

**Здравко Миловановић<sup>1\*</sup>, Фајик Беџић<sup>2</sup>, Момир Самарџић<sup>3</sup>,  
Драган Јеремић<sup>4</sup>, Свејлана Думоњић-Миловановић<sup>5</sup>, Јован Шкундрић<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, Бања Лука,  
Република Српска, Босна и Херцеговина

<sup>2</sup> Машински факултет, Универзитет у Сарајеву, Сарајево,  
Федерација БиХ, Босна и Херцеговина

<sup>3</sup> ЗП РиТЕ „Угљевик”, Република Српска, Босна и Херцеговина

<sup>4</sup> ЗП РиТЕ „Гацко”, Република Српска, Босна и Херцеговина

<sup>5</sup> Партнер инжењеринг, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

## **Оптимизација избора микролокације термоенергетског постројења методом вишекритеријалног рангирања – Теоретске основе**

Стручни рад

УДК: 620.92:621.311

*У раду се разматра проблем дефинисања оптималне макро и микролокације термоенергетског постројења са аспекта избора најповољније микролокације у оквиру могућег простора. Оцјена повољности неке микролокације у односу на друге, односно рангирање разматраних микролокација, врши се на основу поређења утицаја неколико међусобно независних величина односно захтјева, које се често не могу вриједновати заједничким мјерилима и чије је испуњење у већини случајева ствар компромиса. За изабране квалитативне и квантитативне карактеристике одређују се релативни тежински коефицијенти комбинацијом аналитичког хијерархијског процеса, Saaty-еве скале и примарно дефинисаних вриједности.*

*Кључне ријечи: термоенергетска постројења, макролокација и микролокација, метода вишекритеријалног рангирања, алтернативна рјешења*

### **Увод**

Избор праве методе одлучивања код доношења одлука на нивоу пројектовања разних постројења, па и термоенергетских постројења (ТЕП) у цјелини, као и избор оптималног рјешења на одређеном простору (макролокацији) представља један од основних проблема, од чијег рјешења зависе процеси изградње и експлоатације и њена укупна економичност и поузданост током рада. Иако се користе различите методе и технике одлучивања, проблематика доношења одлука све више добија на

---

\* Одговорни аутор; електронска адреса: mzdravko@urc.rs.ba

важности и значају (интензиван развој теорије одлучивања, као нове научне дисциплине) [1]. По Schermerhorn-у, одлука представља избор између више алтернативних могућности за рјешавање проблема, којим се жели постићи неки циљ. Одлука најчешће представља реакцију на неку конкретну потребу, односно резултат избора једне из скупа више алтернатива, које доносиоцу одлуке (појединачном или најчешће групном) стоје на располагању [2].

Појам вишекритеријумског одлучивања се односи на ситуације одлучивања када постоји већи број међусобно сукобљених критеријума, за разлику од класичне оптимизационе методе која користи само један критеријум при одлучивању, чиме се драстично умањује и реалност проблема који се може рјешавати. Данас постоји више метода које се у различитим областима могу користити, као што су: *PROMETHEE*, *AHP*, *IKOR*, *ELECTRE*, *MAX-MIN*, *MAX-MAX*, коњуктивна метода, дисјунктивна метода, итд. Зависно од коришћене методе, најчешће се као рјешење добија ранг алтернатива или критеријума, најбоља алтернатива или критеријум, скуп алтернатива или критеријума који испуњавају одређене услове и слично [3]. Проблеми који се могу разматрати коришћењем вишекритеријумског одлучивања поседују одређене заједничке карактеристике: већи број критеријума, које мора дефинисати доносилац одлуке, велика вјероватноћа постојања сукобљености између појединих критеријума, различите јединице мјере (по правилу сваки критеријум има различите јединице мјере), као и пројектовање или избор најоптималнијих концепција на унапријед утврђеном простору. Као рјешења појављује се или пројектовање најбоље алтернативе или избор најбоље активности из скупа претходно дефинисаних коначних акција.

У процесу валоризације и избора прихватљивих потенцијалних микролокација за ТЕП у оквиру одабране макролокације неопходно је примјенити одређени поступак, који ће бити униформан у свим својим аспектима. Да би се овакав циљ и остварио, неопходно је дефинисати опште критеријуме за избор и помоћу примјене методе вишекритеријалне оптимизације извршити међусобно поређење изабраних микролокација у оквиру раније утврђене макролокације. Основно начело приликом избора критеријума је да они могу бити мјерљиви, односно да се расположиви подаци о локацијама на основу њих могу валоризовати. Међутим, насупрот томе постоји и одређени број критеријума који нису мјерљиви, односно њихови утицаји у односу на микролокацију не могу се егзактно валоризовати и утврдити, што захтијева примјену одређених посредних (индиректних) показатеља.

Полазећи од примјене модификоване вишекритеријумске методе за одређивање приоритета између појединих алтернатива за рангирање и избор оптималне микролокације у оквиру одређене макролокације у већ задатим оквирима, у ситуацији одлучивања гдје учествује већи број доносилаца одлуке различите специјалности, прилагођавањем аналитичке хијерархијске процесне (АХП) методе истовремене оцјене по критеријуму релативне важности и критеријума по *Saaty*-евој скали, као и примарно дефинисаним полазним вриједностима. У оквиру студије изводљивости неопходно је било доћи до алата у процесу одлучивања на стадијуму пројектовања [8, 9]. При томе, квалитет познавања проблема и учешће више доносиоца одлуке различитих специјалности утиче на оптималан редослијед критеријума по којој се и бира коначна варијанта за даљу разраду документације. С друге стране, ниво развоја на коме се налазе методе вишекритеријумске анализе омогућава њихово коришћење за

рјешавање реалних проблема избора варијантних рјешења микролокације за конкретно термоенергетско постројење.

### **Врсте рјешења и класе метода вишекритеријумске анализе**

Процес одлучивања и избора најоптималнијег рјешења приликом пројектовања енергетских постројења је вишекритеријумског типа, при чему је потребно у обзир узети већи број фактора и интереса различитих групација и нивоа друштвене заједнице (често и међусобно супротстављених), уз учешће више интересних група у процесу одлучивања. Поставља се питање како помирити све ове критеријуме, са аспекта различитих преференција и често међусобно супротстављених интереса. У процесу трагања за најбољим рјешењем (или, што је чешћи случај, најбољим компромисним рјешењем) у посљедњих пет-шест деценија су развијене методе вишекритеријумског одлучивања (*Multi Criteria Decision Analysis – MCDA* и *Multi Criteria Decision Making – MCDM*), као подршка одлучивању овог типа. Ове методе су посебно погодне за примену у процесима одлучивања у пракси због могућности формирања различитих модификација с циљем њиховог додатног прилагођавања конкретном моделу. Потребно је нагласити да често због недостатка свих информација, постојања одређеног сукоба (конфликта) критеријума, затим неодређености у субјективном вредновању, као и различитих приоритета више доносилаца одлука код групног одлучивања, примјена вишекритеријумске анализе често даје више могућих (варијантних) рјешења. Грешке у овом процесу на нивоу пројектовања и израде изведбене документације могу донијети ефекте које током редовне експлоатације треба поправљати, што понекад постаје нерјешив проблем посебно у случају поправки режима рада у оквиру релативно скувих енергетских и процесних постројења. Та грешка је релативно мања код постројења малих хидроелектрана, јер се ради о нижем нивоу инвестиција, али ако се сваки објекат посматра као издвојена целина учињена грешка је једнако велика.

Приликом избора варијантних рјешења код енергетских постројења, идеалан случај би одговарао ситуацији код које би се сви критеријуми у проблему могли класификовати у двије категорије:

- профитну категорију (*benefit*), гдје се критеријуми максимизирају, при чему критеријум не мора нужно бити профитни (може на пример бити и еколошки), и
- трошковну категорију (*cost*), гдје се критеријуми минимизирају (минималне цијене по инсталисаном kW снаге или произведеном kWh електричне енергије).

Идеално рјешење било би оно које омогућава максимизирање свих профитних и минимизирање свих трошковних критеријума, што је у пракси веома тешко постићи. Како идеално решење није могуће постићи, потребно је тражити тзв. недоминираних рјешења (рјешење је доминирано ако постоји бар једно другачије рјешење, које је бар по једном атрибуту боље од посматраног, уз услов да је по другим атрибутима бар једнако). Рјешење се сматра недоминираним (други критеријум), ако га не доминира ниједно од других рјешења. Трећу категорију чине тзв. задовољавајућа рјешења, као редуковани подскуп могућих рјешења, у коме свака алтернатива надмашује све дефинисане аспирационе нивое критеријума. Задовољавајуће рјешење

није недоминирано рјешење, а колико је задовољавајуће зависи од очекивања (аспирација) доносиоца одлука. Коначно, постоје пожељна рјешења која су недоминирана, а најбоље задовољавају очекивања доносиоца одлуке.

У принципу разликују се двије групе метода – једноставне некомпензационе методе за једноставнија одлучивања и прецизније компензационе методе за сложенија одлучивања. Прва група не допушта компензације између атрибута, што значи да нежељена вриједност једног атрибута не може бити поправљена жељеном вриједношћу другог, односно сваки атрибут делује за себе, „не мијеша се” са осталима, а поређења алтернатива врше се по правилу „атрибут против атрибута”. Међу некомпензационим методима важнији од осталих су:

- метод доминације, који елиминише све доминираније алтернативе, а број рјешења може бити већи од један;
- *max-min* метод (одреди се најслабији атрибут (*min*) за сваку алтернативу, а затим се бира алтернатива са најјачим (*max*) и најслабијим (*min*) атрибутом, при чему важи логика методе: ланац је јак онолико колико је јака његова најслабија карика), који је примјенљив само када су вриједности атрибута упоредиве, било да су из истог мјерног система или су претходно трансформисане на исту мјерну скалу или су дате у облику бездимензионалних величина (*Re, Ma, Sh, κ, Eu, Pr, Pe, Nu, Fr, φ, ψ, Δ, η*),
- *max-max* метод, који, за разлику од претходног, бира алтернативу по најбољој вриједности атрибута, при чему претходна напомена о примјенљивости и овдје важи,
- коњуктивни метод ограничења (за сваки атрибут дефинише се минимални стандард, избор алтернативе или процес вредновања се поједностављује тако што се сваки атрибут пореди у односу на сопствени стандард), и
- дисјунктивни метод ограничења, који вреднује алтернативу према њеном најбољем атрибуту, без обзира на остале.

Наведене некомпензационе методе имају углавном методолошки значај, јер стварају базу за изградњу прецизнијих компензационих метода, потребних у сложенијим пословима одлучивања. За разлику од њих, компензациони методи допуштају компензирање атрибута. Смањење вриједности једног атрибута је прихватљиво ако вриједности једног или више других атрибута расту. Компензациони методи се могу подијелити у четири групе:

- методи корисности, гдје се алтернативе вреднују и рангирају према корисности израженој тзв. „скором” (*utility*) у односу на све атрибуте, при чему корисност обично одражава преференцу самом доносиоцу одлука (да би поређење атрибута било могуће, њихове вредности се трансформишу на заједничку вриједносну скалу, нпр. [0,1], популаран метод из ове групе је адитивни, по коме се за сваку алтернативу рачуна укупна корисност као збир пондерисаних корисности атрибута, гдје спада и познати АХП метод, према коме се односи алтернатива рачунају по посебој процедури на основу поређења атрибута и алтернатива у паровима),
- методи компромиса, којима се бира алтернатива најближа идеалном рјешењу (карактеристичан је *TOPSIS* у коме се прво врши нормализација матрице одлучивања, а затим рачунају пондерисана растојања алтернатива у односу на идеално рјешење и негативно идеално рјешење, а за рјешење проблема усваја се алтернатива која је релативно најближа позитивном и релативно најудаљенија од негативног идеалног рјешења; други познати метод у овој групи је компромисно про-

- грамирање (*CP* метод), који растојања од идеалног рјешења третира у разним метрикама као што су линеарна, Еуклидска и Чебишевљева), и
- методи сагласности (*konkordanse*), гдје се редослијед алтернатива генерише по приоритету тако да мјера сагласности буде задовољена на најбољи начин (логика је да алтернатива са довољно високим ранговима по више атрибута буде и коначно високо рангирана), са линеарним асигнационим методом као типичним представником ове групе метода (најпознатији је скуп метода *ELECTRE I* до *IV*).

#### *Фазе рјешавања проблема*

Основне фазе рјешавања проблема састоје се од одређених модула, који су међусобно условљени. Ове фазе обухватају реализацију одређених корака, као што су:

- дефинисање проблема, са коректном идентификацијом и правилним дефинисањем проблема, као полазном и релативно најсложенијом фазом у процесу добијања рјешења,
- израда (обликовање) математског модела, који одражава стварни проблем из праксе, обликован специфичним пресликавањем или превођењем дескриптивног модела у егзактни модел,
- избор, разрада или модификација методе за рјешавање постављеног проблема, која зависи од обликованог модела проблема,
- рјешавање модела помоћу методе и добијање једнозначног или прихваћеног са одређеним степеном поузданости резултата у очекиваној форми,
- критеријумско вредновање модела на основу резултата тестирања, као мјера усаглашености предвиђених и остварених вриједности, при чему најзначајнији критеријум представља вредновања оптималности рјешења, и
- имплементација добијеног рјешења, гдје се теоретском верификацијом модела прихвата могућност примјене рјешења у пракси.

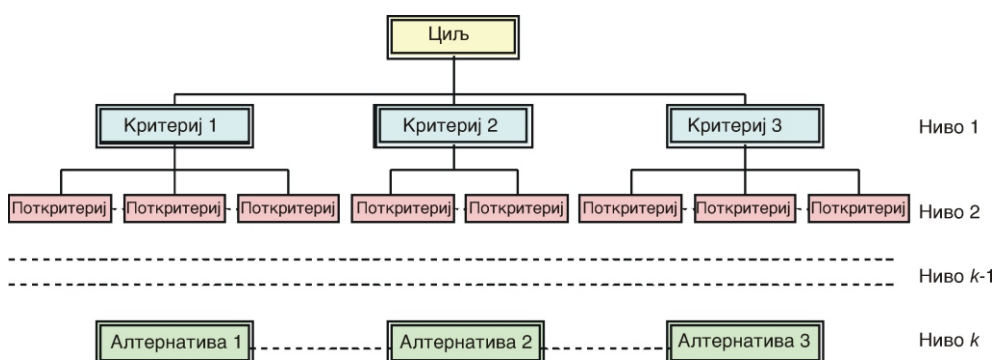
#### *Аналићки хијерархијски процес као алат за доношење одлука*

АХП је један од метода научне анализе сценарија и доношења одлука конзистентним вредновањем хијерархија чије елементе чине циљеви, критеријуми, подкритеријуми и алтернативе. За разлику од примјене геометријске и аритметичке средине, којима се доносе одлуке на бази просјека величина, АХП укључује значајност алтернатива за сваку одлуку (*preferential differences*) и ранг алтернативе за сваку одлуку (*preferential ranks*) [3, 4]. На основу већег броја објављених радова, може се закључити да АХП представља погодан и веома прилагодљив систем за подршку одлучивању код различитих проблема при варијантном одлучивању са више критеријума, а који се, са друге стране, реализује као софтвер за *PC* платформе са комплетном техничком подршком у области вишекритеријумског одлучивања [5, 6]. Идејну и математичку поставку за АХП дао је *Thomas Saaty* 1971. године, а детаљно је изложена у издању „*The Analytic Hierarchical Processes*” (*Saaty*, 1980). АХП метода се користи како за одлучивање у областима менаџмента и управљања, затим алокације, дистрибуције, као и свим другим областима гдје се сусреће вишекритеријално одлучивање [7].

АХП представља алат за формирање и анализу хијерархије одлучивања и спада у класу метода за тзв. „меку” оптимизацију. Примјеном АХП врши се интерактивно креирање хијерархије проблема као полазне припреме сценарија одлучивања, те вредновање елемената хијерархије у паровима (циљева, критерија и алтернатива) у *top-down* смјеру. Синтеза свих вредновања по строго утврђеном математичком моделу одређује тежински коефицијент свих елемената хијерархије, при чему је збир тежинских коефицијената на сваком нивоу једнак јединици.

У поступку доношења одлуке рангирају се сви елементи у редове и колоне. Ради се интерактивна анализа осјетљивости поступка вредновања на коначне рангове елемената хијерархије, а све до краја процедуре и синтезе резултата провјерава конзистентност резоновања при одлучивању и утврђује исправност добијених рангова алтернативе и критерија, као и њихових тежинских вриједности. Приликом утврђивања хијерархије циљ се налази на врху хијерархије док су критеријуми, подкритеријуми и алтернативе на нижим нивоима. Хијерархија не мора да буде комплетна у случају када неки од елемената на првом нивоу не мора да буде критеријум за све елементе у поднивоу, што упућује на подјелу на подхијерархије којима је заједнички елемент једино на врху хијерархије. У случајевима сложених проблема са много критерија и алтернатива, примјеном АХП се релативно лако пронађу везе између утицајних фактора, односно, лако се препозна експлицитни или релативни утицај и одреди доминантност неког од фактора у односу на друге. При анализи овом методом могу бити укључени и квалитативни и квантитативни аспекти. Научни основ аналитичког хијерархијског процеса је веома опсежан, а његов значај огледа се и у заступљености овог метода у разним областима. Сам метод је предмет проучавања и унапређивања у оквиру докторских дисертација и научних конференција, а представља и основ многих научних радова на престижним свјетским универзитетима.

У општем случају хијерархијски структуриран модел АХП састоји се од циља, критерија, поткритерија и алтернативе, што је приказано на сл. 1. На неком нивоу налази се  $n$  елемената који се у паровима сваког са сваким пореде у односу на непосредно надређени елемент на вишем нивоу. Потребно је укупно  $n(n - 1)/2$  поређења за сваки



Слика 1. Општи хијерархијски модел у АХП

од критерија, подкритерија и алтернативе, при чему  $n$  одређује број критерија на посматраном нивоу.

Аксиоми на којима се заснива АХП изложени су у радовима *Saaty*-ја, *Alphonse*-а и *Harker & Vargas*-а, а гласе:

- Аксиом реципрокности, који каже „ако је елемент А  $n$  пута значајнији од елемента Б, тада је елемент Б за  $1/n$  пута значајнији од елемента А”,
- Аксиом хомогености, којим се констатује да поређење има смисла само ако су елементи упоредиви,
- Аксиом зависности, који дозвољава поређење међу групом елемената једног нивоа у односу на елемент вишег нивоа, тј. поређења на нижем нивоу зависе од елемената вишег нивоа, и
- Аксиом очекивања, којим се дефинише да свака промјена у структури хијерархије захтијева поновно рачунање приоритета у новој хијерархији.

Резултати поређења смијештају се у одговарајуће матрице поређења, па се тако нпр. међусобно пореде сви елементи  $k$ -тог нивоа (укупно елемената), у односу на неки индивидуални критериј из вишег нивоа, тј. одговарајући елемент из нивоа, што у матричном облику гласи:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & a_{112} & \dots & a_{11n} \\ 1/a_{112} & 1 & \dots & a_{12n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{11n} & 1/a_{12n} & \dots & 1 \end{pmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

Таблица 1. *Saaty*-јева скала вредновања [2]

Значај	Дефиниција	Објашњење
1	Истог значаја	Два елемента су идентичног значаја у односу на $l$
2	Међувриједности са карактером значаја слаб или благ	Потребан компромис или даља подјела
3	Умјерена доминантност	Искуство или расуђивање незнатно фаворизују један елемент у односу на други
4	Међувриједности веће од умјерене доминантности	Потребан компромис или даља подјела
5	Јака доминантност	Искуство или расуђивање знатно фаворизују један елемент у односу на други
6	Међувриједности веће од јаке доминантности	Потребан компромис или даља подјела
7	Демонстрирана доминантност или веома јака доминантност	Доминантност једног елемента потврђена у пракси
8	Међувриједности веће од веома јаке доминантности	Потребан компромис или даља подјела
9	Апсолутна доминантност	Доминантност највишег степена

Вриједности елемената матрице  $A_i$ , који представљају бројну вриједност одговарајућих поређења, узимају се из *Saaty*-јеве скале дате у табл. 1. У случају поређења првог елемената са осталим добија се на одговарајућем нивоу хијерархије први ред матрице, другог са осталим други ред, итд., при чему се у поређењима примјењује аксиом реципрочности. Сопствена (карактеристична) вриједност матрице  $A$  одређује се преко израза  $(A - \lambda I)\vec{X} = \vec{0}$ , што представља хомогени систем линеарних једначина, гдје су:  $\lambda$  – сопствена (карактеристична) вриједност матрице,  $I$  – јединична матрица, и  $\vec{X}$  – карактеристичан вектор матрице  $A$  ( $\vec{X} \neq 0$ ), ако постоји  $\lambda$  такав да је  $A\vec{X} = \lambda\vec{X}$ . Матрица  $A - \lambda I$  зове се карактеристична матрица, а хомогени систем линеарних једначина има нетривијална рјешења само када је детерминанта карактеристичне матрице једнака нули, из којег услова се израчунавају сопствене вриједности матрице.

Смисао матрице поређења најлакше се може схватити тако што ће се увести релативни тежински коефицијенти  $w_n$ , којима одговарају елементи матрице  $X$ . Тада се израз  $A\vec{X} = \lambda\vec{X}$  у матричном облику може записати као:

$$\begin{matrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} & w_1 & w_1 \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} & w_2 & \lambda w_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} & w_n & w_n \end{matrix} \quad (2)$$

при чему су елементи  $a_{ij}$  матрице  $A$ , записани преко количника релативних тежинских коефицијената  $w_i/w_j$ , а елементи  $X$  као  $w_i$  као што је приказано у претходном изразу.

Власти вектор  $\vec{X}$  може се добити рјешавањем система хомогених линеарних једначина, односно по некој од релација за одређивање нормализоване вриједности тежинских коефицијената. према *Saaty*-у (1980) нормализоване вриједности тежинских коефицијената могу се добити преко следећих израза:

$$\begin{matrix} w_{li} & \frac{1}{n} \frac{a_{lij}}{a_{lij}} \\ w_{li} & \frac{1}{n} \frac{a_{lij}}{a_{lij}} \\ w_{li} & \frac{1}{n} \frac{a_{lij}}{a_{lij}} \\ w_{li} & \frac{1}{n} \frac{a_{lij}}{a_{lij}} \end{matrix} \quad (3)$$

Последњи израз за добијање тежинских коефицијената представља метод нормализације геометријских средина и он је најзаступљенији у практичној примјени. Понављањем поступка рачунају се тежински коефицијенти елемената сваког нивоа у односу на све елементе претходног нивоа, идући ка нижим нивоима хијерархије на коме су алтернативе. Након тога, када су познати сви тежински коефицијенти, рачунају се композитни релативни тежински коефицијенти свих алтернатива. Збир



релативних композитних коефицијената је једнак јединици, а доносилац одлуке располаже са двије кључне информације – утврђен је релативан значај сваке алтернативе у односу на циљ на врху хијерархије (значајност алтернативе) и утврђен је редослијед алтернатива по значењу (ранг алтернативе).

*Конзистентности доносиоца одлука у процесу вредновања елемената хијерархије*

Методом АХП идентификује се и анализира неконзистентност доносиоца одлука у процесу расуђивања и вредновања елемената хијерархије, јер је доносилац одлуке ријетко досљедан при процјењивању вриједности и односа квалитативних елемената у хијерархији. Да би се израчунао степен конзистентности ( $CR$ ), прво се рачуна индекс конзистентности ( $CI$ ) за сваку матрицу поређења према релацији  $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ , а затим  $CR = CI/RI$ , гдје је:  $\lambda_{\max}$  – максимална вриједност од свих добијених сопствених вриједности матрице,  $RI$  – индекс рандомизације (случајни индекс), и  $n$  – број елемената нивоа. Случајни индекс ( $RI$ ) зависи од реда матрице, а преузима се из табл. 2, у којој први ред представља ред матрице, а други вриједност случајних индекса.

**Таблица 2. Случајни индекси (Saaty, 1980)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57

Ако је степен конзистентности ( $CR$ ) мањи од 0,10, резултат је довољно тачан и нема потребе за корекцијама у поређењима и понављања прорачуна. Уколико је степен конзистентности већи од 0,10, резултате би требало поново анализирати и установити разлоге неконзистентности те поступак понављати све док се не дође до снижавања степена конзистентности до толерантног нивоа. Уколико то није изводљиво, мањим корекцијама потребно је поступак поновити од почетка.

*Дефинисање критеријума у процесу валоризације и оптималног избора прихваћљивих потенцијалних микролокација са аспекта унапријед дефинисане макролокације ТЕП*

Код избора и оцјене концептуалних варијантних рјешења у поступку поређења и избора оптималне микролокације ТЕП у оквиру одабране макролокације, најчешће се користе следећи критеријуми и услови: *просјор попребан за смјештај објекта и постројења термоенергетског блока* (критериј  $f_1$ ), *заузетост микролокације индустријским или другим објектима* (критериј  $f_2$ ), *топографски услови* (критериј  $f_3$ ), *сеизмолошки услови и инжењерско-геолошке карактеристике тла* (критериј  $f_4$ ), *услови транспорта и дојреме постројења и опреме* (критериј  $f_5$ ), *услови опреме и дейновања оптада* (критериј  $f_6$ ), *услови транспорта и дојреме уља односно другог основног и помоћног горива* (критериј  $f_7$ ), *услови опреме и*

дејеновања пјепела и шљаке (критериј  $f_8$ ), услови и могућности снабдијевања водом (критериј  $f_9$ ), услови и начин повезивања са електроенергетском мрежом (критериј  $f_{10}$ ), услови и начин повезивања са јавним саобраћајницама (критериј  $f_{11}$ ), еколошки услови (критериј  $f_{12}$ ), економски услови (критериј  $f_{13}$ ), друштво и правданост, насељеност и развој (критериј  $f_{14}$ ), поузданост, одржавање и оцјена ризика (критериј  $f_{15}$ ), власман електричне енергије (критериј  $f_{16}$ ) и остали услови (критериј  $f_{17}$ ), као што су евентуално други услови или критерији који нису обухваћени са претходно специфицираним, а који могу бити од значаја за разматрање микролокације у оквиру макролокације (радиоактивна подручја, подручја третирана посебном законском легислативом, простори који су предмет посебне пажње инвеститора и сл.).

Макролокација за сваки од угљенокопа из посматраног региона је дефинисана одређеним стратешким документима на нивоу републичког или локалног нивоа [8, 9]. Понекад су ова рјешења веома скупа и не прате тренд развоја нових технологија и коришћења нове опреме у области термоенергетике, па је неопходно додатно извршити оцјену варијантних рјешења према одређеним критеријумима и условима, који ће се примјењивати у поступку поређења и избора одабраних микролокација за реализацију ТЕП у оквиру унапријед одабране макролокације. Ови критеријуми, осим своје различитости, могу бити и међусобно супротстављени, па је потребно за вредновање алтернатива у вишекритеријумској анализи располагати и методом којом би се омогућила њихова симултана обрада, уз уважавање инхерентних могућности сваког технолошког приступа и њихове релативне међусобне важности према критеријумима.

### **Закључак**

Методе вишекритеријумске анализе се развијају у правцу омогућавања што већег и креативнијег систематског укључивања доносиоца одлуке (пројектанта) у процес доношења оптималних одлука избора варијантних рјешења примјеном рачунарске технике. Основни циљ рада био је анализа могућности и израде математичког модела примјене модификоване вишекритеријумске методе за одређивање приоритета између појединих алтернатива реализације избора оптималне микролокације у већ задатим оквирима (дефинисана макролокација), у ситуацији одлучивања где учествује већи број доносилаца одлука различите специјалности. Модел је примјењен на избор оптималне микролокације за једно ново термоенергетско постројење инсталисане снаге 300 до 400 MW (ТЕ Станари). Како су методе вишекритеријумске анализе засноване на значајном учешћу доносиоца одлука односно пројектанта, неопходно је добро познавање проблема и учешће више доносиоца одлука различитих специјалности, како би се добио оптималан редослијед критеријума по којој се и бира коначна микролокација за даљу разраду документације. Ниво развоја на коме се налазе методе вишекритеријумске анализе и добијени резултати примјене модела омогућавају постизање добрих резултата код избора оптималне микролокације за конкретно термоенергетско постројење.

### Литература

- [1] Brans, J. P., Vincke, Ph., Preference Ranking Organization Method/The Promethee Method for Multiple Criteria Decision Making, *Management Science*, 31 (1985), 6, 647-656
- [2] Saaty, T. L., Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *Int. J. Services Sciences*, 1 (2008), 1, 83-98
- [3] Радојичић, М., Весић, Ј., Ранђић, С., Један приступ вишекритеријумском избору инвестиционих пројеката, *Зборник радова SYM-OP-IS 2002*, Тара, Србија, 2002, XXI-16-19
- [4] Чупић, Е. М., Тумала, Р., Савремено одлучивање, методе и примена, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Београд, 1997
- [5] Bauer, R. A., Collar, E., Tang, V., *The Silverlake Project*, Oxford University Press, New York, USA, 1992
- [6] Bhushan, N., Ria, K., *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*, Springer-Verlag Ltd., London, 2004
- [7] Миловановић, З., Модификована метода за процјену оптималне поузданости кондензационе термоелектране, Докторска дисертација, Машински факултет у Бањој Луци, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, 2000
- [8] Миловановић, З., и др., Претходна студија о економској оправданости изградње ТЕ Станари, Институт за грађевинарство „ИГ” Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, 2007
- [9] \* \* \*, Студија оправданости изградње термоелектране Станари у Републици Српској, Босна и Херцеговина, Colenco Power Engineering Ltd. и Steinmüller Engineering, 2007

**Abstract**

**Optimization of Selecting Micro Location for  
Thermal Power Plant Facility Using Multi  
Criteria Classification – Theoretical Basis**

by

*Zdravko MILOVANOVIĆ<sup>1\*</sup>, Fajik BEGIĆ<sup>2</sup>, Momir SAMARDŽIĆ<sup>3</sup>,  
Dragan JEREMIĆ<sup>4</sup>, Svetlana DUMONJIĆ-MILOVANOVIĆ<sup>5</sup>, Jovan ŠKUNDRIĆ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Faculty of Mechanical Engineering University of Banja Luka, Banja Luka,  
Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>2</sup> Faculty of Mechanical Engineering, University of Sarajevo,  
Federation BiH, Bosnia and Herzegovina

<sup>3</sup> TPP “Ugljevik”, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>4</sup> TPP “Gacko”, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>5</sup> Partner Engineering, Banja Luka,  
Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Within this paper, the problem regarding definition of optimal macro and micro location for thermal power plant facility (TPP) from the aspect of searching for the most appropriate micro location on the available area has been investigated. Evaluation of convenience of some certain micro location in relation to others, and moreover the classifying observed micro locations, is to be performed on basis of comparison influences of several mutually independent quantities, or to say demands, which often cannot be evaluated by the same criteria and which accomplishment is usually matter of compromise. For chosen qualitative and quantitative characteristics, relative weighted coefficients are being determined by combining AHP (analytical hierarchical process), Saaty’s scale, and primary defined values.

Key words: *thermal power plants, macro location, micro location, multi criteria classifying method, alternative solutions*

\* Corresponding author; mzdravko@urc.rs.ba

Рад примљен: 1. септембра 2010.  
Рад ревидиран: 20. децембра 2010.  
Рад прихваћен: 20. јануара 2011.