастарској општини Жарковац треба дати приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом, а затим катастарским општинама Грабовци и Никинци. Најлошије рангиране су: КО Добринци, КО Павловци и КО Марђелос.

Применом математичког модела TOPSIS методе и објективног начина одређивања тежина критеријума методом дисперзија, најбоље рангиране катастарске општине за уређење пољопривредног земљишта комасацијом су: КО Грабовци, КО Жарковац и КО Никинци. Најлошије рангиране су: КО Стејановци, КО Рума и КО Павловци.

На основу упоредне анализе добијених резултата рангирања КО применом објективних метода одређивања тежина критеријума, закључено је да најсличније резултате дају методе critic и метода дисперзија, док метода ентропија у комбинацији са овим методама, даје веома

significantly different results. Thus, when it comes to concrete optimization model, the combination of critic and entropy methods with dispersion model should not be used. If we consider only the ranks provided by critic and dispersion methods, the priority for the launching of land consolidation should be given to CM Žarkovac, followed by cadastral municipalities Grabovci and Nikindži. Cadastral municipalities with the lowest rank for land management by land consolidation are CM Mali Radinci, CM Ruma, and CM Pavlovci.

By using the mathematic model of TOPSIS method and subjective way of determining weight criteria by using AHP consensus model, the best ranked cadastral municipalities for land management for land consolidation are CM Žarkovac, CM Grabovci, and CM Nikindži. The lowest ranked are: CM Ruma, CM Marđelos, and CM Pavlovci. When considering weight criteria determined by direct, subjective method, the priority for launching and realization of land consolidation projects should be given to cadastral municipality Žarkovac, then CM Grabovci and Nikindži, while the lowest ranked are the following CM: Putinci, Pavlovci, and Marđelos.

Based on a comparative analysis of CM ranking results obtained by using subjective methods of determining weight criteria, it is concluded that the applied methods provide a very similar ranking of alternatives. Both methods provide the priority for land consolidation launching to the same cadastral municipalities. Combination of ranks provided by using these two methods, the priority for land consolidation launching should be given to cadastral municipality Žarkovac, then CM Grabovci and CM Nikindži. The lowest ranked cadastral municipality is CM Marđelos. Based on the gained results, it can be concluded that the combination of AHP consensus model and the direct assignment of weight criteria is useful, because, for the

различите резултате, па за конкретан модел оптимизације, не би требало користити комбинације метода ентропија - critic и ентропија - дисперзија. Ако се узму у обзир само рангови добијени применом метода critic и дисперзија, приоритет за покретање комасације треба дати КО Жарковац, а затим катастарским општинама Грабовци и Никинци. Катастарске општине које су најлошије рангиране за уређење пољопривредног земљишта комасацијом су: КО Мали Радинци, КО Рума и КО Павловци.

Применом математичког модела TOPSIS методе и субјективног начина одређивања тежина критеријума применом АХП консензус модела, најбоље рангиране катастарске општине за уређење пољопривредног земљишта комасацијом су: КО Жарковац, КО Грабовци и КО Никинци. Најлошије рангиране су: КО Рума, КО Марђелос и КО Павловци.

Када се узму у обзир тежине критеријума одређене применом директне, субјективне методе, приоритет за покретање и реализацију комасационих пројеката треба дати катастарској општини Жарковац, а затим КО Грабовци и Никинци, док су најлошије рангиране следеће КО: Путинци, Павловци и Марђелос.

На основу упоредне анализе добијених резултата рангирања КО применом субјективних метода одређивања тежина критеријума, закључено је да примењене методе дају веома сличне коначне рангове алтернатива. Обе методе дају приоритет за покретање комасације истим катастарским општинама.

Комбинацијом рангова добијених применом ове две методе, приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом треба дати катастарској општини Жарковац, затим КО Грабовци и КО Никинци. Катастарска општина која је најлошије рангирана је КО Марђелос. На основу добијених резултата, може се закључити да је

concrete optimization model, this combination provided very similar results and hence confirmed and enabled an objective and correct choice of CM which should be prioritized for management of agricultural land by land consolidation.

Detailed analysis of all the ranks, gained by using different methods of determining weight criteria, followed by using the mathematic model of TOPSIS method, showed that the most similar results are provided by objective critic method in combination with direct, subjective method. The final ranking list for land management by land consolidation is determined by these two methods. This way provided a list of the following best ranked cadastral municipalities: CM Žarkovac, CM Grabovci, and CM Nikindži, while the lowest ranked are: CM Putinци, CM Pavlovci, and CM Marđelos. This way, the final ranking list of alternatives was gained by combining two methods (objective and subjective), which leads to the regular, correct and objective choice of cadastral municipalities in which management of agricultural land by land consolidation should be launched and realized.

The goal of this paper's research was to define the optimization model for ranking of cadastral municipalities in Municipality of Ruma for agricultural land management by land consolidation. For that purpose, an analysis of different ways of subjective and objective determining of weight defined criteria was performed, based on which, by using TOPSIS method, the ranking of CM for agricultural land management by land consolidation in Municipality of Ruma, in order to determinate whether and which methods provide the most similar results, respectively whether the same cadastral municipalities are given the priority for land consolidation realization. The final result of the research showed that different ways of determining weights (critic and direct,

комбинација АХП консензус модела и методе директног додељивања тежинских коефицијената критеријумима корисна, јер је за конкретан модел оптимизације, дала веома сличне резултате и самим тим потврдила и омогућила објективан и коректан избор КО којима треба дати приоритет за уређење пољопривредног земљишта комасацијом.

Детаљном анализом свих рангова, добијених применом различитих метода одређивања тежина критеријума, а затим применом математичког модела TOPSIS методе, дошло се до закључка да најсличније резултате дају објективна метода critic у комбинацији са директном, субјективном методом. Коначна ранг листа за уређење пољопривредног земљишта комасацијом одређена је на основу ове две методе. На тај начин добијена је листа где су најбоље рангиране следеће катастарске општине: КО Жарковац, КО Грабовци и КО Никинци, док су најлошије рангиране: КО Путинци, КО Павловци и КО Марђелос.

На овај начин, коначна ранг листа алтернатива добијена је комбинацијом две методе (објективне и субјективне), што доводи до правилног, коректног и објективног избора катастарских општина у којима треба покренути и реализовати уређење пољопривредног земљишта комасацијом.

Циљ истраживања овог рада био је дефинисање модела оптимизације за рангирање катастарских општина у Општини Рума, за уређење пољопривредног земљишта комасацијом. У ту сврху, извршена је анализа различитих начина субјективног и објективног одређивања тежина дефинисаних критеријума и на основу њих, применом TOPSIS методе, извршено је рангирање КО за уређење пољопривредног земљишта комасацијом у општини Рума, са циљем да се утврди да ли и које методе дају најсличније резултате,

subjective method) provide the same results. Thus, we can say that the goal of the research is satisfied, respectively, the correct and objective approach in the process of prioritization of cadastral municipalities for launching and realization of land consolidation projects is accomplished.

односно да ли дају истим катастарским општинама предност да се у њима реализују комасациони пројекти. Крајњи резултат истраживања показао је да различити начини одређивања тежина (critic и директно, субјективна метода) дају исте резултате, па се може се рећи да је задовољен циљ истраживања, односно постигнуто је обезбеђивање коректности и објективности у процесу давања приоритета катастарским општинама за покретање и реализацију комасационих пројеката.

REFERENCES

- [1] Agarski, B.: Razvoj sistema za inteligentnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa, doktorska disertacija, Novi Sad, **2014**.
- [2] Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., Sorenson, K. : Guidebook to DecisionMaking Methods. WSRCIM200200002, Department of Energy, USA, **2002**.
- [3] Bekonja S. : Izbor usisivača primenom metoda SAW, TOPSIS i MOORA, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 2013/**2014**.
- [4] Lazić, J. : Primena COPRAS metode za rangiranje katastarskih opština u gradu Ruma, master rad, **2015**.
- [5] Marinković G., Ninkov T., Trifković M.: Rangiranje komasacionih projekata primenom SAW metode, Geodetska služba, br. 119: 20-28, UDK: 303.7.032.4 : [528. 46:711.1](497.11), **2015**.
- [6] Marinković G. : Prilog razvoju metodologije optimizacije radova i tačnosti u projektima komasacije, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, **2015**.
- [7] Mahmoodzadeh S., Shahrabi J.: Project selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique, International Journal of Human and Social Sciences, **2007**.
- [8] Milićević, M., Župac, G. : Objektivni pristup određivanju težina kriterijuma, Vojnotehnički glasnik, Beograd, **2012**.
- [9] Milićević, M., Župac, G. : Subjektivni pristup određivanju težina kriterijuma, Vojnotehnički glasnik, Beograd, **2012**.
- [10] Srđević, B., Medeiros Y.D.P., Faria, A.S., Schaer, M. : Objektivno vrednovanje kriterijuma performanse sistema akumulacije, Vodoprivreda, Novi Sad, **2003**.
- [11] Food and Agriculture Organization of the United Nations: The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe, Rome, **2003**.
- [12] Hot I.: Upravljanje izradom generalnih projekata u oblasti infrastrukture primenom višekriterijumske analize, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, **2014**.