

Multivarijabilni modeli upravljanja u rudarstvu; Multi-variable models of management in mining

Marjan M. Hudej



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Multivarijabilni modeli upravljanja u rudarstvu; Multi-variable models of management in mining | Marjan M. Hudej |
Универзитет у Београду | 2014-02-03 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0003968>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Marjan M. Hudej

**MULTIVARIJABILNI MODELI
UPRAVLJANJA U RUDARSTVU**

Doktorska disertacija

Beograd, 2013

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Marjan M. Hudej

**MULTI-VARIABLE MODELS
OF MANAGEMENT IN MINING**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013

Mentor: dr Slobodan VUJIĆ, redovni profesor
Rudarski institut Beograd

Članovi komisije:

1. dr Slobodan VUJIĆ, redovni profesor
naučna oblast: Primenjeno računarstvo i sistemsko inženjerstvo
Rudarski institut Beograd
2. dr Mirko VUJOŠEVIĆ, redovni profesor
naučna oblast: Operaciona istraživanja
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka
3. dr Vladimir PAVLOVIĆ, redovni profesor
naučna oblast: Površinska eksploatacija ležišta mineralnih sirovina
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
4. dr Dušan GAGIĆ, redovni profesor
naučna oblast: Podzemna eksploatacija ležišta mineralnih sirovina
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
5. dr Igor MILJANOVIĆ, vanredni profesor
naučna oblast: Primenjeno računarstvo i sistemsko inženjerstvo
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Datum odbrane:

MULTIVARIJABILNI MODELI UPRAVLJANJA U RUDARSTVU

Rezime

Odlučivanje i upravljanje u rudarstvu karakterišu: složenost, promenljivost, višeznačnost, osetljivost i rizik. Više pobuda generiše ovakvu atribuciju. Prva je, multivarijabilnost ambijentalnih uslova i funkcionalna i strukturna složenost rudarskih sistema (čovjek - priroda (radna sredina) - mašina – okruženje); Druga se odnosi na ne postojanje opšte naučne saglasnosti oko ocene pogodnosti modela za podršku odlučivanju i upravljanje. Treća, ako bi saglasnost i postojala, nije sigurno da bi raspoloživi modeli, metode i taktike, dale ekvivalentne rezultate za iste rudničke uslove. Četvrta, systemske nauke još uvek nemaju opšte prihvaćen i u praksi primenljiv algoritam izbora najboljeg rešenja u slučaju kolebanja multimodelskih poredaka alternativa. Prisutni su različiti pristupi u premoštavanju problema, oni se međusobno ne isključuju, ali ponuđena rešenja nemaju verifikaciju opšte i univerzalne primenljivosti.

Ovo je uticalo da istraživanja u okviru disertacije, budu usmerena kritičkim stavom prema pristupima zasnovanim na izboru najboljeg modela za analizu i donošenje upravljačkih odluka u rudničkim uslovima, drugačijim od uobičajenih industrijskih uslova.

U disertaciji se umesto izbora najboljeg, najpogodnijeg, ili najprikladnijeg modela za podršku odlučivanju, predlaže proceduralni prilaz. Ovakav prilaz podrazumeva istovremeno uključivanje u analizu više modela sa korektnom aproksimacijom multivarijabilnih rudničkih uslova. Pošto cilj nije izbor najboljeg modela već najboljeg rešenja zadatog problema, prema postavljenom algoritmu postupak izbora najbolje rangirane alternative ili najboljeg poretka alternativa, zavisi od kolebanja multimodelskih rangova. U slučaju ekvivalencije multimodelskih rangova, formirani poredak alternativa prihvata se kao definitivan, u suprotnom konačni poredak alternativa definiše se ponderisanjem. Ako je cilj najbolja (prvorangirana) alternativa, analiza je opciona zavisno od stepena ekvivalencije multimodelskih rangova.

Primenljivost i operativnu korisnost postavljenog pristupa, odnosno algoritma „proceduralnog postupka”, eksperimentalno je testirana sa četiri modela na šest rudničkih problema, različite strateške, taktičke ili operativne važnosti. Prosečna korelativnost multimodelskih i ponderisanih poredaka u 50% testova je u opsegu visoke – jake veze (0,70-0,89), a u preostalih 50% u opsegu veoma visoke-veoma jake veze (0,90-0,99). Prosečna korelativnost ponderisanih i multimodelskih poredaka (0,813) veća je za 5,58% od prosečne korelativnosti (0,77) multimodelskih poredaka.

Primenjeni pristup u istraživanjima i metrični elementi eksperimentalnih rezultata, obezbeđuju objektivnost sagledavanja i vrednovanja predloženog algoritma za podršku odlučivanju u multivarijabilnim uslovima. Rezultujući ishodi ovih saznanja, potvrđuju validnost i praktičnu primenljivost postavljenog algoritma.

Ključne reči: RUDARSTVO, ODLUČIVANJE, UPRAVLJANJE, MODEL, MULTIVARIJABILNO, MULTIATRIBUTNO, MULTIKRITERIJUMSKO

Naučna oblast: RUDARSKO INŽENJERSTVO

Uža naučna oblast: SISTEMSKO INŽENJERSTVO

UDK: 004:005.1/.311/.7:007.528.28
513.3:519.816/.82/.87
621:622.27:629.3:681.5
(043.3)

MULTI-VARIABLE MODELS OF MANAGEMENT IN MINING

Abstract

The decision making and management in mining engineering are characterized by complexity, variability, ambiguity, sensibility and risk. There are several incentives for such attribution. The first is multi-variability of environmental conditions and the functional and structural complexity of mining production systems (Human – nature (working environment) – machine – narrower and wider environment). The second is related to the non-existing scientific consensus regarding the assessment on the suitability of decision making and management model. The third, even if such consensus existed, it is not sure that available models, methods and tactics would give equivalent results for different mining conditions. The fourth is that system sciences still do not have generally accepted and practically applicable algorithm for the selection of the best solution in case of instability of the multi-model order of alternatives. There are several approaches in overcoming this problem that are not mutually exclusive, but the offered solutions do not have verification of the general and universal applicability.

This was a determining point that the research within the scope of this dissertation should be forwarded by a critical standpoint toward approaches based on the selection of the best model for analysis and management decision making in mining conditions, with major differences from conditions in other industries.

In the dissertation, opposed to the selection of the best, the most adequate or the most suitable model for the support to decision making, the procedural approach is recommended. This approach means to include simultaneous models in the analysis, with accurate approximation of the multi-variable conditions in mines. Since the goal is not to select the best model, but rather the best solution for the task in question, the procedure of selection of the best ranked alternative, or the best order of alternatives is accomplished depends on the instabilities of multi-model ranks according to the algorithm set. In case of multi-model ranks equivalence, the order of alternatives is accepted as the final solution, otherwise the process of defining the final order of alternatives is achieved by pondering. If the goal is the best (the first ranked) alternative, the procedure is optional, depending on the multi-model ranks equivalence degree.

The applicability and the operative usability of the approach set, i.e. the algorithm of the “procedural method” developed in this dissertation on four models, is tested with six mining engineering problems with different strategic, tactical or operational importance. The average correlation of multi-model and pondered orders for 50% of tests lies within the class of high – strong connection (0.70-0.89), and for other 50% within the class of very high – very strong connections (0.90-0.99). The average correlation of the pondered and multi-model orders (0.813) is larger by 5.58 % than the average correlation (0.77) of the multi-model orders.

The applied approach in the research, and metric elements of the experimental tests results are ensuring the objective assessment and valuation of the suggested algorithm for the support to decision making in multi-variable conditions. The outcome of these findings are confirming the validity and practical applicability of the suggested approach.

Keywords: MINING ENGINEERING, DECISION MAKING, MANAGEMENT, MODEL, MULTI-VARIABLE, MULTI-ATTRIBUTIVE, MULTI-CRITERIA

Scientific area: MINING ENGINEERING

Narrow scientific area: SYSTEM ENGINEERING

UDC: 004:005.1/.311/.7:007.528.28
513.3:519.816/.82/.87
621:622.27:629.3:681.5
(043.3)

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	POGLED NA PROBLEM ODLUČIVANJA I UPRAVLJANJA	16
2.1.	Uvodni osvrt	16
2.2.	Odlučivanje i upravljanje	17
2.3.	MAO/MKO odlučivanje i upravljanje	23
3.0.	MODELI OI POGODNI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U MULTIVARIJABILNIM RUDNIČKIM USLOVIMA	29
3.1.	Modeli PROMETHEE	29
3.2.	Modeli ELECTRE	32
3.3.	Metoda AHP	36
3.4.	Model VIKOR	40
3.5.	Ostali modeli	42
4.	TEST EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA	44
4.1.	Osobnosti eksploatacije mineralnih sirovina	44
4.2.	Upravljanje procesom pripreme izgradnje izvoznog okna rudnika uglja Velenje	47
4.2.1.	Prikaz problema	47
4.2.2.	Izbor projektantske organizacije	48
4.2.3.	Izbor mesta gradnje okna	50
4.2.4.	Izbor tehnologije gradnje izvoznog okna	53
4.2.5.	Izbor izvođača radova	59
4.3.	Racionalizacija strukture sistema površinskih kopova tehničkog kamena u okolini Velenja	61
4.3.1.	Prikaz problema	61
4.3.2.	Definisanje racionalne strukture kopova	66
4.4.	Izbor tehnološkog sistema površinskog kopa „Majdan III“	69
4.4.1.	Prikaz problema	69
4.4.2.	Moguća alternativna tehnološka rešenja	71
4.4.3.	Rešenje problema	74
4.5.	Analiza rezultata eksperimentalnih istraživanja i važni zaključci	77
5.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	86
5.1.	Donošenje upravljačkih odluka u multivarijabilnim uslovima	86
5.2.	Zaključak	92
	LITERATURNI IZVORI	95

PRILOZI	103
PRILOG A1	
Rezultati test eksperimentalnih analiza: upravljanje procesom pripreme izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje	103
Rangiranje projektantskih organizacija	
PRILOG A2	
Rezultati test eksperimentalnih analiza: upravljanje procesom pripreme izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje	108
Rangiranje mesta za izgradnju izvoznog okna	
PRILOG A3	
Rezultati test eksperimentalnih analiza: upravljanje procesom pripreme izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje	113
Rangiranje tehnologija za izradu okna	
PRILOG A4	
Rezultati test eksperimentalnih analiza: upravljanje procesom pripreme izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje	119
Rangiranje ponuđača za izvođenje radova na izgradnji okna	
PRILOG B	
Rezultati test eksperimentalnih analiza:	
Racionalizacija strukture površinskih kopova tehničkog kamena u okolini Velenja	124
PRILOG C	
Rezultati test eksperimentalnih analiza:	133
Izbor tehnološkog sistema površinskog kopa Majdan III	
BIOGRAFIJA AUTORA	139
Izjava o autorstvu	140
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	141
Izjava o korišćenju	142

Pregled skraćenica

AHP	- AHP model/metoda - analitički hijerarhijski proces (eng. <i>Analytical Hierarchy Process</i>)
BTO	- Rudnički tehnološki sistem sa strukturom mašina: Bager-Transporter(i) sa trakom(ama)-Odlagač
DEA	- DEA model/metoda - analiza obavijanja podataka (eng. <i>Data Envelopment Analysis</i>)
DO / DM	- Donosioc odluke (eng. <i>Decision Maker</i>)
GA	- Genetski algoritam
ELECTRE	- ELECTRE (model/metoda) - eliminacije i izbornog predstavljanja stvarnosti (fran. <i>ELimination Et Choix Traduisant la REalité</i>)
FAHP	- Fazi analitičko hijerarhijsko procesiranje (eng. <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Processing</i>)
kk	- Korisna komponenta (npr. sadržaj metala u rudi)
MAA	- Multiatributna analiza
MAO /MADM	- Multiatributno odlučivanje (eng. <i>Multi Attribute Decision Making</i>)
MCO	- Multiciljno odlučivanje
MKA	- Multikriterijumska analiza
MKO / MCDM	- Multikriterijumsko odlučivanje (eng. <i>Multi Criteria Decision Making</i>)
MV	- Multivarijabilno
OI	- Operaciona istraživanja
PK	- Površinski kop
PROMCALC	- Aplikativni softver PROMETHEE modela/metode (eng. <i>PROMCALC – PROMethee CALCulation</i>)
PROMETHEE	- PROMETHEE model/metoda organizovanog rangiranja preferencija za unapređenje evaluacije (eng. <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>)
SWOT	- Analitička metoda definisanja pozitivnih i negativnih uticajnih činilaca u preduzeću (eng. <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>)
TE	- Termoelektrana
TOPSIS	- Tehnika za utvrđivanje sklonosti i prema sličnosti sa idealnom rešenju (eng. <i>Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution</i>)
VIKOR	- VIKOR model/metoda VIšekriterijumskog KOmpromisnog Rangiranja

Predgovor

Istraživanja u rudarskom inženjerstvu mogu imati dve pobude, praktičnu i spoznajnu. U izradi ove doktorske disertacije prva pobuda proistekla je iz operativnog inženjerskog i rukovodnog rada i učestvovanja u odlučivanju i upravljanju u Rudniku uglja Velenje i u Rudarsko građevinskom preduzeću iz Velenja. Stalno prisutna pozitivna kreativna dilema da li od izabranog postoji bolje rešenje, generisala je drugu-spoznajnu pobudu traganja za boljim, efikasnijim i pouzdanijim alatima za podršku odlučivanju i upravljanju u rudničkim uslovima, različitim od uobičajenih industrijskih uslova.

Dakle, gotovo svakodnevno suočavanje sa problemom objektivnog izbora jednog od mogućih alternativnih rešenja i donošenja odgovornih izvršno-operativnih ili dugoročnijih upravljačkih odluka, uticalo je na izbor teme doktorske disertacije i opredeljenje za mentora i instituciju u kojoj bi radio doktorsku disertaciju. Katedra za primenjeno računarstvo i sistemsko inženjerstvo Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, pod rukovodstvom prof. dr Slobodana Vujića, institucija najvišeg naučnog ugleda u oblasti primene sistemskih nauka i operacionih istraživanja u rudarstvu, pružala je tu neophodnu specifičnu naučnu podršku i baznu sigurnost za istraživanja na temi doktorske disertacije sa mnogo početnih nedoumica i nepoznanica. Sada kada su rezultati četvorogodišnjih istraživanja vidljivi, sa zadovoljstvom konstatujem u dubu disertacije, da je moj kriterijumski izbor naučne institucije i mentora bio uspešan.

Istraživačka podrška, visoka stručnost i kolegijalnost članova Katedre za primenjeno računarstvo i sistemsko inženjerstvo Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, od neprocenjivog je značaja za izradu disertacije, na čemu se od srca zahvaljujem, u tome posebno ističem podršku i upućujem zahvalnost prof. dr Igoru Miljanoviću.

Članovima Komisije prof. dr Mirku Vujoševiću sa Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu, prof. dr Vladimiru Pavloviću i prof. dr Dušanu Gagiću, sa Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, dugujem veliku zahvalnost na interesovanju i praćenju u toku istraživanja, na pažljivoj analizi rezultata i predlozima koji su doprineli da disertacija dobije ovakav konačan oblik.

Reči zahvalnosti mentoru prof. dr Slobodanu Vujiću, koje neće imati hiperboličan prizvuk, teško je izabrati. Po cenu rizika da u tome ne uspem, reći ću, širok naučni pogled na temu disertacije; vrbunsko poznavanje i sigurno vođenje kroz složen prostor sistemskih nauka, operacionih istraživanja i rudarskog inženjerstva; istraživačka radoznalost i provokativnost; nadahnutost i idejnost koja je uvek za korak ispred; ne prihvatanje ne rešivih situacija; istrajnost i energija koja uliva sigurnost u trenucima nedoumica i istraživačkih oseka, samo je deo reči kojima izražavam neizmernu zahvalnost profesoru Vujiću.

Rudniku uglja Velenje i Rudarsko građevinskom preduzeću iz Velenja, zahvaljujem na razumevanju, podršci, a pre svega na jedinstvenoj školi odlučivanja i upravljanja u kompleksnim i specifičnim rudničkim uslovima, što je presudno uticalo i na izbor teme disertacije.

Svim svojim kolegincama, kolegama i prijateljima izražavam zahvalnost na verovanju i podršci.

Svojoj porodici, supruzi Sonji i ćerkama Jasni i Niki, dugujem neizmernu zahvalnost na stalnom podstreku, razumevanju, strpljenju, optimizmu i neiscrpoj veri i ljubavi.

*Velenje,
Juni 2013.*

Marjan Hudej

1. UVOD

Predmet istraživanja

Donošenje odluka i upravljanje aktivnostima, procesima, tokovima, događanjima i sl., svakodnevno i stalno je prisutno u preduzećima, u naučnim, društvenim i drugim institucijama, javnoj upravi, kolektivima, zajednicama, u životu svakog od nas.

Za donošenje dobrih odluka nisu dovoljne samo pouzdane podloge, već i odgovarajuća naučno zasnovana metodološka podrška. Donošenje odluka u cilju adekvatnih upravljačkih delovanja, može biti bazirano na kvalitativnim ili kvantitativnim principima. Kvalitativni način oslanja se na čoveka (eksperta), na njegovo mišljenje, znanje, veštinu, iskustvo, mudrost, inteligenciju, intuiciju, i bez obzira na primenjenu metodologiju, kod donošenja odluka ovakvim pristupom nemoguće je ukloniti upliv subjektivnosti, ili tzv. „subjektivne objektivnosti” [97]. Kvantitativno odlučivanje koje počiva na matematičko-modelskim pristupima, uključuje metriku činilaca kao što su rizik, predviđanje i poređenje ishoda alternativnih odluka. U oba slučaja cilj je pomoći donosiocu odluke da donese najbolju upravljačku odluku.

Donošenje odluka i upravljanje projektima i aktivnostima u rudarstvu u principu su složeni, višeznačni inženjerski zadaci, često visoke osetljivosti i niskog praga tolerancije sa aspekta rizika [60]. Izbor jednog između više mogućih rešenja, predstavlja deo zadatka odlučivanja i upravljanja, koji se odnosi na „prepoznavanje” jedne iz konglomerata alternativa, koja će u postojećim ili zadatim uslovima (ograničenjima) dati najbolje efekte. U ovom postupku

neophodno je definisati cilj ili ciljeve rešavanja zadatka, kriterijume kojima se meri dostizanje cilja/ciljeva i između raspoloživih alternativa izbor onog rešenja koje najbolje dostiže postavljeni cilj/ciljeve. Donošenju odluka u ovakvom postupku, prethodi vrednovanje mogućih alternativnih rešenja [8]. Kada se vrednovanje izvodi u odnosu na jedan kriterijum i determiniše rešenje koje ekstremizira vrednost funkcije cilja, postupak se deklarise kao jednokriterijumska optimizacija.

U rudarstvu se međutim češće susrećemo sa složenije strukturiranim problemima [95], gde se izbor najboljeg iz grupe mogućih alternativna rešenja, izvodi na osnovu više kriterijuma, pa se i postupak indikativno naziva multikriterijumski ili multiatributni, čija su osnovna obeležja [12, 61, 63, 109]:

- Istovremeno postojanje (egzistencija) više kriterijuma, često međusobno oprečnih i konfliktnih;
- Inkompatibilnost mogućih rešenja (jedno rešenje je bolje od drugog rešenja po jednom kriterijumu, a po drugom lošije);
- Nemogućnost definisanja boljeg rešenja bez preferencije donosioca odluke;
- Uključivanje donosioca odluke u postupak, u većoj ili manjoj meri otvara vrata uticaju subjektivnosti ili tzv. „subjektivnoj objektivnosti“.
- Ne postoji rešenje koje je bolje od drugih rešenja po svim kriterijumima, te u strogom matematičkom smislu ne postoji optimalno već kompromisno rešenje problema.

Da bi se definisale ocene alternativnih rešenja, moraju se uporediti njihova obeležja. U ovom postupku važni su odgovori na pitanja: Koju normalizaciju primeniti pri redukciji polazne strukture problema, kako objedinjeno tretirati više kriterijuma, i kako odrediti odstupanja od idealnog rešenja? Odgovore može da pruži multikriterijumska analiza u interakciji sa donosiocem odluka, čiji je funkcija u ovoj fazi postupka mnogo suptilnija i zahtevnija od donošenja konačne odluke. U inicijalnoj fazi postupak obuhvata identifikaciju mogućih alternativnih rešenja, izbor kriterijuma za ocene alternativa, i veoma osetljivo pitanje definisanja preferencija (težinskih faktora ili težina).

Da bismo otklonili potencijalne terminološke dileme ili nesporazume, napominjemo da reč multivarijabilno u disertaciji, nema krutu terminološku ekvivalenciju sa upotrebama ove reči

u matematici ili automatizaciji (kontroli i upravljanju) procesa. U tezi se ona koristi asocijativno, kao reč koja objedinjava više karakterističnih značenja za rudarstvo: promenljivost uslova, sistemsku složenost, često prisutnu konfliktnost, brojnost i fazilogičnost unutrašnjih i okružujućih uticaja. Kod formiranja modela za podršku odlučivanju ona objedinjeno simbolizuje: brojnost i promenljivost ulaznih parametara, alternativa, kriterijuma, preferencija, složenost veza, i sl. U ishodnoj fazi modelske analize, simbolizuje kolebanja multimodelskih rešenja.

Dakle, multivarijabilnost u karakterizaciju rudničkih uslova, u okviru ovih istraživanja, podrazumeva višestruku i višeslojnu, uslovljenu ili neuslovljenu promenljivost: radne sredine (geološka, inženjerskogeološka, hidrogeološka, hidrološka i dr.), tehničkih, tehnoloških, logističkih, berzanskih, tržišnih, ekonomskih, urbanih, ekoloških, socijalnih, geopolitičkih i drugih činilaca. Kod odlučivanja i upravljanja, u ovako shvaćenom ambijentu, nezamenljiva je funkcija multiatributnih i multikriterijumskih modela.

Zavisno od jezičke prikladnosti, u tekstu se ravnopravno koriste termini multikriterijumska ili multiatributna analiza. Sa matematičko-modelskog aspekta [61] kod multikriterijumskog odlučivanja (MKO) prisutne su dve kategorije problema: • Multiciljno odlučivanje (MCO); i • Multiatributno ili multikriterijumsko odlučivanje (MAO/MKO). Smatra se da su problemi MCO dobro struktuirani, a problemi MAO/MKO slabo struktuirani [61, 63]. Navodimo neke od razlika između dobro i slabo struktuiranih problema: kod dobro struktuiranih problema cilj je eksplicitan, kod slabo struktuiranih implicitan; atributi imaju obrnut status; ograničenja su aktivna kod dobro struktuiranih problema, a kod slabo struktuiranih neaktivna; interakcija sa donosiocem odluke je izrazita kod MCO (dobro struktuiranih problema) i relativna kod MAO/MKO (slabo struktuiranih problema), itd. [12]. Ali, bez obzira na ove razlike, osnovni pojmovi su ekvivalentni za obe grupe.

Multikriterijumske probleme odlikuje različitost kriterijuma, sa posledicom, da se u rešavanju jednog problema dobijaju različita rešenja [63], što zadatak izbora najpovoljnije alternative i donošenja upravljačke odluke dodatno komplikuje i čini osetljivijim. Dakle, konačno rešenje zadatka, ne zavisi samo od „ponude” alternativa, izbora kriterijuma i definisanja preferencija, već i od primenjenog modela, metode ili pristupa u analizi [60].

Činjenica da različite metode multikriterijumske, odnosno multiatributne analize daju različita rešenja, i saznanje da je upravljanje projektima i aktivnostima u rudarstvu u multivarijabilnim uslovima, primenom multikriterijumske, odnosno multiatributne analize, nedovoljno istraženo i sagledano, uticalo je na definisanje predmeta i ciljeva istraživanja u okviru doktorske disertacije. Predmet istraživanja fokusiran je na odziv MKO/MAO modela u rešavanju rudničkih problema i na usaglašavanje različitosti rangova i poredaka alternativa u rešenjima. Saglasno ovome, u disertaciji se uporedno analiziraju odzivi četiri najčešće u praksi primenjivana modela (PROMETHE, ELECTRE, VIKOR i AHP) na sledećim rudarskim problemima: izbor tehnološkog sistema površinskog kopa „Majdan III” Potisja iz Kanjiže, rangiranje površinskih kopova tehničkog kamena u blizini Velenja i multifazni sekvencijalni problem izgradnje novog izvoznog okna Rudnika uglja Velenje.

Naučni ciljevi istraživanja

U multivarijabilnom ambijentu mineralno-sirovinskog kompleksa, upravljanje projektima i aktivnostima je zahtevan zadatak sa neposrednim uticajem i posledicama po proizvodno-ekonomske i bezbednosne efekte. U slučajevima kada kod planiranja i donošenja odluka postoji više mogućih rešenja, postavlja se logično pitanje izbora najboljeg rešenja? Pitanje zvuči poznato i jednostavno, ali je put do adekvatnog odgovora često veoma zahtevan, složen, i sa prisutnim rizicima. Konačno rešenje, kako smo već istakli u prethodnom odeljku, ne zavisi samo od razumevanja multivarijabilnosti problema, identifikacije alternativa, izbora kriterijuma i definisanja preferencija, već i od primenjenog modela i tumačenja rezultata u postupku analize. Polazeći od ovoga, ciljevi istraživanja u okviru doktorske disertacije, orijentisani su ka: sagledavanju specifičnosti donošenja odluka i upravljanja u multivarijabilnim rudničkim uslovima, karakterizaciji MKO/MAO modela, ka analizi ponašanja modela u realnim uslovima, i identifikaciji postupka izbora najboljeg (kompromisnog) rešenja ponuđenim modelskim odgovorima.

Osnovne polazne postavke u istraživanjima

Kao rudarski stručnjak koji je dugo radio na eksploataciji uglja u Rudniku uglja Velenje, a danas kao rukovodilac Rudarsko-građevinskog preduzeća u Velenju, na izgradnji rudarskih i drugih objekata, dakle u stalnom kontaktu sa rudničkim problemima, suočavao sam se sa problemom pristupa kod donošenja dugoročnih, konceptijskih ili operativnih upravljačkih

odluka, naročito kod upravljanja projektima i u operativnim inženjerskim aktivnostima. Analiza informativnih izvora koji se odnose na pristupe u upravljanju, posebno u rudničkim multivarijabilnim uslovima, pokazuje da ova tema u istraživanjima još uvek nije prisutna u obimu primerenom njenom značaju za mineralno-sirovinski kompleks. To je iniciralo ideju o izboru teme doktorske disertacije, i uticalo na definisanje koncepcije istraživanja, sa polazištima: (1) Nedovoljna sagledanost i istraženost predmetnog problema; (2) Potreba integrisanog sagledavanja odziva i primenljivosti u realnim uslovima postojećih matematičko-modelskih alata; (3) Nepostojanje preporuke metričnog izbora matematičkog modela u postupku odlučivanja; (4) Otvoreno pitanje načina izbora kompromisnog rešenja kada se multimodelska rešenja međusobno razlikuju.

PROGRAM ISTRAŽIVANJA

U funkciji postavljenog spoznajnog cilja, program istraživanja obuhvata tri faze: Prva faza obuhvata sagledavanje, otvaranje i definisanje problema odlučivanja i upravljanja u multivarijabilnim rudničkim uslovima, kao i karakterizaciju modela i metoda za podršku; Druga faza odnosi se na eksperimentalna istraživanja, odnosno testiranja i praktične provere četiri u praksi najčešće korišćena matematičko-modelska pristupa (PROMETHE, ELECTRE, VIKOR, AHP) za podršku odlučivanju i upravljanju, primenjena na dva segmentna problema (izbor tehnološkog sistema površinskog kopa „Majdan III”, i rangiranje pet površinskih kopova tehničkog kamena u blizini Velenja) i na jednom sekvencijalnom (izgradnja okna Rudnika uglja Velenje) sa četiri problemske sekvence - projektovanje, prostorno pozicioniranje, tehnologija izgradnje i izgradnja okna; Oslanjanjem na saznanja i zapažanja iz prethodne dve, u trećoj fazi razvijen je algoritam ”proceduralnog postupka” za definisanje kompromisnog rešenja u slučaju odstupanja multivarijabilnih poredaka alternativa. Na kraju, u zaključku, osim sažete ocene ostvarenog u istraživanjima, dato je sagledavanje daljih istraživanja na predmetnom polju.

Metodologija istraživanja

Metodologija rada, prilagođena temi doktorske disertacije, mogućnostima, programu i ciljevima istraživanjima, bazira na kombinovanju teorijskih i saznanja eksperimentalnim istraživanjima, obuhvatila: Proučavanja postojećih iskustava i dostignuća na predmetnom polju—analizom literaturnih, Internet i drugih raspoloživih izvora informacija. Deduktivni zaključci, omogućili su postavljanje eksperimentalnog plana i izbor modela MKO/MAO za

izvođenje opita u virtuelnim uslovima. U metodološkom postupku sledilo je definisanje vrednosne metrike, izvođenje eksperimentalnih testova u cilju praktične primenljivosti multimodelskog pristupa i definisanje algoritma kompromisnog izbora najboljeg rešenja. U završnoj fazi, na osnovu rezultata istraživanja i saznanja, izvedena je ocena i dat predlog daljih istraživanja.

Dostignuća na predmetnom polju u svetu

Kao polazni izvor sagledavanja ostvarenog na predmetnom polju poslužio je Internet. Prilikom pretraživanja na Internetu na ključne reči iz naziva disertacije „multivarijabilni modeli, upravljanje, rudarstvo” dobijeno je 2.097 rezultata, priključivanjem reči „multiatributni i multikriterijumski modeli” broj odrednica povećao se na 9.055.

Zbog načina selekcije bibliografskih jedinica pri pretraživanju na Internetu, prethodni podaci mogu se prihvatiti samo kao okvirni pokazatelji koji ukazuju na aktuelnost i značaj teme doktorske disertacije.

Pretraživanjem po istom ključu u časopisima iz operacionih istraživanja, kao što su Journals of Operational Research Society, American Journal of Operational Research, International Journal of Operational Research i Asia Pacific Journal of Operational Research, broj odrednica je u proseku manji od deset. U Interfaces Operations Research Journal, koji povremeno izdaje posebnu svesku posvećenu primeni operacionih istraživanja u rudarstvu, broj predmetnih odrednica je 17.

U rudarskim časopisima sa SCI liste, Journal of Mining Science (Russian Academy of Sciences / Springer), Archives of Mining (Polish Academy of Sciences), The Journal of the Southern African (Institute of Mining and Metallurgy), International Journal of Mining Reclamation and Environment (Taylor & Francis LTD), International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences (Pergamon-Elsevier Science LTD), poslednjih godina primetan je značajan porast radova na temu primene matematičko-modelskih alata u podršci odlučivanju i upravljanju u rudarstvu. Prema našem mišljenju, ovo je logična posledica razvoja i sve veće primene operacionih istraživanja (OI) u rudarstvu, sa jedne, a sa druge strane prikladnosti kvantitativnih modela OI za analize u multivarijabilnim rudničkim uslovima. Poslednjih godina dominiraju radovi autora iz Turske i Irana, što je verovatno posledica tehnološkog napretka, intenziviranja i materijalnog jačanja rudarske privrede i

inženjerstva u ovim zemljama. Dominiraju radovi sa temama o primenama multikriterijumske/multiatributne analize u rešavanju širokog spektra rudničkih problema [10, 41], naročito u rešavanju multivarijabilnih tehnoloških problema, zatim kod struktuiranja opreme pri projektovanju, kod definisanja metoda eksploatacije, kod donošenja odluka o nameni zemljišta u posteksploatacionom periodu, rekultivacije, revitalizacije, uređenja predela i sl. [2, 7, 9, 15, 36, 40, 44, 59, 82, 107].

Na jezicima balkanskih naroda, najviše je štampano knjiga o multiciljnoj, multikriterijumskoj/multiatributnoj analizi na srpskom jeziku (Čupić, Opricović, Borović-Nikolić, Vujošević, Petrović i dr.). Inženjerskom poučnošću izdvaja se monografija S. Opricovića „Višekriterijumska optimizacija” (Naučna knjiga, Beograd, 1986).

Na do sada održanih 39 Simpozijuma o operacionim istraživanjima (SymOpIs) saopšteno je i objavljeno više od 400 radova na ovu temu, a u uglednom međunarodnom časopisu YUJOR (Yugoslav Journal of Operations Research) koji izlazi u Beogradu, preko 70 radova.

U komparativnom pozicioniranju doktorske disertacije sa istraživanjima, dostignućima i trendovima na ovom polju u svetu, osim aktuelnosti, disertaciju odlikuje originalnost u multivarijabilnom pogledu na problem, istraživačkom pristupu i ishodnom rezultatu u formi algoritma ”proceduralnog postupka” za iznalaženje kompromisnog rešenja u slučaju kolebanja, odnosno odstupanja multimodelskih poredaka (rangova) alternativa. U prilog obeležju originalnosti, ide nepostojanje ekvivalentnog bibliografskog uzora, bar autoru disertacije on nije poznato.

U nastavku su dati osnovni prikazi nekih od radova, koji prema našem mišljenju karakterišu savremene trendove primene multiatributne, multikriterijumske i multiciljne analize u podršci odlučivanju u rudarstvu.

- *Narrei S., Osanloo M., POST-MINING LAND-USE METHODS OPTIMUM RANKING, USING MULTI ATTRIBUTE DECISION TECHNIQUES WITH REGARD TO SUSTAINABLE RESOURCES MANAGEMENT / OPTIMALNO RANGIRANJE POSTEKEPLOATACIONOG ZEMLJIŠTA SA ASPEKTA ODRŽIVOG RAZVOJA, KORIŠĆENJEM MULTIATRIBUTNE TEHNIKE. OIDA International Journal of Sustainable Development, Vol. 2, No. 11, 2011, 65-76.*

Autori u radu polaze od stava da razvoj rudarskih radova treba voditi saglasno sa principima održivog razvoja kako bi se osigurao neometan razvoj rudnika i ostvarila socijalna, ekonomska i ekološka održivost. Takođe ističu da je izbor načina rekultivacije površina degradiranih eksploatacionim radovima, složen problem multikriterijumskog karaktera koji se timski rešava (projektni tim). Izazovi održivog razvoja postavljeni pred današnje rudarstvo, zahtevaju sveobuhvatan, interdisciplinarni pristup baziran na pouzdanim podacima i transparentnoj metodologiji kvantifikacije. U radu su izloženi rezultati istraživanja sa predlogom kombinovanog multikriterijumskog pristupa u procesu donošenja odluka (MCDM – *Multi Criteria Decision Making*) prilikom evaluacije namene zemljišta nakon završenih rudarskih radova. U ovu svrhu korišćena je MLSA analiza (*Mined Land Suitability*

Analysis) sa pedeset evaluacionih atributa i devet alternativnih namena zemljišta eksploatacionog polja posle završenih rudarskih radova. Korišćena je i entropija, metoda najmanjih kvadrata sa težinskim faktorima i AHP metoda sa ciljem dobijanja relativnih težina atributa. Korišćenjem ova tri pristupa, nakon determinacije vektora težina atributa, formirana je ulazna (početna) matrica rangiranja (odlučivanja). Rangiranje alternativa izvedeno je: SAW (Simple Additive Weighting), TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) i metodom Kompromisnog programiranja. Zbog specifičnosti metoda, njihovih dobrih i loših strana, dobijeni su skupovi različitih rangova, te je za potrebe dalje agregacije i definisanja konačnog redosleda alternativa korišćena statistika. U datim uslovima građevinska namena zemljišta dobila je najviši rang.

- *Soltanmohammadi H., Osanloo M. Rezaei B. Aghajani Bazargaji A.,* ACHIEVING TO SOME OUTRANKING RELATIONSHIPS BETWEEN POST MINING LAND USES THROUGH MINED LAND SUITABILITY ANALYSIS / OCENE NEKIH TEHNIKA DODELJIVANJA RANGOVA ZEMLJIŠTIMA NA KOJIMA SU VRŠENI RUDARSKI RADOVI KORIŠĆENJEM ANALIZE POGODNOSTI OTKOPANOG ZEMLJIŠTA, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5 (4), 2008, 535-546.

Rad ima sličnosti sa narednim radom u ovom odeljku, autori su isti, različitost je u korišćenju metode ELECTRE. U uvodu se konstatuje da je utvrđivanje najpogodnije namene korišćenja degradiranog zemljišta multidimenzioni problem i da postoji veliki broj činilaca sa jakim uticajem na donošenje odluka. U analizi je korišćen radni okvir sa pedeset uticajnih činilaca, uključujući ekonomske, socijalne, tehničke i lokacijske. Analiza je izvedena metodom eliminacije i izbora koji oslikava realnost, odnosno metodom ELECTRE. Globalni težinski faktori atributa izračunati su pomoću uparenih matrica, primenom AHP metode. Težinski faktori su implementirani u proračun metodom ELECTRE, na osnovu čega je određena najefikasnija alternativa namene posteksploatacionog zemljišta. Postupak je demonstriran na konkretnoj situaciji (primeru), rezultati izračunavanja pokazali su da se izdvajaju dve nedominirajuće alternativne namene degradiranog zemljišta, to je industrijska i namena za pašnjake. Sa povećanjem praga indiferencije, nedominirajući set je redukovano na jednu alternativu, to je pašnjačka namena.

- *Bascetin A.,* A DECISION SUPPORT SYSTEM USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) FOR THE OPTIMAL ENVIRONMENTAL RECLAMATION OF AN OPEN-PIT MINE / SISTEM ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU UZ UPOTREBU ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA (AHP) U cilju OPTIMALNE REKULTIVACIJE POVRŠINSKOG KOPA, *Environ Geol*, 52, 2007, 663–672.

Izbor najpogodnijeg načina rekultivacije je jedan od zadataka prilikom projektovanja površinskih kopova i planiranja eksploatacionih radova. Osim na ekološke i efekte zaštite životne sredine, koncepcija rekultivacije utiče na ekonomske pokazatelje projekta površinskog kopa. To problem izbora načina rekultivacije svrstava u kategoriju složenih problema multikriterijumskog tipa, čije rešavanje zahteva učešće ekspertskog tima sastavljenog od stručnjaka iz različitih oblasti. Autor smatra da se timski proces donošenja odluka može unaprediti primenivanjem sistematskog i logičkog pristupa prilikom procene prioriteta mogućih rešenja, i u tom smislu prepoznaje metod analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) kao pogodan za postizanje konsenzusa prilikom integralnog animiranja više donosilaca odluka sa različitim i suprotstavljenim ciljevima. U radu je predstavljena evaluacija izbora optimalnog načina rekultivacije upotrebom AHP modela na primeru rudnika uglja u oblasti Seyitomer u Turskoj. U zaključku rada autor iznosi ocenu da AHP pristup unapređuje grupno odlučivanje, da se postiže visoka sistematičnost i znatno skraćuje vreme izbora optimalnog rešenja.

- *Kamali-Bandpey H., Alinejad-Rokny H., Khanbabapour H., Rashidinejad F.,* OPTIMIZATION OF FIRING SYSTEM UTILIZING FUZZY MADM METHOD-CASE STUDY: GRAVEL MINE PROJECT IN GOTVAND OLYA DAM-IRAN / OPTIMIZACIJA SISTEMA AKTIVIRANJA MINA UPOTREBOM FAZI MADM METODA: PROJEKAT RUDNIKA GOTVAND OLYA DAM-IRAN, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12): 2011, 1089-1097.

Rad je zanimljiv zbog specifičnog rudničkog problema, izbora načina paljenja mina, na kome je promenjeno multiatributivno rangiranje. U radu se ističe da izbor načina paljenja mina ima značajnu ulogu na svakom rudniku gde se ova tehnologija razaranja stenske mase primenjuje, i konstatuje da brojni parametri miniranja, tehnički (brzina detonacije, izvršna pouzdanost vremena kašnjenja, osetljivost na varijacije u minskom polju, itd.), bezbednosni (razletanje komada, kontrola zone u kojoj se obavlja miniranje, buka, seizmika, itd.) i troškovni, imaju ključni uticaj prilikom izbora načina paljenja. U radu su analizirane tri opcije paljenja mina, elektro detonator, kapisla i Nonel. Fazi logika (FUZZY TOPSIS pristup) je korišćena za rangiranje alternativa. Prema

ovoj analizi Nonel opcija sa najvećim stepenom saglasnosti (0,5181) je najpogodnija, sledi opcija sa elektro detonatorom sa saglasnošću za 2 (%) manjom, i zatim opcija kapisle sa 8(%) manjom saglasnošću.

- *Viera F.M.C.C.*, UTILITY-BASED FRAMEWORK FOR OPTIMAL MINE LAYOUT SELECTION, SUBJECT TO MULTIPLE-ATTRIBUTE DECISION CRITERIA / NA KORISNOSTI ZASNOVAN OKVIR ZA IZBOR OPTIMALNOG PROSTORNOG RASPOREDA RUDNIKA PREMA KRITERIJUMU MULTIATRIBUTNOG ODLUČIVANJA, Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries (APCOM), South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, 133-150.

U radu se analiziraju četiri alternative podzemne eksploatacije rudnog tela na velikoj dubini. U tu svrhu koristi se interdisciplinarni evaluacioni proces koji je obuhvata: generisanje 3D geološkog modela radne sredine; idejno rešenje eksploatacije, dinamika proizvodnje za ceo životni vek rudnika, analizu očekivanih uslova ventilacije i klimatizacije rudnika, proučavanje rizika usled naponsko deformacionog stanja stenskog masiva prouzrokovanog izvođenjem rudarskih radova na izuzetno velikim dubinama, logističke implikacije transporta ljudi, stena i materijala, i ekonomske implikacije svake od opcija. I kada su dostupni svi podaci integralne procene projekta rudnika, inženjeri su suočeni sa veoma složenim pitanjem kako identifikovati optimalnu alternativu projekta rudnika u ambijentu kada se simulacijom razmatraju brojne procene uz više kriterijuma odlučivanja? Autor rešenje vidi u primeni generičke metodologije odlučivanja, korišćenjem principa „korisnosti“. Metodologija počiva na pretpostavci da „jedno vrednosne procene rizika“ ne uzimaju u obzir varijabilnost realnih uslova. Zato su procene rizika predstavljene statističkim distribucijama njihovih inkrementalnih promena, svakako tamo gde je to moguće, a stohastičke promenljive koriste se kao ulazne u šemu odlučivanja baziranu na „korisnosti“. Metodologija nudi radni okvir u kome se odluke donose simultanim razmatranjem interakcija između rizika različitih domena.

- *Adnani S., Sereshki F., Alinejad-Rokny H., Bandpey-Kamali H.*, SELECTION OF TEMPORARY VENTILATION SYSTEM FOR LONG TUNNELS BY FUZZY MULTI ATTRIBUTES DECISION MAKING TECHNIQUE / IZBOR PRIVREMENOG VENTILACIONOG SISTEMA DUGAČKIH TUNELA FAZI MULTIATRIBUTNIM ODLUČIVANJEM, American Journal of Scientific Research, 29, 2011, 83-91.

U radu se ističe da kada je dužina tunela veoma velika, ventilacija jednog tunelskog portala je složena, skupa i da ne adekvatan ventilacioni sistem utiče na smanjenje efikasnosti izgradnje tunela. U okviru rada, eksperimentalno je izvršen izbor ventilacionog modela sa akcentom na ekspertsko iskustvo stručnjaka koji donosi odluke, sa procenom prednosti, ograničenja i nedostataka svake alternative. U rešavanju ovog zadatka, u skladu sa ograničenjima u kriterijumima za donošenje odluka, pretežno se susrećemo sa problemima u čijem se rešavanju koriste različiti kriterijumi. Prema izloženom pristupu, nakon utvrđivanja svih alternativa, efektivnih kriterijuma i podkriterijuma za izbor najbolje alternative, izvodi se analiza AHP metodom. U realnim situacijama, zbog nepotpunih informacija ili informacija do kojih je nemoguće doći, podaci (atributi) najčešće nisu deterministički, već fazi – neprecizni. Ovaj pristup je korišćena kod izbora metode ventilacije tunela za vodu Karaj (deo ET-K) u Iranu.

- *Yang T., Chunwei K.*, A HIERARCHICAL AHP/DEA METHODOLOGY FOR THE FACILITIES LAYOUT DESIGN PROBLEM / HIJERARHIJSKA AHP/ DEA METODOLOGIJA U PROJEKTOVANJU POSTROJENJA, European Journal of Operational Research 147, 2003, 128-136.

Projektovanje postrojenja je u interakciji sa performansama proizvodnog ili uslužnog industrijskog sistema i obično je multiciljni problem. Autori ističu da algoritamska i proceduralna metodologija, u principu standardno prisutna u projektovanju, najčešće nije dovoljno efikasna u rešavanju praktičnih problema prilikom projektovanja, te se u radu zagovara AHP i DEA pristup kao načini za premošćavanje ove vrste problema. Navodi se da je računarski podržani alat za projektovanje korišćen za generisanje alternativnih rešenja postrojenja. Težine kvalitativnih parametara alternativnih rešenja utvrđene su AHP metodom. DEA je zatim korišćena za multiciljnu analizu. Praktični primer predstavljen u radu, potvrđuje efikasnost predložene metodologije.

- *Taho Y, Chib-Ching H.*, MULTIPLE-ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS FOR PLANT LAYOUT DESIGN PROBLEM / MULTIATRIBUTNE METODE DONOŠENJA ODLUKA U PROJEKTOVANJU POSTROJENJA, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 23, 2007, 126–137.

U radu se konstatuje da veći deo postojeće literature o projektovanju koristi surogatnu funkciju dužine toka (procesa) ili metodologiju pojednostavljenih ciljeva sa obuhvatom lokalnih optimuma, što zbog multiatributne prirode procesa donošenja odluka u domenu projektovanja dovodi do lošeg projekta. Istraživanje predstavljeno u radu koristi MADM pristup sa primenom metoda: TOPSIS i fazi TOPSIS u rešavanju problema projektovanja. Empirijski rezultati pokazali su da su predložene metode primenljive u rešavanju predmetnog problema. Zaključak je da je TOPSIS primenljiv i pogodan za precizno vrednovanje performansi. Kada se radi sa nejasnim i nepreciznim vrednostima performansi, fazi TOPSIS je prikladniji.

- *Bitarajan M.R., Ataei M., MINING METHOD SELECTION BY MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING TOOLS / IZBOR METODE OTKOPAVANJA ALATIMA MULTIKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA*, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy October 2004, 493-498.

Autori ističu da je izbor metode otkopavanja prvi i najvažniji problem u projektovanju rudnika, i da je to iskustvo i nauka. Prilikom izbora, razmatraju se različiti faktori kao što su geološki, geotehnički, ekonomski, geografski i dr. Rudarski inženjer mora izbalansirati ulazne parametre i odabrati najpogodniju metodu. Selekcija parametara koji utiču na izbor metode otkopavanja i determinacija njihovih preferencija je zahtevan i odgovoran inženjerski zadatak. U tom smislu rad prezentuje multikriterijumski pristup selekcije parametara koji utiču na izbor metode otkopavanja i izračunavanja njihovih težinskih faktora. Ishodni cilj ovih istraživanja je definisanje metodologije izbora optimalne metode otkopavanja rudniku gvožđa Gol-Gohar.

- *De Keyser W., Peeters P., A NOTE ON THE USE OF PROMETHEE MULTICRITERIA METHODS / BELEŠKA UPOTREBE MULTIKRITERIJUMSKE PROMETHEE METODE*, European Journal of Operation Research, 89, 1996, 457-461.

Rad je posebno interesantan sa aspekta disertacije, u njemu se polazi od konstatacije da su u familiji metoda rangiranja, PROMETHEE metode veoma popularne. Autori su mišljenja da je jedan od razloga popularnosti aplikativni softvera PROMCALC – PROMethee CALCulation, koji sve veći broj stručnjaka koristi u rešavanju multikriterijumskih problema. Međutim autori skreću pažnju da mnogi korisnici nisu svesni posledica pretpostavki modela PROMETHEE. U radu je dat kratak pregled nekih nedostataka PROMETHEE modela koje korisnici moraju poznavati i izbegavati.

- *Bangjan A. H., Ataei M., Sayadi A., Gholinejad A., FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESSING TO DEFINE OPTIMUM POST MINING LAND USE FOR PIT AREA TO CLARIFY RECLAMATION COSTS / FAZI ANALITIČKO HIJERARHIJSKI PROCES DEFINISANJA OPTIMALNE POSTEKSPLOATACIONE NAMENE ZEMLJIŠTA SA ASPEKTA TROŠKOVA REKULTIVACIJE*, Archives of Mining Sciences, Vol. 27 (2), 2011, 145-168.

Rad je sa aspekta teme doktorske disertacije posebno zanimljiv pošto problem donošenja odluka u fazi obustave radova na površinskom kopu posmatra kao niz integrisanih procedura. Autori ističu da se procedure rekultivacije degradiranog zemljišta površinskom eksploatacijom sastoje od brojnih aktivnosti u cilju prevencije, praćenja i kontrole smanjenja uticaja na životnu sredinu tokom životnog veka rudnika, od istraživanja, eksploatacije do zatvaranja rudnika i nakon toga. Posle obustave radova na rudniku, započinje PMLU (*Post Mining Land Use – posteksploataciono korišćenje zemljišta*) faza, izbor odgovarajućeg načina korišćenja degradiranog zemljišta. Površinskom eksploatacijom zahvaćeno zemljište koristi se za izvođenje eksploatacionih radova, za odlaganje jalovine, puteve, za prateće objekte ili kao slobodne zone koje nisu obuhvaćene radovima. Odabrani PMLU za svaki segment zemljišta na osnovu razmatranih stanovišta u radu figuriše kao OPMLU (*Optimal Post Mining Land Use – Optimalno posteksploataciono korišćenje zemljišta*), sa ključnim parametrima koji utiču na kvalitet i obim procedura zatvaranja rudnika, procese rekultivacije, revitalizacije i prostornog uređenje, i troškove. U sklopu integrisanih razmatranja, definisanje UPL (*Ultimate Pit Limit*) završne granice površinskog kopa, uz zatvaranje rudnika i rekultivaciju eksploatacionog polja, od suštinskog je uticaja na troškove celog projekta. Zato je u vazni projektovanja važno definisanje OPMLU za svaki segment zemljišta. Pošto postoji više PMLU alternativa, više kriterijuma, atributa i podatributa za definisanje OPMLU, za rešavanje ove vrste problema pogodne su metode multiatributnog odlučivanja (MADM). U fazi pristupu koriste se opsezi brojnih vrednosti umesto apsolutnih vrednosti, te autori smatraju da upotreba fazi MADM modelovanja može dati pouzdanije rezultate. Pošto su uparena poređenja i ocene iskazane fazi brojevima u konzistenciji sa prirodom realnih parametara kojima se definišu OPMLU, razvijen je OPMLU model na bazi fazi analitičke hijerarhijske obrade (*FAHP – Fuzzy analytical Hierarchy Processing*). Model je primenjen na primeru rudnika bakra Sungun na severozapadu Irana.

- Kesimal A., Basçetin A., APPLICATION OF FUZZY MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING IN MINING OPERATIONS / PRIMENA FAZI MULTIATRIBUTNOG ODLUČIVANJA U RUDARSTVU, *Mineral Resources Engineering*, Vol. 11, No. 1, 2002, 59-72.

U radu je prikazano fazi multiatributno odlučivanje kao inovativno sredstvo za agregaciju kriterijuma u problemima odlučivanja u rudarstvu. Prema mišljenju autora, do sada je predloženo više različitih metoda za rešavanje ove kategorije problema u rudarstvu, ali se u većini koriste linearne funkcije cilja (optimizacije). Međutim u realnim okolnostima podrazumeva se da se odluke donose pod subjektivnim uticajima i kompromisima između kriterijuma koji se koriste. Saglasno ovome, u radu je dat pregled teorijskih osnova multikriterijumskog odlučivanja u fazi okruženju, prikazi nekih od primena, kao što je izbor opreme u površinskoj eksploataciji i izbor metode otkopavanja u podzemnoj eksploataciji. U zaključku se kao ključna prednost ističe fleksibilna priroda pristupa.

- Bazzazi A. A., Osanloo M., Karimi B., DERIVING PREFERENCE ORDER OF OPEN PIT MINES EQUIPMENT THROUGH MADM METHODS: APPLICATION OF MODIFIED VIKOR METHOD / IZBOR OPREME POVRŠINSKOG KOPA MULTIATRIBUTNOM METODOM: PRIMENA MODIFIKOVANE VIKOR METODE, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.043>.

Autori ukazuju na problem izbora najpovoljnijeg rešenja kod multiatributnog odlučivanja ukazujući, da u praksi gotovo da nema slučajeva u kome jedna alternativa zadovoljava sve kriterijume maksimalno, što upućuje na zaključak o poželjnosti kompromisnog rešenja. U tom smislu u radu se ukazuje na VIKOR metodu kao pogodnu metodu za multikriterijumsku optimizaciju složenih problema i u slučajevima postojanja konfliktnosti kriterijuma. U cilju eliminacije ili minimizacije neizvesnosti ili neodređenosti zbog subjektivne percepcije donosioca odluke, autori u radu predlažu model zasnovan na determinističkim podacima, fazi brojevima, intervalskim vrednostima i verbalnim promenljivim. Mogućnosti ovakvog pristupa demonstrirane su na primeru izbora opreme površinskog kopa.

- Alpay S., Yavuz M., UNDERGROUND MINING METHOD SELECTION BY DECISION MAKING TOOLS / IZBOR METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE POMOĆU ALATA ZA ODLUČIVANJE, *Tunneling and Underground Space Technology*, Elsevier, Vol. 24, No. 2, March 2009, 173–184.

Pri projektovanju rudnika jedna od najodgovornijih odluka je izbor metode podzemne eksploatacije. U radu se ističe da je to podjednako važno sa ekonomskog, bezbednosnog i proizvodnog aspekta, i da je to u realnim situacijama problem multiatributnog odlučivanja. U radu je demonstrirana primena AHP metode kod donošenja odluke o multikriterijumskom izboru najprikladnije metode podzemne eksploatacije.

- Yavuz M., SELECTION OF PLANT LOCATION IN THE NATURAL STONE INDUSTRY USING THE FUZZY MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING METHOD/ IZBOR LOKACIJE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU PRIRODNOG KAMENA UPOTREBOM METODE FAZI MULTIKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA, *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 108, October 2008, 641 -649.

Utvrđivanje najpogodnije lokacije postrojenja je jedan od češćih problema u rudarskom inženjerstvu. U radu je prikazan FMADM (*fuzzy multiple attribute decision making – fazi multiatributno odlučivanje*) model, razvijen za potrebe izbora optimalne lokacije postrojenja za proizvodnju kamena. U cilju utvrđivanja optimalne lokacije novog postrojenja za proizvodnju kamena, planiranom u regionu Eskisehir u Turskoj, sprovedena je analiza primenom FMADM modela i AHP metode. Analiza je pokazala da je FMADM pristup lako primenljiv na problem izbora lokacije postrojenja, za razliku od AHP metode kod koje postoje izvesne teškoće u primeni.

- Hekmat, A., Osanloo, M., Shirazi A., NEW APPROACH FOR SELECTION OF WASTE DUMP SITES IN OPEN PIT MINES / NOVI PRISTUP ZA IZBOR ODLAGALIŠTA POVRŠINSKOG KOPA, *Mining Technology*, Vol. 117, No. 1, 2008, 24-31(8).

Autori navode da stalno prisutna zabrinutost javnosti zbog straha od ekoloških posledica površinske eksploatacije mineralnih sirovina, primorava na veoma oprezan pristup kod izbora lokacije odlagališta. U radu se preporučuje multiatributno odlučivanje kod rangiranja potencijalnih lokacija odlagališta, integracijom rešenja dobijenih različitim metodama. Autori zaključuju da da ovakav pristup obezbeđuje najviši nivo objektivnosti.

- *Monjezi M., Dehghani H., Singh T. N., Sayadi A. R., Gholinejad A.*, APPLICATION OF TOPSIS METHOD FOR SELECTING THE MOST APPROPRIATE BLAST DESIGN / PRIMENA TOPSIS METODE KOD IZBORA MINIRANJA, Arabian journal of geosciences, Vol. 5, No. 1, 2012, 95-101.

U uvodu se konstatuje da miniranje treba da istovremeno zadovolji više kriterijuma, kao što su granulacija, seizmika, bezbednost, troškovi i dr. Da bi se pri projektovanju minerskih radova došlo do najboljeg rešenja, u analizi se istovremeno moraju uzeti u obzir svi kriterijumi. Sa tog aspekta autori u radu analiziraju i preporučuju primenu TOPSIS metode, na primeru rudnika Tajareh. Multiatributivna analiza izvedena TOPSIS metodom, preporučila je najbolju odluku, a to je minskog polja sa 10 bušotina prečnika 64(mm).

- *Musingwini C.*, TECHNO-ECONOMIC OPTIMIZATION OF LEVEL AND RAISE SPACING IN BUSHVELD COMPLEX PLATINUM REEF CONVENTIONAL BREAST MINING / TEHNO-EKONOMSKA OPTIMIZACIJA RASTOJANJA IZMEĐU HORIZONATA I USKOPA NA PLATINSKOM GREBENU BUŠVELD KOMPLEKSA PRI OTKOPAVANJU TRADICIONALNOM ĆEONOM METODOM, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. Vol. 110, August 2010, 425 -436.

Rad je posebno interesantan sa aspekta teme ove doktorske disertacije. Bušveld kompleks je ekonomski veoma značajan i strateški važan za Južnoafričku Republiku, pa je imperativ eksploatacije ostvariti optimalnu ekstrakciju platinske grupe metala. Prema autoru optimalna ekstrakcija podrazumeva da se maksimalna količina rude otkopa i transportuje, uz minimalnu količinu jalovine u što kraćem vremenskom periodu, sa najnižim troškovima, na najbezbedniji i najprihvatljiviji način u pogledu zaštite životne sredine. U projektovanju površinske eksploatacije, pored ovih parametara vodi se računa o minimizaciji koeficijenta otkrivke, a u projektovanju podzemne eksploatacije o minimizaciji količine jalovine. Sedamdeset procenata radova podzemne eksploatacije u Bušveld-u odvija se u jalovinskim ili delimično jalovinskim stenskim masama, što je autora navelo na ideju o optimizaciji rastojanja između podzemnih rudničkih prostorija, odnosno između horizonata i uskopa. On zaključuje da je optimizacija rastojanja između horizonata i uskopa tipičan MCDA tehnokonomski problem te da u njegovom rešavanju treba primeniti MCDA metodologiju (tehniku). Autor izdvaja kao najpovoljniju AHP metodu. Na primeru rudnog tela OB1, izdvojenog kao tipično za ležišta platinonosnog grebena Bušveld kompleksa, utvrđeno je optimalno vertikalno rastojanje između horizonata 30-50 (m), a između uskopa na 180 – 220 (m). Dobijeni rezultati pozitivno su ocenjeni u industriji platine Južnoafričke Republike.

- *Zhongliang Yue*, EXTENSION OF TOPSIS TO DETERMINE WEIGHT OF DECISION MAKER FOR GROUP DECISION MAKING PROBLEMS WITH UNCERTAIN INFORMATION / PROŠIRENJE TOPSIS-a ZA ODREĐIVANJE TEŽINA DODONIOCA ODLUKE U RPOBLEMU GRUPNOG ODLUČIVANJA SA NEIZVESNIM INFORMACIJAMA, Expert Systems with Applications, Vol. 39, No. 7, 2012, 6343–6350.

U radu se polazi od konstatacije da je definisanje relativnog značaja svake odluke veoma važno u procesu grupnog donošenja odluka, i u tom smislu predlaže se da se ponderi za donosiocje odluka, koji proističu iz pojedinačnih odluka, određuju proširenom TOPSIS metodom. Sve pojedinačne idealne odluke predstavljene su matricama, pozitivno idealno rešenje je presek svih pojedinačnih odluka, a negativno idealno rešenje je unija svih pojedinačnih rešenja. Urađena su poređenja sa drugim metodama in na konkretnom primeru demonstrirana je primena predloženog pristupa.

- *Dagdeviren M.*, DECISION MAKING IN EQUIPMENT SELECTION: AN INTEGRATED APPROACH WITH AHP AND PROMETHEE / ODLUČIVANJE U IZBORU OPREME: INTEGRISANI AHP I PROMETHEE PRISTUP, Journal of intelligent manufacturing, Vol. 19, No. 4, 2008, 397-406.

U uvodu rada konstatuje se da je izbor opreme od presudnog značaja za efikasnost proizvodnog sistema, i zaključuje da loš izbor opreme može generisati brojne problem sa negativnim uticajima na produktivnost, kvalitet, pouzdanost, tačnost i dr. Rešenje problema autor vidi u integrisanoj primeni AHP i PROMETHEE metode, odnosno u pristupu u kome AHP metoda ima analitičko-hijerarhijsku funkciju, a PROMETHEE funkciju evaluacije rangiranja. Dakle AHP metoda se koristi u strukturalnoj analizi problema izbora opreme i za utvrđivanje kriterijumskih težina, a PROMETHEE za konačno rangiranje analiziranih opcija i ocenu osetljivosti težina.

- Peng Y., Zhang Y., Tang Y., Shiming L., AN INCIDENT INFORMATION MANAGEMENT FRAMEWORK BASED ON DATA INTEGRATION, DATA MINING, AND MULTI-CRITERIA DECISION MAKING / OKVIR ZA UPRAVLJANJE INFORMACIJAMA O INCIDENTU BAZIRAN NA INTEGRACIJI PODATAKA, RUDARENJU PODATAKA I MULTIKRITERIJUMSKOM ODLUČIVANJU, Decision Support Systems, Vol. 51, No. 2, May 2011, 316–327.

Prema autorima incidentni menadžment u harmoniji sa nekoliko izazova treba da omogući efikasno upravljanje informacionim sistemom. Dakle treba da podrži heterogene distribuirane podatke o incidentima, da dozvoli donosiocima odluke da detektuju anomalije, da izdvoje korisna saznanja, da pomogne donosiocu odluka u proceni rizika i prilikom izbora odgovarajuće alternative u toku incidenta, i obezbedi izdiferencirane usluge uz zadovoljenje zahteva u različitim fazama incidentnog upravljanja. U radu se predlaže incidentni okvir sa tri komponente za upravljanje informacijama. Prvi nivo je nivo integracije podataka, drugi nivo se odnosi na „prekopavanje” (pretraživanje) po podacima, i treći je nivo multikriterijumskog odlučivanja. Vrednosna potvrda predloženog pristupa, u radu je prezentovana na primeru agrometeoroloških katastrofa koja su se dogodile u Kini između 1997. i 2001. godine. Studija slučaja pokazuje da pristup pruža objektivnu i sveobuhvatnu procenu rizika od incidenta.

- S. Vujića sa saradnicima, Radovi: MODEL REGIONALNOG PLANIRANJA PROIZVODNJE NA MALIM LEŽIŠTIMA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA, Zbornik radova, Naučno-stručni skup istraživanje i korišćenje malih ležišta mineralnih sirovina i koncesija, Beograd, 1993, 1-5; MULTICRITERIUM MATHEMATICS - MODELING APPROACH TO PRODUCTION PLANNING STRATEGY OF MINERAL RESOURCES, Proceedings of the XVI World Mining Congress, 1994, Sofia, Bulgaria; MULTIKRITERIJUMSKI OPTIMIZACIONI MODEL PROSTORNOG PLANIRANJA SISTEMA POVRŠINSKIH KOPOVA TEHNIČKOG KAMENA - UVOD U PROBLEM, XXV Symopis, Herceg Novi, 1998, 581-585; A LOCATION-ALLOCATION MODEL OF MINING FACILITIES PLANNING AT STRATEGIC LEVEL, Proceedings of the VII International Symposium on Application of Mathematical Methods and Computers in Geology, Mining and Metallurgy, 1998, 5-12, Sophia, Bulgaria; MATHEMATICAL MODEL OF SPATIAL PLANNING THE SYSTEM OF ACTIVE MINES HAVING HOMOGENEOUS PRODUCTION, Proceedings: VIII Balkan Mineral Processing Conference, Vol. 2, Belgrade, Yugoslavia, 1999, 631-636; KOLIZIJA TEORIJE EKONOMIKE PROSTORA SA STRATEŠKIM REGIONALNIM PLANIRANJEM U POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI MINERALNIH SIROVINA, IV međunarodna naučna konferencija o površinskoj eksploataciji OMC '99, Bor, 1999. 345-351.

Ovo su radovi koji postavljaju smernice i otvaraju vrata primenama multiatributne i multikriterijumske analize u regionalnom planiranju proizvodnje mineralnih resursa, u planiranju prostornog razmeštaja rudničkih objekata, rešavanju lokacijsko-alokacijskih problema u rudarstvu i kolizija teorije ekonomike prostora i strateškog regionalnog planiranja u površinskoj eksploataciji. Značaj ovih radova nije samo u otvaranju i postavljanju novih multikriterijumskih i multiatributnih pristupa u rešavanju, pre svega, planerskih inženjerskih zadataka u rudarstvu, već i u promociji novih ideja i u praksi (u vreme publikovanja radova) neafirmisanih metoda multikriterijumskog i multiatributnog odlučivanja.

- Lashgari A, Yazdani-Chamzini A, Majid Fouladgar M., Kazmieras Z.E., Shabriar S., Abbate n., EQUIPMENT SELECTION USING FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING MODEL: KEY STUDY OF GOLE GOHAR IRON MIN / IZBOR OPREME KORIŠĆENJEM FAZI MULTIKRITERIJUMSKOG PRISTUPA: STUDIJA IZVODLJIVOSTI RUDNIKA GVOŽĐA GOLE GOHAR, Engineering economics, Vol. 23, No 23, 2012, 125-136.

Kako izabrati rudničku opremu koja smanjuje troškove i zadovoljava zahteve proizvodnje je jedno od ključnih pitanja pri projektovanju rudnika. Pošto u principu postoji više mogućih opcija i uticajnih činilaca (kvantitativnih i kvalitativnih), izbor optimalnog rešenja nije jednostavno. Na osnovu ovoga, autori zaključuju da u rešavanju ove klase zadataka metode multiatributnog odlučivanja mogu biti od velike pomoći. U radu je na primeru rudnika gvožđa Gole Gohar prezentovan ovakav pristup, sa četiri egzekutivne faze. U prvoj fazi definisane su moguće (primenljive) opcije mašinske opreme za cikličnu proizvodnu tehnologiju. U drugoj fazi definisani su kriterijumi i kriterijumske težine korišćenjem hibridnog fazi i analitičkog hijerarhijskog procesa. U trećoj fazi TOPSIS modelom formirana je rang matrica alternativa i na kraju, u četvrtoj fazi, hijerarhija alternativa. Rezultati analize u Studiji izvodljivosti rudnika gvožđa Gole Gohar, pokazuju da je najekonomičnija utovarno-transportna varijanta koju čine utovarač i kamioni. Rezultati potvrđuju efikasnost predloženog pristupa.

Ostvareni rezultati

Temu doktorske disertacije karakteriše aktuelnost u naučnom i u inženjerskom pogledu. Planirana istraživanja realizovana su, i ostvareni rezultati očekivanog dvojnog značaja - teorijskog i praktičnog.

Teorijska istraživanja modelskih pristupa pogodnih za podršku odlučivanju u multivarijabilnim rudničkim uslovima pretpostavila su, a rezultati virtuelnih eksperimenata sa četiri modelske platforme potvrdili, značajna kolebanja poredaka alternativa, verovatnoća 0,88. Komparativna analiza rezultata, otkrila je potencijalnu zamku prikrivenu iz visoke korelacije između poredaka modelskih parova ($0,70 < K_{kr-pros.} = 0,77 < 0,89$; visoka - jaka veza). Dakle, konstatovana je suprotstavljenost, sa jedne strane su relativno jake veze poredaka - što je logično i očekujuće, a sa druge izraženo kolebanje multimodelskih rangova - što je na prvi pogled zbunjujuće, ali objašnjivo.

U tri slučaja, odnosno u 12,5 % od izvedenih testova, postoji potpuna ekvivalencija poredaka. To je slučaj PROMETHEE i AHP modelskih rešenja kod izbora projektantske organizacije i izvođača radova na izgradnji izvoznog okna Rudnika uglja Velenje, i PROMETHEE i VIKOR modelskih rešenja kod izbora lokacije izvoznog okna. Osim kolebanja rangova, uočeno je da u izvesnom broju rešenja, neznatne razlike vrednosti indeksa preferencija ili agregatne dominacije opredeljuju poretke alternativa. Dakle kolebanja poredaka počivaju na nijansiranim razlikama vrednosti parametra rangiranja. Ovo ukazuje na potrebu obazrivosti pri ovakvim analiza i ističe osetljivost problema izbora upravljačke oduke u slučajevima kada ne postoji saglasnost multimodelskih rešenja. Ovo je usmeravajuće uticalo na dalja istraživanja, sa zaključkom da umesto „najboljeg”, „najpogodnijeg”, „najprikladnijeg” ili na sličan način deklarisanog modela za podršku odlučivanju, rešenje treba tražiti u „proceduralnom postupku” koji podrazumeva istovremeno uključivanje u analizu više modela koji korektno aproksimiraju rudničke uslove. Pošto cilj nije izbor najboljeg modela već najboljeg rešenja zadatog problema, „proceduralni postupak” izbora najbolje alternative ili najboljeg poretka alternativa, odvija se zavisno od kolebanja multimodelskih rangova. U odeljku 5.1. opisan je algoritam ovog postupka, prema kome, kada postoji ekvivalencija multimodelskih rangova, utvrđeni poredak alternativa prihvata se kao konačno rešenje; u ostalim slučajevima definisanje konačnog poretka alternativa izvodi se ponderisanjem.

Analiza „proceduralnim postupkom” zahteva paralelnu primenu najmanje dve modelske platforme i ekvivalenciju polaznih uslova (kriterijumi, kriterijumske težine, preferencije donosioca odluke i dr.). U cilju minimizacije subjektivne percepcije donosioca odluke (DO), preporučuje se timski rad kod rešavanja problema i donošenja upravljačkih odluka.

2. POGLED NA PROBLEM ODLUČIVANJA I UPRAVLJANJA

2.1. UVODNI OSVRT

Reč upravljanje danas je često u upotrebi, govori se npr. o upravljanju projektima, obimom projekata, kvalitetom, otpadom, materijalnim, mineralnim, ljudskim resursima, o upravljanju komunikacijom, integracijom, vremenom, rizicima, troškovima, nabavkom, itd. Da podsetimo, prema konvencionalnom tumačenju, upravljanje je skup tehnika i procesa efikasnog planiranja, vođenja i kontrole projekata (projekat se objašnjava kao poduhvat sa definisanim početkom i završetkom), bazirano na primeni znanja, veština, metoda, naučno-zasnovanih pristupa i sl. uz uvažavanje realnih uslova sa mogućim problemima i rizicima tokom trajanja projekata [23, 71]. Postoje različite klasifikacije projekata, jedna od opcija je: naučnoistraživački i razvojni, planski, organizacioni, proizvodni, poslovni itd. [80].

U strogo inženjerskom pogledu, upravljanje, mora imati i preciznu vremensku odrednicu upravljačkih delovanja: trenutno, odnosno u realnom vremenu (*on line*) ili u proširenom vremenu (*off line*).

Ove klasifikacije su bliske proizvodno-poslovnom ambijentu rudarstva, sa interakcijom u kojoj upravljanje u proširenom vremenu u principu više odgovara naučnim, istraživačkim, razvojnim, planskim, organizacionim i poslovnim procesima, a upravljanje u realnom vremenu proizvodnim procesima.

Ove uvodne napomene pokazuju da se u proučavanju upravljanja može prići na različite načine, koji nisu međusobno isključivi. Ali upravljanje je komplikovanije, nego što se čini kada se problem posmatra pojednostavljeno. Zašto?

- Ne postoji opšta saglasnost kod ocene prikladnosti i izbora metoda i pristupa za podršku odlučivanju i upravljanju.
- Kada bi saglasnost i postojala, nema sigurnosti da će metode dati ekvivalentne rezultate za zadate iste uslove.
- Treće, nauka još uvek nije dala opšteprimenljiv model upravljanja.

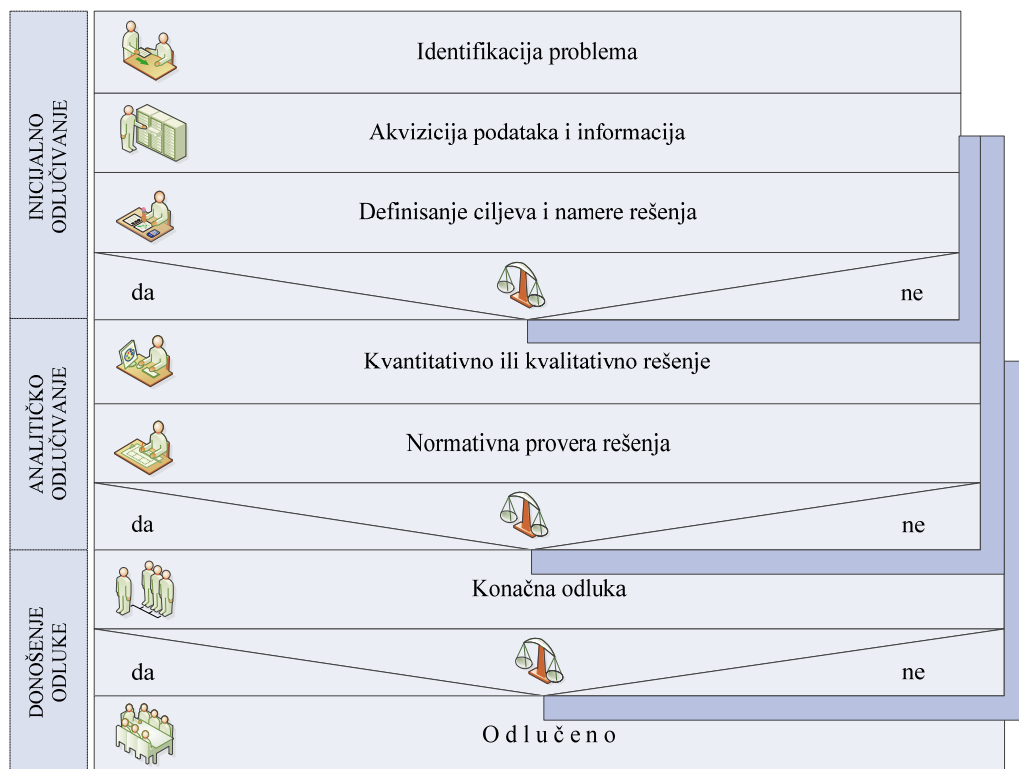
Dobra dijagnoza problema ne garantuje samo po sebi efikasan recept za rešenje problema, ali bez dijagnostikovanja gotovo da nema nikakve nade da će problem biti adekvatno rešen. Zato je za potpuno razumevanje problema upravljanja i odlučivanja u rudarstvu neophodno da se prouče i drugi činioci i da se pribegne prema mogućnostima različitim metodama opservacije [61]. Naravno, postavljanje ovakvog pitanja neizbežno uključuje i princip selekcije. U tom smislu, upravljanje koje je predmet istraživanja u disertaciji, nema pretenziju opšteg i univerzalnog modela upravljanja, već samo kao jedan od mogućih pristupa u rešavanju brojnih i zahtevnih upravljačkih zadataka u rudarstvu u proširenom vremenu.

2.2. ODLUČIVANJE I UPRAVLJANJE

Upravljačkoj aktivnosti prethodi donošenje odluke, sa ciljem da se ostvari najbolji ishod u prostoru mogućih rešenja fokusiranog problema ili u prostoru mogućih stanja realnog sistema [61, 80]. Zbog prirode mineralno-sirovinskog kompleksa i uticaja brojnih činilaca različitih izvora, geneze, pobude i generisanja, u rudarstvu se odluke u principu donose u multivarijabilnim uslovima sa različitim ograničenjima. U ovakvoj situaciji, model odlučivanja se može definisati kao skup vektora mogućih alternativa (varijanti rešenja) koje donosiocu odluke (DO) stoje na raspolaganju, i postavljenih kriterijuma izbora za donošenje odluke. Donošenje upravljačke odluke, znači izbor jedne od mogućih alternativa kao najbolje, racionalne, najefikasnije, optimalne ili slično definisane [60, 80, 108].

U principu, donošenje odluka se ne odvija bez problema i teškoća [99], u rudarstvu to su najčešće:

- Uticaji teško predvidljivih činitelaca, npr. koncentracija metana u jami, prodor vode, špekulativna berzanska događanja na tržištu, tehnološki ekscesi, požari i sl.
- Složena ili teška merljivost i kvantifikacija relevantnih parametara stanja i procesa u realnom sistemu, npr. naponsko-deformaciona stanja stenskog masiva radne sredine, anizotropija radne sredine i sl.
- Nedostatak dovoljnog broja pouzdanih podataka i informacija o stanjima i procesima u realnom sistemu i okruženju, npr. broj i pozicija uzimanja geoloških i geomehaničkih uzoraka i sl.
- Ograničenost vremena za odlučivanje i upravljačko delovanje, naročito u procesnim situacijama, i nedostatak vremena za testiranje i proveru ponuđenog rešenja, npr. promena dinamike ventilacionog procesa u rudniku, doziranje reagenasa u flotacijskom procesu i sl.
- Prisustvo konfliktnih situacija, povišenih rizika i nepovoljnih događaja, npr. interakcija tehnoloških procesa i geostatike rudničkih objekata, uticaj podzemnih rudarskih radova na pomeranja terena na površini i sl.



Slika 2-1, Principijelni algoritam odlučivanja

Pojednostavljeno objašnjenje donošenja odluke, svodi se na zadatak DO da izabere najbolje (najefikasnije, najracionalnije...) od raspoloživih alternativnih rešenja. Donošenje odluke bilo bi manje zahtevno i rizično da nije nepredvidljivih događanja i promena u rudničkim sistemima, odnosno kada bi DO mogao predvideti stanje rudničkog sistema i okruženja u vreme izvršenja odluke [59, 96]. Dakle postoji mogućnost da DO i pored korektnog izbora rešenja za date uslove, ipak pogreši i dovede rudnički sistem u nepovoljnu situaciju. Ilustracije radi, navodimo primer odlučivanja i upravljanja flotacijskim procesom. Na osnovu parametara dobijenih analizom uzoraka iz flotacijskog procesa (mineralna struktura, sadržaj kk, geohemijska obeležja i dr.) doziraju se flotacijski reagensi, i sve bi ovo bilo relativno jednostavno da nema remanencije. Odluka o doziranju reagenasa i korektivno delovanje na flotacijski proces, događa se tek posle dobijenih rezultata laboratorijskih analiza, a u tom momentu reporni procesni parametri mogu biti sasvim drugačiji [97].

Rizike pri odlučivanju i upravljanju u rudarstvu nemoguće je eliminisati, ali se potencijalne posledice mogu znatno ublažiti primenom adekvatnog i efikasnog pristupa u odlučivanju i upravljanju [59, 97]. Rudarstvo odlikuju brojne različite situacije u kojima se odlučuje, ali to ne znači da nije moguća sistematizacija (klasifikacija) odlučivanja i upravljanja prema nekim zajedničkim svojstvima. Ovo nije formalno već je suštinsko važno pitanje, koje omogućava selekciju matematičko-modelskih pristupa za donošenje upravljačkih odluka [98]. U literaturi je najprisutnija klasifikacija odlučivanja prema određenosti stanja realnog sistema:

1. Odlučivanje u uslovima determinisanosti (određenosti/sigurnosti);
2. Odlučivanje u fazilogičkim uslovima (neodređenosti/neizvesnosti);
3. Odlučivanje u uslovima rizika;
4. Odlučivanje u uslovima konflikta.
5. Odlučivanje u uslovima sekvencijalnosti

Odlučivanje i upravljanje u uslovima determinisanosti je najpoželjnije, ali su situacije sa potpunom određenošću realnog sistema i okruženja, kada DO može sa sigurnošću da tvrdi koja je odluka najbolja, na žalost veoma retke u rudarskoj praksi [108]. Odlučivanje u uslovima određenosti podrazumeva situacije u kojima se sa sigurnošću zna u kom će stanju biti sistem kada se odluka donese i postane izvršna. Problem odlučivanja u uslovima determinisanosti svodi se na izbor alternative koja će dati najveći efekat u zadatim

uslovima. Za rešavanje ove klase zadataka odlučivanja najčešće se koriste modeli/metode linearnog i nelinearnog programiranja.

Odlučivanje u uslovima navedenim pod dva i tri, gotovo je uobičajeno za rudarstvo, a odlučivanje definisano četvrtim uslovom prisutno je u znatnom broju situacija [59, 107].

U uslovima neodređenosti, pretpostavlja se da realan sistem može biti u nekoliko (karakterističnih) stanja. Ako se za svako od stanja mogu definisati verovatnoće pojave, tada se kaže da donošenje odluke u uslovima rizika [41]. U slučaju kada postoji lista mogućih stanja sistema ali ne i verovatnoće njihovih pojava, u pitanju je donošenje odluke u uslovima neizvesnosti ili neodređenosti [62,108]. Najčešći kriterijumi odlučivanja (u uslovima neizvesnosti i rizika) su [12,80]:

- a. *Kriterijum optimizma (MAXIMAX kriterijum)*, polazi od pretpostavke da će uvek nastupiti najpovoljnija stanja sistema koja će omogućavati maksimalni efekat od donesene odluke.
- b. *Kriterijum pesimizma (MAXIMIN ili Wald-ov kriterijum)*, suprotno prethodnom kriterijumu, polazi od pesimističke pretpostavke da će za bilo koju alternativu uvek nastupiti najnepovoljnije stanje, i sugeriše opreznost.
- c. *Kriterijum žaljenja (MINIMAX ili Savage-ov kriterijum)*, tumači se kao izgubljena prilika za donošenje odluke koja bi obezbedila najpovoljniji rezultat. Za meru žaljenja uzima se razlika između rezultata koji bi se postigao izborom najpovoljnije odluke za stvarno stanje i rezultata koji bi se ostvario donesenom odlukom, odnosno izabranom alternativom.
- d. *Kriterijum racionalnosti (Laplace-ov kriterijum)*, odnosi se na situacije odlučivanja u uslovima riziku, a polazi od pretpostavke da je konačan broj stanja u kojima se sistem može naći i da je svako jednako verovatno.

Odlučivanje i upravljanje u uslovima rizika, kao što smo konstatovali, podrazumeva da se sistem može naći u više stanja čije su verovatnoće pojave poznate, ili ukoliko nisu poznate pretpostavka je da ih DO može pouzdano proceniti [80]. U rudarstvu su retke situacije u kojima se znaju verovatnoće pojava određenih stanja sistema, te se prilikom donošenja odluka ovaj problem premoštava oslanjanjem na subjektivnu (pouzdanu) procenu DO, a kao kriterijum za izbor alternative pretežno se koristi maksimalna vrednost očekivane koristi [98]. Kod donošenja odluka u uslovima rizika ili u uslovima neizvesnosti, treba voditi računa i o neizbežno prisutnom subjektivnom odnosu DO prema riziku. Poznato je

da se ljudi ne ponašaju jednako u situacijama sa rizikom, neki lako prihvataju rizike i skloni su riziku, drugi imaju odbojan stav, a treći racionalan stav prema riziku [80].

Odlučivanje i upravljanje u uslovima konflikta, je odlučivanje u uslovima postojanja suprotstavljenih interesa dve ili više strana, i prisustvom neodređenosti izbora mogućih alternativnih rešenja. Odlučivanje se odvija u uslovima prisustva konflikta i neodređenosti, te se kao najpodesniji matematičko-modelski alat koristi *teorija igara* [110]. Zadaci odlučivanja ove klase, u praksi se najčešće svode na prikupljanje informacija iz prošlosti i statističkoj formalizaciji neke konfliktne situacije [60,110]. Ovakav pristup ne uvažava dopunske informacije do kojih DO može naknadno doći, i koje mogu u izvesnoj meri smanjiti prvobitnu neodređenost. Inače, prihvatljiv način merenja neodređenosti i rizika je verovatnoća.

Odlučivanje i upravljanje u uslovima sekvencijalnosti (Bajesov pristup), je odlučivanje kada postoji interaktivni niz situacija i stanja u kojima se sistem može nalaziti. Za modelovanje problema sekvencijalnog odlučivanja i upravljanja koristi se u principu tehnika stabla odlučivanja bazirana na Bajesovoj statistici, i formalizovana na principima [80]:

- Analize strukture i formiranje dijagrama toka odlučivanja;
- Analize verovatnoća;
- Analize koristi i vrednosti informacija;
- Proračunu vrednosti čvorova;
- Sintetičkom prikazu rezultata.

Bajesov pristup se svodi na "igru" DO sa realnim sistemom i uvođenja verovatnoća pojave izvesnih stanja u sistemu. Početni zapis zadatka odlučivanja formalizuje se u matičnom obliku kao u primeru u tabeli 2-1.

Tabela 2-1, Početna matrica Bajesovog pristupa

Moguće upravljačke odluke	Moguća alternativna rešenja		
	R ₁	R ₂	R ₃
	p (R ₁) =	p (R ₂) =	p (R ₃) =
Odluka ₁	e ₁₁	e ₁₂	e ₁₃
Odluka ₂	e ₂₁	e ₂₂	e ₂₃
Odluka ₃	e ₃₁	e ₃₂	e ₃₃

Tumač: p (R_i) – Verovatnoća primene alternativnog rešenja; e_{ij} – Efekat primene alternativnog rešenja

Osim navedenih elemenata, za odlučivanje i upravljanje važni su i sledeći aspekti [59,80]:

- *Pravo donošenja upravljačkih odluka*, definisano je nadležnošću u organizacionoj strukturi rudnika (preduzeća, kompanije,...);
- *Tok ili proces odlučivanja i upravljanja*, definisan je tehnologijom proizvodnje, primenjenim pristupima (modelima) i tehnologijom odlučivanja i upravljanja.

Pretpostavka uspešnosti odlučivanja je struktuiranost procesa odlučivanja, slika 2-1, koji obuhvata inicijalnu, analitičku i fazu konačne odluke, sa definisanim osnovnim elementima:

Cilj ili ciljevi odluke i upravljanja, proizilazi(e) iz namere da se nešto postigne. Cilj ili ciljevi moraju biti precizno definisani, što u praksi ponekad pravi izvesne teškoće [80].

Donosilac odluke (DO), može biti jedan ili više stručnjaka koji u tom slučaju timski donose odluke. Radi eliminisanja ili minimiziranja subjektivnosti DO, uvek kada je to moguće preporučuje se timsko donošenje odluka [23, 106].

Alternative, kao sredstva za postizanje jednog ili više ciljeva, predstavljaju moguća rešenja problema ali koja se međusobno isključuju. Problem odlučivanja postoji zahvaljujući postojanju više načina za postizanje cilja ili ciljeva, kada toga nema, nema ni odlučivanja [60]. Formiranje skupa alternativnih rešenja je ključno važan i najkreativniji deo zadatak u procesu odlučivanja. Osim od poznavanja problema, stručnosti, znanja, iskustva, sposobnosti i domišljatosti aktera u donošenju odluke, formiranje skupa alternativa zavisi i od vrste problema. Nema opšteg uputstva za generisanje alternativa, a neposredni akt odluke je izbor jedne od alternativa, u tom smislu jasno je da je kvalitet odluke uslovljen kvalitetom mogućih alternativnih rešenja [106].

Uslovi, je skup upliva koji utiču na izbor alternative, odnosno na ishod odluke.

Kriterijum ili kriterijumi izbora. Ishod odluke može zavisi od jednog kriterijuma, tada se kaže da je problem *jednokriterijumski*, međutim u praksi su češći slučajevi da ishod odluke zavisi od više pokazatelja, tada se problem kaže da je *multikriterijumski* [108]. Osim od kvaliteta raspoloživih alternativa, na kvalitet odluke utiče izbor kriterijuma i određivanje kriterijumskih vrednosti za svaku od alternativa. U rešavanju praktičnih problema u rudarstvu i industriji šire, figurišu brojni i različiti kriterijumi od kojih su neki međusobno

suprotstavljeni – konfliktni. Formulacija kriterijuma može biti kvantitativna (brojčane vrednosti, npr. profit, troškovi, rentabilnost, obim proizvodnje, potrošnja, ...) ili kvalitativna (verbalne vrednosti, npr. dobro, loše, najbolje, slabo, visoko, nisko, toplo, hladno, racionalno, ...) [60,62]. Izbor kriterijuma i definisanje kriterijumskih vrednosti alternativa zavisi od konkretnog problema, to je veoma osetljiv i zahtevan zadatak, sa neposrednim uplivom na konačan ishod odluke. Osetljivost i zahtevnost zadataka izbora kriterijuma i kriterijumskih vrednosti po alternativama, prisutna je zbog neizbežnosti faktora subjektivnosti, manifestovanog preko odgovornosti i preferencije DO ili tima za donošenje odluke, prema kriterijumima, njihovim vrednostima, prema rizicima i sl. [106].

Modeli/metode za izbor alternative (donošenje odluke), konstituisane su na kvalitativnom ili kvantitativnom principu. Kvalitativne metode su bazirane na animaciji eksperta ili eksperata, a kvantitativne koriste *matematičko-modelske alate* za izbor (najbolje, najefikasnije, racionalne, optimalne itd.) jedne između raspoloživih alternativa [62]. Za izbor alternative u ovoj fazi, kaže se da je odlučivanje u užem smislu. U fokusu doktorske disertacije su kvantitativni modeli multiatributnog odlučivanja, analizira se njihova osobenost, korelativnost rešenja dobijenih različitim modelima MAO i izbor najboljeg rešenja u konkretnim problemskim situacijama.

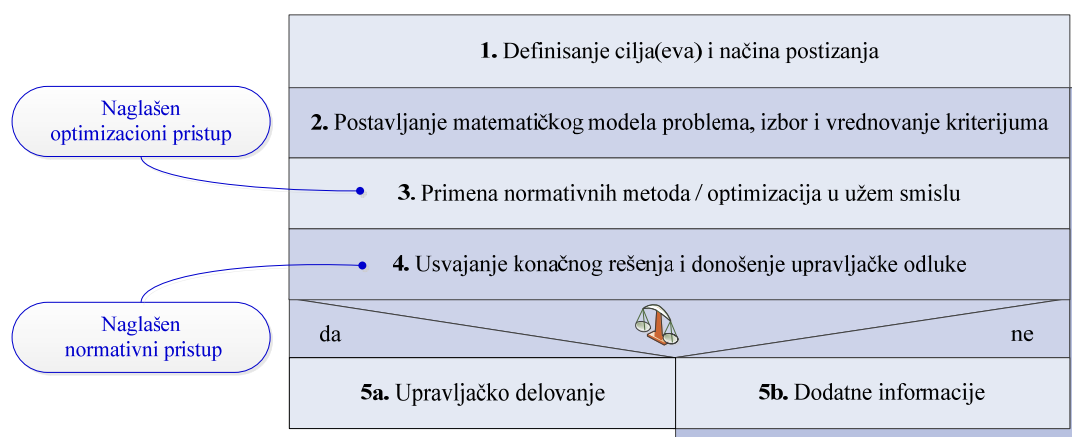
2.3. MAO/MKO ODLUČIVANJE I UPRAVLJANJE

Cilj odlučivanja i upravljanja je izbor najboljeg rešenja (alternative) iz skupa mogućih alternativnih rešenja, uz uvažavanje jednog ili više kriterijuma [62, 107]. Kriterijum ili kriterijumi su kao mere za komparaciju alternativa opredeljujući važni za kvalitet odlučivanja i upravljanja, odnosno izbor najbolje alternative. Definisanje kriterijuma je veoma zahtevan i odgovoran zadatak, koji zadire u različita područja metrike, u rudarstvu najčešće: geologija, inženjerska geologija, hidrogeologija, ekonomija, tržište, tehnološko i konstruktivno inženjerstvo, ekologija, logistika, politika, zakonska regulativa, socijalna politika itd. [95]. Matematičko-modelski pristupi rešavanja upravljačkih zadataka mogu biti *optimizacioni* ili *normativni* [32].

U *optimizacionom pristupu*, zadatak se svodi na traženje ekstremne vrednosti funkcije kriterijuma (max/min), gde kriterijum(i) kvantifikuje(u) ponašanje sistema i ishodne efekte, u zadatim uslovima [46]. Dobar optimizacioni model realnog problema, podrazumeva

korektno postavljenu(e) kriterijumsku(ke) funkciju(e) i sistema ograničenja (uslova) [32]. Postoje brojne metode optimizacije, jedna od najčešćih klasifikacija ovih metoda u literaturi je prema prisustvu ograničenja, na metode bez ograničenja – tj. metode bezuslovne optimizacije (metode pretraživanja, Njutnova metoda, gradijentne metode,...) i metode sa ograničenjima – metode uslovljene optimizacije (linearno programiranje, mrežno programiranje, metoda Lagranžovih multiplikatora, dinamičko programiranje, metoda kaznene funkcije, eliminacija i zamena promenljivih, ...) [32]. Za rudarstvo i geologiju posebno je interesantna *stohastička optimizacija*, osobenost je postojanje neizvesnosti (npr. geološke, hidrogeološke, geotehničke, tržišne, ekonomske, društvene, regulativne, ...) [59, 99]. Dva su osnovna stohastička optimizaciona modela, *eksplicitni* i *implicitni*. Kod rešavanja većine praktičnih problema da bi se primenila optimizaciona metoda neophodan je matematički opis problema – matematički model. Rudarsko inženjerstvo u rešavanju konkretnih optimizacionih problema, najčešće koristi *diskretne modele*, gde se umesto sveobuhvatnog matematičkog modela, projektuju alternativna rešenja [99]. Izbor optimizacionog pristupa zavisi od osobenosti problema, npr. od vremena trajanja, izvesnosti, linearnosti, kontinualnosti, broja kriterijuma i sl. [61,84]

U *normativnom pristupu* proučava se - analizira problem u zadatim uslovima sa zadatkom pronalaženja najboljeg (racionalnog, efikasnog, ...) rešenja. U literaturi se po automatizmu multiatributne, multikriterijumske i multiciljne analize, kategorišu kao normativni prilazi u odlučivanju i upravljanju.



Slika 2-2, Generalizovani tok optimizacionog i normativnog postupka

Generalizovani tok i jednog i drugog postupka obuhvata pet sekvencijalnih faza, slika 2-2, razlika je u naglašenosti faza [84], u strogo optimizacionom postupku izražena je treća, a u normativnom četvrta faza.

Brojni praktični upravljački problemi u rudarstvu ne mogu se zadovoljavajuće rešiti primenom jednokriterijumskih (konvencionalnih) optimizacionih metoda [59, 96]. Dakle iako su dobijena rešenja optimalna, ona ne zadovoljavaju zbog neegzistencije *više kriterijuma* istovremeno. Primer, izbor mašina tehnološkog sistema rudnika, osim tehničko-tehnoloških performansi, istovremeno treba pri izboru uključiti i druge kriterijume, kao što su: adaptivnost mašina za rad u postojećim radnim uslovima, cena mašina, uslovi i rokovi isporuke, troškovi transporta i montaže, garancije, uslovi održavanja, snabdevanje rezervnim delovima, ekološke performanse, energetska efikasnost, obuka i školovanje rukovaoca mašina [102], i dr.

U procesu ključnu ulogu ima DO, ali iza ponuđenog rešenja (predložene alternative) u principu ne stoji DO već stručnjak ili stručni tim za podršku odlučivanju, oni DO predlažu rešenje za donošenje najbolje odluke. U interaktivnoj analizi između DO (ne mora da poznaje optimizacione ili normativne metode) i stručnjaka ili stručnog tima za podršku odlučivanju, može doći do modifikacije predloženog rešenja. Ovakvim pristupom povećava se sigurnost i pouzdanost multikriterijumskog odlučivanja, a neposredna odgovornost DO sadržana je u definisanju kriterijuma, struktuiranju preferencija prema alternativama i u donošenju odluke o izboru konačnog rešenja [32].

Struktuiranje preferencija omogućava da se koncepcija optimalnosti konvencionalne (jednokriterijumske) optimizacije primeni i u multikriterijumskoj [28,59]. I u jednom i u drugom postupku rezultat je konkretno rešenje, ali se multikriterijumsko rešenje umesto optimalno češće naziva „*preferirano optimalno*“ ili „*superiorno*“. Dakle, može se zaključiti da postoje i sličnosti i razlike između konvencionalne i multikriterijumske optimizacije. Pošto u praksi najčešće struktura preferencija nije poznata pre započinjanja optimizacionog postupka i može biti promenljiva (isti DO po pravilu nema iste preferencije u različitim okolnostima), multikriterijumski postupak se ne može svesti na algoritam konvencionalne (jednokriterijumske) optimizacije [12]. U tom smislu, izdvajaju se tri multikriterijumska postupka:

1. *Dvofazni optimizacioni postupak*, u prvoj fazi rešava se optimizacioni zadatak uključivanjem kriterijumske funkcije, a u drugoj, sužava se skup neinferiornih rešenja i usvaja konačno (optimalno) rešenje [12].
2. *Korišćenje funkcije multiatributne korisnosti (utiliteta)*, funkcija integriše kriterijume i strukturu preferencija, i kao takva predstavlja kriterijumsku funkciju [12]. U ovom prilazu ne postoji problem donošenja konačne odluke, već pitanje usvajanja optimalnog rešenja, da li ga usvojiti ili odbaciti?
3. *Iterativni optimizacioni postupak*, struktura preferencija se uključuje postepeno i iterativno. Donošenje konačne odluke je aktuelno u svakoj iteraciji [12].

U literaturi ima više podela multikriterijumskih modela, jedna je prema načinu uključivanja DO u postupak [12, 61, 110]:

1. *Modeli za određivanje neinferiornih rešenja*, određuje se skup neinferiornih rešenja i DO na osnovu svojih preferencija usvaja konačno rešenje. DO se ne uključuje u multikriterijumski postupak, njemu se po okončanju postupka samo prezentuje skup neinferiornih rešenja;
2. *Modeli sa unapred izraženom preferencijom*, formira se sintezna (rezultantna) kriterijumska funkcija i zadatak rešava kao jednokriterijumski. Metode zahtevaju da se DO pre multikriterijumskog postupka uključi i saopšti svoje preferencije ;
3. *Interaktivni modeli*, DO postupno izražava svoju preferenciju interaktivnim korišćenjem odgovarajuće metode i uključen je u sam proces multikriterijumske analize;
4. *Stohastički modeli*, u model se uključuju i pokazatelji neizvesnosti. Zadatak DO je u ovom slučaju teži zbog upoređivanja koristi od zadovoljenja kriterijuma;
5. *Modeli kompromisnog programiranja*, određuje se skup kompromisnih rešenja koji predstavlja skup neinferiornih rešenja. Kompromisno rešenje je najbliže idealnom prema meri rastojanja. Pored kompromisnih rešenja, DO prezentira se idealno rešenje i odstupanja po pojedinim kriterijumima od idealnih vrednosti.

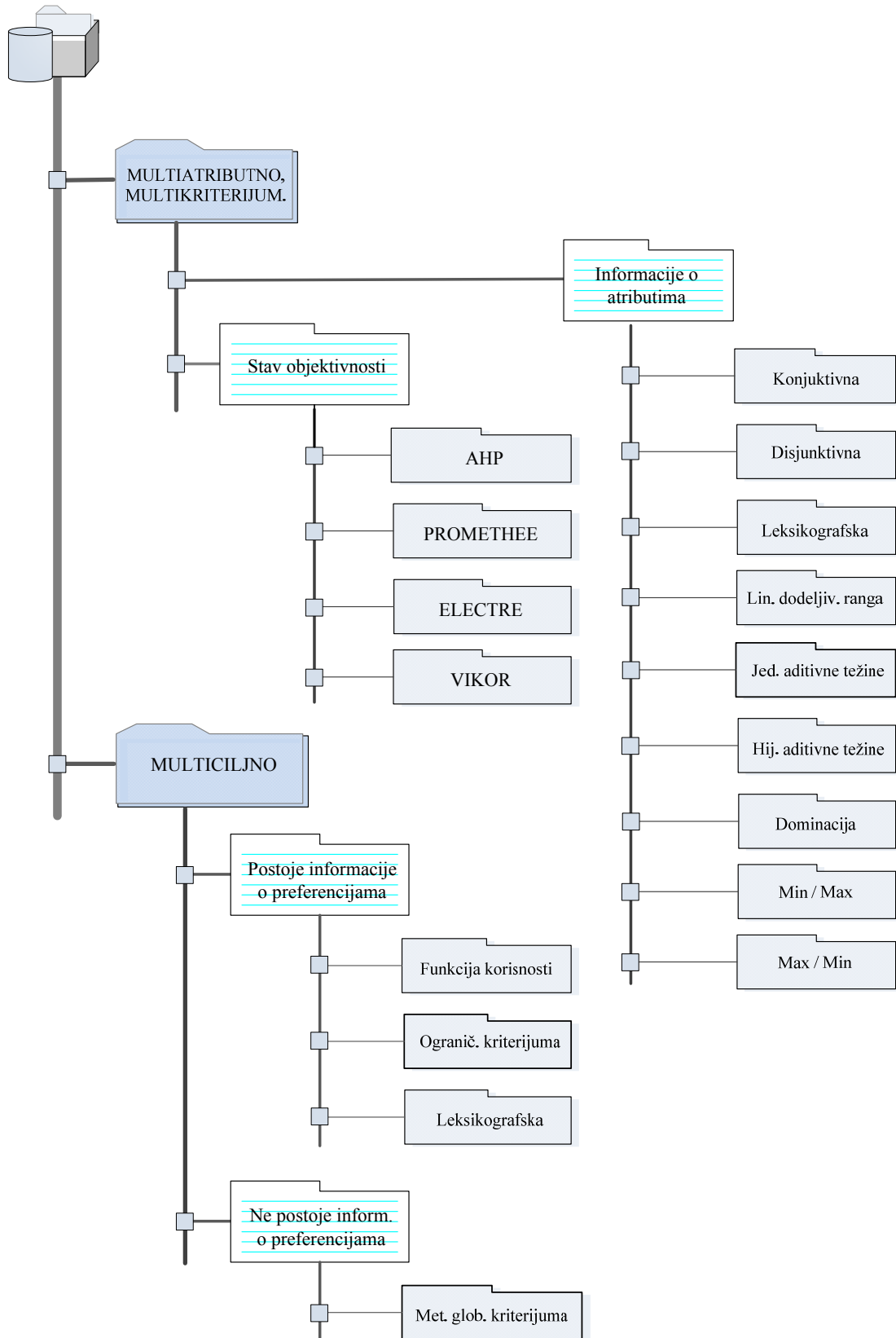
Prema drugoj podeli multikriterijumski modeli se grupišu prema klasama problema i postupku rešavanja [12, 28]:

1. *Modeli sa postupkom* kojim se multikriterijumski problemi sa kontinualnim matematičkim modelima, svode na probleme rešive nekom od metoda matematičkog programiranja;
2. *Modeli sa postupkom analize i rangiranja alternativa*. Pretpostavka je da su sve alternative vrednovane prema postavljenim kriterijumima.

Sa aspekta matematičko-modelskog opisa realnog sistema, dve su vrste problema u multikriterijumskom odlučivanju:

1. *Multiciljno odlučivanje (MCO)*, problemi MCO su dobro strukturirani sa kvantifikovano iskazanim skupovima ciljeva, sa dobro definisanim ograničenjima i aktivnim dobijanjem informacija o identifikovanim ciljevima. Optimalno rešenje MCO, u matematičkom smislu predstavlja skup svih efikasnih rešenja. Konačno rešenje se odlukom bira i često se naziva *rešenje za realizaciju, preferirano rešenje, najbolje rešenje, najbolje kompromisno rešenje* i sl. [28]. Navodimo neke od MCO metoda: *globalnog kriterijuma, ograničenog kriterijuma, leksikografska metoda, ciljno programiranje, parametarska metoda i multikriterijumska simpleks metoda, metoda pomerajućeg ideala, itd.*
2. *Multiatributno odlučivanje (MAO)*, ili *multikriterijumska analiza (MKA)*. Atribut predstavlja sredstvo ocene nivoa nekog od kriterijuma (ciljeva). Sinonimi za attribute su: parametri, karakteristike, osobine, performanse, komponente, faktori, i sl. [60, 62]. Modeli MAO, odgovaraju slabo strukturiranim problemima. U zavisnosti od prirode problema MAO, moguća su tri pristupa u postupku rešavanja:
 - a. *Rangiranje*, potrebno je rangirati skup svih alternativa, od najbolje do najlošije,
 - b. *Izbor jedne alternative*, potrebno je izabrati najbolju alternativu;
 - c. *Izbor više alternativa*, bira se više alternativa, na jedan od načina:
 - Polazeći od najvišeg ranga usvaja se unapred definisan broj alternativa; ili
 - Izbor alternativa sa uslovima koji nisu ugrađeni u početni model.

Na slici 2-3 prikazan je stablo familije modela operacionih istraživanja (OI) za podršku odlučivanju i upravljanje u multivarijabilnim uslovima.



Slika 2-3, Stablo familije modela OI za podršku odlučivanju i upravljanje u multivarijabilnim uslovima

3. MODELI OI POGODNI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U MULTIVARIJABILNIM RUDNIČKIM USLOVIMA

Razvijeni su i u upotrebi su brojni modeli u OI, pogodni za podršku odlučivanju i upravljanje u multivarijabilnim rudničkim uslovima. Po učestalosti praktične primene izdvajaju se: PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR i AHP model. Kao takvi ovi modeli su korišćeni u test-eksperimentalnim istraživanjima u disertaciji. U odnosu na neke druge metode iz familije operacionih istraživanja, multiatributne metode su novije, ali široko afirmisane i poznate. Radi logičke celovitosti disertacije, u nastavku poglavlja dati su samo osnovni prikazi ovih metode. U pripremi prikaza modela u ovom poglavlju, ključne oslonce pružili su izvori u literaturnom popisu pod brojevima: 7, 10, 14, 19, 20, 28, 51, 60, 62, 63, 77, 78, 79 i 110.

3.1. MODELI PROMETHEE

Familiju modela PROMETHEE organizovanog rangiranja preferenci za unapređenje evaluacije (engl. Preference Ranking Organization METHods for Enrichment Evaluation) razvio je J. P. Brans sa saradnicima i promovisao 1984. godine [19,20]. Modeli PROMETHEE su namenjeni za multikriterijumsko/multiatributno rangiranje, i još uvek su u usavršavaju. Metoda PROMETHEE I daje parcijalni poredak alternativa, PROMETHEE II određuje potpuni poredak, PROMETHEE III daje intervalni poredak alternativa, a PROMETHEE IV neprekidan niz alternativa.

Familija PROMETHEE je zasnovana na uopštavanju pojma kriterijuma sa šest tipova generalizovanih kriterijumskih funkcija, i na osnovu njih definisanim matematičkim relacijama za rangiranje [60,62]. Korisniku je dopušteno da uvede nove tipove generalizovanih kriterijuma za definisanje zakonitosti u konkretnom problemu i iskaže svoje preference u odnosu na odgovarajuće kriterijume. Metoda omogućava i uvođenje težina za pojedine kriterijume [10, 20].

Model PROMETHEE uvodi funkciju preferencije $P(a, b)$ za alternative a i b koje su vrednovane kriterijumskim funkcijama (označimo jednu od njih sa f). Alternativa a je bolja od b prema kriterijumu f ako je $f(a) > f(b)$. Funkcija preferencije se definiše na sledeći način [20, 60]:

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } f(a) \leq f(b) \\ P(f(a) - f(b)), & \text{ako je } f(a) > f(b) \end{cases} \quad (3.1)$$

Radi kraćeg pisanja uvodi se oznaka d , $d = f(a) - f(b)$. U modelu PROMETHEE predlaže se šest tipova funkcije preferencije, tabela 3-1.

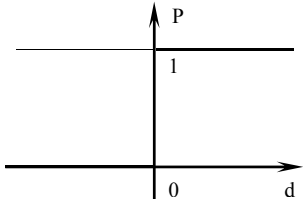
Vrednosti parametara q , r i σ treba odrediti ili zadati za svaku kriterijumsku funkciju prema usvojenom tipu preferencije. Funkcija preferencije $P(a, b)$ se odnosi na upoređivanje alternativa a i b .

Multikriterijumski indeks preferencije alternative a nad b definisan je izrazom:

$$\Pi(a, b) = \sum_{i=1}^n w_i P_i(a, b) \quad (3.2)$$

gde: je n - broj kriterijuma; w_i - težina i -tog kriterijuma.

Tabela 3-1, Funkcije preferencija metode PROMETHEE

Kriterijum	Funkcija	Grafik
I Običan	$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq 0 \\ 1, & \text{ako je } d > 0 \end{cases}$	

Kriterijum	Funkcija	Grafik
II Kvazi	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq q \\ 1, & \text{ako je } d > q \end{cases}$	
III Linearni	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq 0 \\ d/p, & \text{ako je } 0 < d \leq p \\ 1, & \text{ako je } d > p \end{cases}$	
IV Nivoski	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq q \\ 1/2, & \text{ako je } q < d \leq p \\ 1, & \text{ako je } d > p \end{cases}$	
V Linearni sa područjima indiferencije	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq q \\ (d-q)/(p-q), & \text{ako je } q < d \leq p \\ 1, & \text{ako je } d > p \end{cases}$	
VI Gausov	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq 0 \\ 1 - \exp(-d^2/2\sigma^2), & \text{ako je } d > 0 \end{cases}$	

Uveden je uslov da je suma težina w jednaka jedinici, koji se lako postiže normalizacijom originalnih težina. Za multikriterijumsku analizu uvode se tokove preferencije:

$$\varphi_j^+(a_j) = \sum_{m=1}^J \prod (a_j, a_m) \quad (\text{pozitivni tok}) \quad (3.3)$$

$$\varphi_j^-(a_j) = \sum_{m=1}^J \prod (a_m, a_j) \quad (\text{negativni tok}) \quad (3.4)$$

Kao mera za multikriterijumsko rangiranje uvodi se neto tok:

$$\phi_j(a_j) = \phi_j^+(a_j) - \phi_j^-(a_j); \quad j = 1, \dots, J \quad (3.5)$$

gde je: J - broj alternativa.

Alternativa a_j je multikriterijumski bolja od a_k ako je $\phi_j > \phi_k$.

3.2. MODELI ELECTRE

Familija modela eliminacije i izbornog predstavljanja stvarnosti (*ELECTRE*, franc. *ELimination Et Choix Tradusant la REalite*) orjentisana je ka rešavanju problema multiatributnog odlučivanja, tako što se evaluacija mogućih (alternativnih) odluka izvodi poređenjem atributa. Pobude za nastajanje ELECTRE, 1965. godine, vezane su za komercijalne aktivnosti francuske konsultantske kuće SEMA. Iste godine nova multiatributna metoda rangiranja (franc. *Les journées d'études sur les méthodes de calcul dans les sciences de l'homme*) predstavljena je na konferenciji u Rimu, a ideja ELECTRE metode štampana kao naučni članak u *Note de Travail 49 de la SEMA* 1966. godine. Punu afirmaciju je stekla 1968. godine publikovanjem *Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE)*, u *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle* (2e Année, No. 8, 1968, 57-75). Tako je nastala ELECTRE metoda, koju danas znamo pod nazivom ELECTRE I. Otada, metoda je evoluirala i izrodila verziju ELECTRE Iv (ELECTRE one vee), koja uzima u obzir zabranjeni prag, nakon nje verziju ELECTRE Is (ELECTRE one esse) za modeliranje situacija sa nepotpunim podacima (Ova metoda je i danas službena ELECTRE metoda za rešavanje problema izbora). Kasnih šezdesetih godina problem reklamnog planiranja u medijima, isticanjem pitanja "Kako konstituisati adekvatan sistem rangiranja za periodične medije" pobudio je razvoj nove verzije metode ELECTRE II, za rešavanje problema rangiranja alternativa od najbolje do najgore. Samo nekoliko godina kasnije predstavljena je nova metoda ELECTRE III, koja koristi pseudo-kriterijume i fuzzy binarne relacije. Metodu ELECTRE IV generisao je problem podzemne železnice Pariza, Metoda omogućava rangiranje alternativa bez korišćenja koeficijenta kriterijuma relativne važnosti i u sebi ima uključeno radno okruženje [35].

Na ovome se nije stalo, metode ELECTRE kreirane do tada primarno su koncipirane za rešavanja problema rangiranja alternativa i odlučivanja. Pred kraj sedamdesetih godina,

bazirana na stablu odlučivanja, predložena je nova tehnika sortiranja alternativa u predefinisane i uređene kategorije. Nešto kasnije, u cilju rešavanja problema odobravanja kredita kompanijama u bankama, razvijena je specijalna metoda ELECTRE A. Najnovija metoda sortiranja, ELECTRE TRI inspirisana je prethodnim metodama, iz nje je izbačeno sve specifično za kontekst problema, pa je jednostavnija i šire primenljiva [89].

Koncepcija ELECTRE bazirana je na poređenju dve alternative, npr. a i b . Kaže se da alternativa a *nadmašuje* alternativu b kada je alternativa a bolja od alternative b za većinu kriterijuma, i da ne postoje kriterijumi po kojima je alternativa a striktno lošija od alternative b [77,78].

U metodi ELECTRE I figurišu dva uslova [77]:

Uslov saglasnosti, koji se definiše pragom saglasnosti p i stvarnim indeksom saglasnosti $c(a,b)$:

$$c(a,b) = \frac{\sum_{j \in J_1} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \cdot 100(\%) \quad (3.6)$$

Gde je:

J_1 - Skup svih kriterijuma po kojima je alternativa a bolja ili bar jednako dobra kao alternativa b , a w_j težinski koeficijent

$$\left(0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right)$$

kojim se određuje značaj j -tog kriterijuma u modelu.

Uslov nesaglasnosti, koji se definiše pragom nesaglasnosti q i stvarnim indeksom nesaglasnosti:

$$d(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{za } I_2 = \emptyset \\ \frac{\max_j r(a,b)}{\max_j R_j} & \text{za } I_2 \neq \emptyset \end{cases} \quad (3.7)$$

Gde je:

I_2 - Skup svih kriterijuma po kojima je alternativa a lošija od alternative b ;

R_j - Maksimalni raspon ocena za svaki kriterijum; i

$r(a,b)$ - Razlika ocena kriterijumskih vrednosti alternative a i alternative b .

Rang alternativa se određuje poređenjima:

- a nadmašuje b ako je $c(a,b) \geq p$ i $d(a,b) \leq q$
- b nadmašuje a ako je $c(b,a) \geq p$ i $d(b,a) \leq q$
- u ostalim slučajevima kaže se da su alternative a i b *neuporedive*.

Gde je:

p - Najviši stepen saglasnosti ($p=1$);

q - Najniži stepen nesaglasnosti ($q=0$).

Na ovaj način se izdvajaju one alternative koje su bolje po svim kriterijumima istovremeno.

Kao što smo konstatovali, metoda ELECTRE II nastala je usavršavanjem metode ELECTRE I, koja daje delimičan poredak alternativa, a ELECTRE II potpuni. Metoda je opšteg karaktera i može se koristiti u rešavanju problema multiatributnog odlučivanja, gde se želi potpuno rangiranje alternativa. Metoda ne zahteva prethodnu analizu međuzavisnosti kriterijuma, nema ograničenja broja kriterijuma za rangiranje alternativa, a kriterijumi mogu biti iskazani kvantitativno i/ili kvalitativno [60]. Metoda ELECTRE III dopušta mogućnost korišćenja fazi (*fuzzy*) podataka i relacija. Rangiranje alternativa je prema delimičnom poretku, ređe prema potpunom. ELECTRE III koristi pojmove *nestabilne relacije* i *pragove veta*, koji omogućavaju uvođenje i korišćenje fazi (nedovoljno preciznih, rasplnutih) podataka [60].

Specifičnost ELECTRE IV je to što ne zahteva definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Pošto nema težinskih koeficijenata nema ni mogućnosti da donosilac odluke

dodelom visoke ili niske vrednosti pondera, neki kriterijum favorizuje ili umanjuje njegov značaj. Na taj način je isključen subjektivni uticaj donosioca odluke na rangiranje alternativa. Polazne pretpostavke metode su da nijedan kriterijum nije dominantan, ali i da nije zanemariv [62].

Koncepcijski algoritam metode ELECTRE formira devet sekvencijalnih faza [78]. Pretpostavimo da se postavlja problem izbora jedne od m alternativa A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) na osnovu n kriterijuma X_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Svaka alternativa predstavljena je vektorom

$$A_i = [x_{i1} \quad x_{i2} \quad \dots \quad x_{in}]$$

Gde je:

x_{ij} - Vrednost j -tog atributa za i -tu alternativu.

Tabela 3-2, Proceduralne faze ELECTRE

Faza	Opis	Matematički opis
1.	Određivanje normalizovane matrice koeficijenta r_{ij} (r_{ij}^+ za prihodne i r_{ij}^- za rashodne attribute):	$r_{ij}^+ = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad r_{ij}^- = \frac{\frac{1}{x_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{x_{ij}}\right)^2}} \quad (3.8)$
2.	Određivanje preferencijski normalizovane matrice koeficijenta v_{ij} , gde je:	$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$
3.	Za svaki par alternativa (k, s) ($k, s = 1, 2, \dots, m, k \neq s$) odrediti skupove slaganja C_{ks} , odnosno neslaganja D_{ks} :	$C_{ks} = \{j / x_{kj} \geq x_{sj}\} \quad (3.10)$
		$D_{ks} = \{j / x_{kj} < x_{sj}\} \quad (3.11)$
Skup indeksa kriterijuma u kojima A_k preferira nad A_s za max X_j		
Skup indeksa kriterijuma u kojima A_k ne preferira nad A_s za max X_j		
Kada je reč o kriterijumima minimizacije važi obratno.		
4.	Odrediti matricu slaganja koeficijenta c_{ks} koji mere učestalost kriterijuma gde alternativa A_k preferira u odnosu na alternativu A_s . Indeksi c_{ks} se izračunava:	$c_{ks} = \frac{\sum_{j \in C_{ks}} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (3.12)$
5.	Odrediti matricu neslaganja koeficijenta d_{ks} koji mere učestalost kriterijuma, gde alternativa A_k ne preferira u odnosu na alternativu A_s . Indeks d_{ks} se izračunava:	$d_{ks} = \frac{\max_{j \in D_{ks}} v_{kj} - v_{sj} }{\max_{j \in J} v_{kj} - v_{sj} } \quad (3.13)$

6. Određivanje matrice dominacije slaganja elemenata f_{ks} , koji mogu uzimati vrednosti 0 ili 1, u zavisnosti od praga slaganja c , koji je definisan relacijom:
- $$c = \frac{\sum_{k=1, k \neq s}^m c_{ks}}{m(m-1)}, \quad s = 1, 2, \dots, n \quad (3.14)$$
- Vrednost koju uzima indeks f_{ks} definiše se poređenjem:
- $$f_{ks} = \begin{cases} 1, & \text{ako je } c_{ks} \geq c \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

7. Analogno prethodnom koraku, utvrđuje se matrica dominacije neslaganja elemenata g_{ks} , koristeći d - prag neslaganja:
- $$d = \frac{\sum_{k=1, k \neq s}^m d_{ks}}{m(m-1)}, \quad s = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$
- $$g_{ks} = \begin{cases} 1, & \text{ako je } d_{ks} \geq d \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

8. Na bazi matrice dominacije slaganja i matrice dominacije neslaganja, formira se agregirana matrica dominacije indeksa e_{ks} koje se izračunavaju:
- $$e_{ks} = f_{ks} g_{ks} \quad (3.16)$$

9. Agregirana matrica dominacije daje parcijalno preferirani poredak alternativa, ako je $e_{ks}=1$ tada alternativa A_k preferira u odnosu na alternativu A_s po oba kriterijuma (saglasnosti i nesaglasnosti), ali još uvek postoji mogućnost da A_k bude dominantnija od drugih alternativa. Važi formulacija:
- $$A_k \text{ neće biti } \begin{cases} e_{ks} = 1, \text{ za bar jedno } s, s = 1, 2, \dots, m, s \neq k \\ e_{ks} = 0, \text{ za } \forall i, i = 1, 2, \dots, m, i \neq k, i \neq s \end{cases} \text{ dominirana ako}$$

3.3. METODA AHP

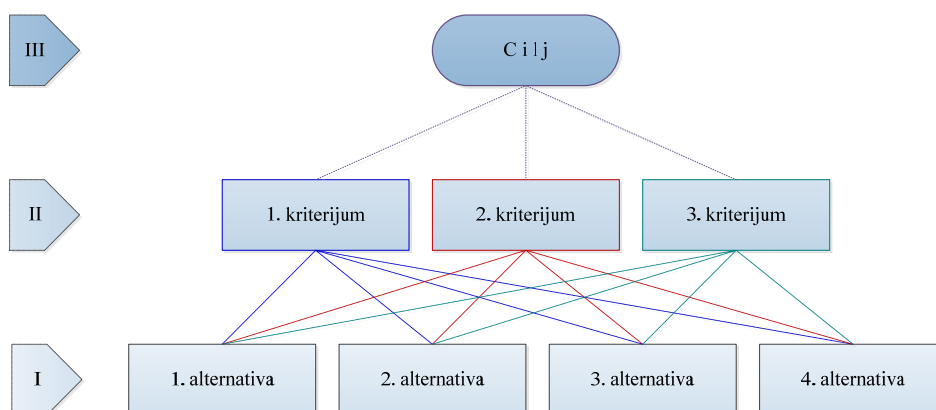
AHP metodu analize hijerarhijskog procesa (AHP, engl. *Analytic Hierarchy Process*) za multiatributno odlučivanje razvio je Thomas Saaty [79]. Konceptijski AHP metoda je postavljena na poređenju parova alternativa, poredi se svaka sa svakom alternativa. Donosilac odluke definiše intenzitet i težinu preferencije jedne alternative u odnosu na drugu, unutar zadatih kriterijuma, koje takođe upoređuje prema svojim preferencijama i intenzitetu [7].

Samo donošenje odluke je proces vrednovanja alternativa koje zadovoljavaju skup postavljenih ciljeva (kriterijuma). Suština problema je izbor alternative koja najbolje zadovoljava ceo skup ciljeva [60]. Donošenje odluke je proces određivanja numerički iskazanih težinskih vrednosti alternativa u odnosu na podciljeve, podciljeva u odnosu na ciljeve i ciljeva u odnosu na glavni (globalni) cilj.

Multiatributno odlučivanje AHP metodom obuhvata *hijerarhijsko strukturiranje problema i procenu* [79], a postupak je:

1. Razvoj hijerarhijskog modela problema. U modelu je cilj na vrhu strukture, kriterijumi i podkriterijumi na srednjim nivoima, a alternative na dnu, slika 3-1;
2. Na svim nivoima hijerarhijske strukture, u parovima se međusobno porede elementi nivoa. Preferencije donosioca odluke izražavaju pomoću Saaty-jeve skale relativne važnosti, tabela 3-3;
3. Na osnovu procena relativnih važnosti elemenata hijerarhijskih nivoa, izračunavaju se lokalni prioriteti (težine) kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, koji se zatim sintetiziraju u ukupne prioritete alternativa. Ukupni prioritet alternative izračunava se sabiranjem njenih lokalnih prioriteta ponderisanjem sa težinama elemenata višeg nivoa;
4. Izvodi se analiza osetljivosti.

Dakle, rešavanje problema odlučivanja AHP metodom metodološki se temelji na hijerarhijskom strukturiranju problema na tri nivoa [79]: I cilj, II kriterijumi i III alternative.



Slika 3-1, Principijelna šema hijerarhijskog strukturiranja problema

Strukturiranje hijerarhije problema je važno za definisanje tri ključna činioca: kriterijuma optimalnosti, podkriterijuma i alternativa. Donosiocu odluke strukturiranje hijerarhije omogućava bolji opšti uvid u problem, u relacije između elemenata i pomaže u ispitivanju homogenosti elemenata istog nivoa. Pri poređenju elemenata po parovima na istom hijerarhijskom nivou, donosilac odluke se služi procenama, utemeljenim na znanju i vlastitom iskustvu, ukupan broj poređenja elemenata nivoa je $n \times (n-1)/2$. Za poređenja elemenata koriste se razne vrednosne skale, najčešće se koristi Satijeva (kreirao autor AHP metode T. Saaty) skala sa 9 vrednosti, tabela 3-3 [79].

Tabela 3-3, Satijeva skala poređenja

Značaj	Definicija	Tumačenje
1	Istog značaja	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na cilj
3	Slaba dominacija	Neznatno favorizovanje jednog elementa u odnosu na drugi
5	Jaka dominacija	Favorizovanje jednog elementa u odnosu na drugi
7	Demonstrativna dominacija	Dominantnost jednog elementa potvrđena u praksi
9	Apsolutna dominacija	Dominantnost najvišeg stepena
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	Potreban kompromis ili dalja podela

Poređenje dva elementa izvodi se korišćenjem Satijeve skale, tabela 3-3, vrednovanja:

$$S = \{ 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \}$$

Poređenjem elemenata na datom hijerarhijskom nivou, odnosno poređenjem elementa i u odnosu na element j uz pomoću Satijeve skale određuju se koeficijenti a_{ij} i unose na odgovarajuće pozicije u *matricu poređenja* A [79].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Da bi se očuvala konzistentnost rasuđivanja, recipročna vrednost poređenja smešta se na poziciji a_{ji} , tako npr. ako je element 1 neznatno favorizovan u odnosu na element 2, vrednost koeficijenta a_{12} matrice A bila bi 3, a koeficijenta a_{21} recipročna 1/3. Saglasno principu konzistentnog vrednovanja matrici A ekvivalentna je matrica B :

$$B = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

Gde je: w_i – relevantni težinski koeficijent elementa i .

Predložene su različite metode da bi se iz matrice A ekstrahovale vrednosti vektora težinskih koeficijenata $w^T = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ koje bi bile bliske aproksimacije odgovarajućih elemenata matrice B . Sati predlože da se za matricu A najpre odredi njena maksimalna sopstvena vrednost, λ_{\max} . Odgovarajući vektor može se zatim uzeti kao vektor približnih vrednosti težinskih koeficijenata w^T . Proizilazi da se vektor w može dobiti rešavanjem sistema homogenih linearnih jednačina:

$$Aw = mw \quad (3.19)$$

Preporučuju se i druge tehnike za određivanje vektora težinskih koeficijenata w [60]. Tako npr. normalizacijom geometrijske sredine elemenata po redovima matrice (ovaj pristup se ređe sreće u praksi) ili sumiranjem redova matrice rezultata poređenja i normalizovanjem dobijenih suma kako predlaže takođe Sati, ili preko normalizacije suma kolona recipročnih vrednosti i sl. [79]. Kada se na neki od navedenih načina odredi vektor težinskih koeficijenata w se zatim množi sa težinskim koeficijentom elementa višeg nivoa koji se koristi kao kriterijum pri poređenju.

Algoritamska procedura se ponavlja kretanjem ka nižim hijerarhijskim nivoima. Težinski koeficijenti se računaju za svaki element na određenom nivou i zatim koriste za određivanje *kompozitnih relativnih težinskih koeficijenata* elemenata nižih nivoa [79]. Kada se postupak sprovede do (najnižeg) nivoa na kome su alternative, određuju se kompozitni težinski koeficijenti svih alternativa. Zbir ovih koeficijenata je 1, a donosilac odluke ima na raspolaganju dve bazne informacije:

- a. Poznat je relativan značaj svake alternative u odnosu na postavljeni cilj; i
- b. Definisan je redosled alternativa po značaju (rangu).

DO je retko kada konzistentan pri rasuđivanju i procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih parametara problema. Odmeravanjem stepena nekonzistentnosti donosioca odluka AHP metoda u izvesnoj meri ublažava ovaj problem, što je i čini jednom od popularnijih metoda MAO. Stepenn konzistentnosti (CR) predstavlja odnos indeksa konzistentnosti (CI) i slučajnog indeksa (RI):

$$CR = CI / RI \quad (3.20)$$

Gde je:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (3.21)$$

Slučajni indeks (RI) zavisi od reda matrice, i preuzima se prema Satiju iz tabele 3-4.

Tabela 3-4, Slučajni indeks

Red matrice poređenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Slučajni indeks (RI)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Ako je stepenn konzistentnosti (CR) manji od 0,10, rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poređenjima i ponavljanju proračuna. Ako je stepenn konzistentnosti veći od 0,10, rezultate bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti. Procedura uklanjanja nekonzistentnosti podrazumeva delomično ponavljanje poređenja po parovima. Ako ovo ne dovede do sniženja stepena konzistentnosti do 0,10, rezultate treba odbaciti i ponoviti kompletan postupak od početka.

3.4. MODEL VIKOR

Model višekriterijumskog kompromisnog rangiranja (*VIKOR, Višekriterijsko Kompromisno Rangiranje*) koncipirana je tako da se donosiocu odluke predlažu alternative koje predstavljaju kompromis između želja i mogućnosti, ili kompromis između različitih interesa učesnika u odlučivanju. Kompromisno rešenje je moguće rešenje, i predstavlja kompromis za međusobno učinjene ustupke između alternativa. Metoda je razvijena za multikriterijumsku optimizaciju složenih sistema, sa fokusom na rangiranje u uslovima protivrečnih kriterijuma [64].

Postupak računanja ovom metodom započinje formiranjem matrice odlučivanja (3.22) i nastavlja procedurom prikazanom u tabeli 3-5 [60,64].

$$R = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ & w_1 & w_2 & \dots & w_m \\ A_1 & \left[\begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{array} \right. \end{matrix} \quad (3.22)$$

Tabela 3-5, Proceduralne faze VIKOR metode

Faza	Opis	Matematički opis
1.	Određivanje najveće (x_i^*) i najmanje (x_i^-) vrednosti datog kriterija. Kada se formira matrica odlučivanja, za svaki kriterijum se traži max. i min. vrednost.	$x_i^* = \max_j x_{ij}$ $x_i^- = \min_j x_{ij}$ (3.23)
2.	Računanje vrednosti S_j pesimističkog rešenja, i R_j očekivanog rešenja. Donosilac odluke preferira kolike će težinske koeficijente dodeliti ovim vrednostima.	$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (x_i^* - x_{ij}) / (x_i^* - x_i^-)$ $R_j = \max_i [w_i (x_i^* - x_{ij}) / (x_i^* - x_i^-)]$ <p>Gde je: w_i - težina kriterijuma</p> (3.24)
3.	Računanje vrednosti za Q_j (kompromisno rešenje).	$Q_j = v(S_j - S^-) / (S^* - S^-) + (1-v)(R_j - R^-) / (R^* - R^-)$ <p>Gde je:</p> $S^- = \min_j S_j; S^* = \max_j S_j$ $R^- = \min_j R_j; R^* = \max_j R_j$ (3.25)
4.	Rangiranje se izvodi sortiranjem alternativa prema merama R_j, S_j i Q_j . Najbolja alternativa je ona za koju je vrednost mere najmanja i ona zauzima prvu poziciju na rang listi. Alternativa a_j je bolja od alternative a_k ako je $Q_j < Q_k$. Ovako se dobiju tri rang liste. Mera Q_j je linearna funkcija težine strategije zadovoljenja većine kriterijuma (v), pa je pozicija na listi Q linearna kombinacija pozicija na listama R i S . Glavni rang je rezultat kompromisa rang lista alternativa i kompromisnog rešenja sa određenom stopom. Poredak po VIKOR metodi može biti izveden sa različitim težinama, sagledavajući tako uticaj težina na predlog kompromisnog rešenja.	

VIKOR je korisna metoda za podršku odlučivanju u situacijama kada donosilac odluke nije u stanju, ili ne zna kakao da izraziti težinske koeficijente za kriterijume pri formiranju početne matrice modela.

3.5. OSTALI MODELI

Osim opisanih i u praksi najviše primenjivanih modela, koriste se i drugi u principu jednostavniji MKO/MAO modeli, npr. *Leksikografski, Model dominacije, max/min i max/max, Konjunktivni i disjunktivni modeli, Model linearnog dodeljivanja ranga, Model aditivnih težina, I-odstojanja, TOPSIS, CP* itd. [60,62].

Leksikografski model, koncipirana je na ideji redosleda značajnosti kriterijuma. Polazeći od kriterijuma sa najvišim prioritetom, određuje se skup najboljih alternativa. Postupak se zaustavlja kada se dobije jednočlani skup [60].

Modeli dominacije, max/min i max/max, pripadaju familije jednostavnijih modela. Modeli ne zahtevaju informacije o kriterijumima i alternativama, na početku se izvodi transformacija atributa, na načine: dominacija, max/min i max/max. Dominacija određuje kao najpovoljniju alternativu onu koja dominira nad ostalim. Max/min određuje kao najpovoljniju alternativu onu koja ima najveću između najmanjih transformisanih vrednosti. Max/max favorizuje kao najpovoljniju varijantu onu sa najvećom između najvećih transformisanih vrednosti [62].

Konjunktivni i disjunktivni modeli, modeli zahtevaju standardne informacije o kriterijumima. Prema konjunktivnom modelu prihvatljiva je alternativa koja potpuno zadovoljava kriterijumske zahteve. Disjunktivni model određuje kao prihvatljivu alternativu ako zadovoljava bar jedan kriterijum.

Model linearnog dodeljivanja ranga, zahteva informacije o kriterijumima iskazane u obliku težinskih koeficijenata. Posle analize težinskih koeficijenata, formira se model (0-1) rasporeda, čije rešenje predstavlja najpovoljniji rang alternativa [60].

Modeli aditivnih težina, koriste aditivne težine atributa. U ovoj grupi su dva modela, Model jednostavnih aditivnih težina i Model hijerarhijskih aditivnih težina.

Model I-odstojanja (razvio B. Ivanović). Model je koncipirana na principu utvrđivanju standardnog odstupanja posmatranih alternativa od maksimalnih ili minimalnih (zavisno od toga šta je uzeto za reper) vrednosti alternativa. Izračunavanjem odstupanja od repera

posmatrana alternativa dobija poziciju na rang listi. Ukoliko je odstupanje manje posmatrana alternativa je bolje rangirana i obratno [62].

TOPSIS model utvrđivanja sklonosti i sličnosti prema idealnom rešenju, u principu se koristi kao alternativa ELECTRE modelu [56]. Rangiranje alternativa se izvodi prema udaljenosti od tzv. idealnog i anti idealnog rešenja. Najpovoljnija alternativa je ona koja je geometrijski najbliža idealnom i najudaljenija od anti idealnog rešenja. Rangiranje alternativa se izvodi na osnovu relativne sličnosti sa idealnim rešenjem, čime se izbegava mogućnost da alternativa istovremeno ima istu sličnost sa idealnim i idealnim anti rešenjem. Idealno rešenje se definiše na osnovu najboljih rejting vrednosti alternativa po pojedinačnim kriterijumima, a negativno idealno rešenje obrnuto [51].

CP model kompromisnog programiranja, rangira alternative na osnovu bliskosti sa „idealnim” vrednostima kriterijuma. Model promovise kao najbolju, alternativu sa najmanjim rastojanje od idealnog rešenja [62].

4. TEST EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

4.1. OSOBENOSTI EKSPLOATACIJE MINERALNIH SIROVINA

Eksploataciju mineralnih sirovina karakteriše multivarijabilnost uslova i sekvencijalnost procesa sa pet osnovnih faza: (1) Prospekcija, geološka istraživanja i elaboracija rezultata istraživanja; (2) Studijske analize i projektovanje; (3) Izgradnja infrastrukturnih objekata i otvaranje rudnika; (4) Izvođenje eksploatacionih radova i (5) Rekultivacija, revitalizacija i uređenje degradiranog zemljišta [59, 98].

U prvoj - početnoj fazi, geolozi opažanjima, merenjima, istražnim radovima (bušenje, podzemni istražni radov i sl.) i laboratorijski, ispituju svojstva terena u omeđenom prostoru. U traganju za mineralnim sirovinama cilj je utvrđivanje kvantitativnih i kvalitativnih geoloških, inženjerskogeoloških, hidrogeoloških, geohemijskih, mineraloško-petrografskih i drugih (varijabilnih) obeležja istraživane sredine. U ovoj fazi, utvrđuju se količine (rezerve), koncentracija mineralnih vrsta, varijabilnost geoloških obeležja u rudnom telu (Krigovanje i tehnika simulacije) i izvodi vrednosna i procena tržišno-ekonomskih parametara [76, 117].

Sledi prvi korak druge faze, odnosno, studijska analiza u cilju ocene isplativosti eksploatacije ležišta. Ukoliko je ishod analize pozitivan sledi definisanje mogućih rešenja (alternativa) eksploatacije i eksploatacionog zahvata, a zatim izbor najpovoljnije varijante. U narednom koraku, usvojeno rešenje se tehnički i tehnološki detaljno razrađuje u projektnoj

dokumentaciji, koja kao operativna vodilja služi za izvođenje rudarskih radova i izgradnju infrastrukturnih i pratećih objekata rudnika [49].

Naredna, treća faza, obuhvata izgradnju infrastrukturnih i pratećih objekata rudnika (putevi, montažni plac, magacini, radionice, objekti sistema za zaštitu od voda, sistemi za napajanje električnom energijom i vodosnabdevanje, kanalizaciona mreža, upravni objekat sa dispečerskim centrom, i sl.) i izvođenje rudarskih radova na otvaranju ležišta [49].

Posle završene figure otvaranja (površinska eksploatacija) odnosno izvedenih pripremnih radova (podzemna eksploatacija) počinje četvrta - faza eksploatacionih radova, koja za razliku od prethodnih u principu traje znatno duže (i po više decenija). U toku dugog eksploatacionog veka rudnika, dolazi do promena brojnih uticajnih činilaca (geoloških, hidrogeoloških, inženjerskogeoloških, morfoloških, hidroloških, tehničkih, tehnoloških, ekonomskih, tržišnih, regulativnih, političkih, geopolitičkih, ekoloških, prostorno-planerskih i dr.) što generiše multivarijabilnost uslova rudničkog funkcionisanja i veoma usložnjava upravljanje [102].

Peta, završna faza životnog ciklusa rudnika - rekultivacija, revitalizacija i uređenje predela, obuhvata projektovanje trajne obustave eksploatacionih radova, izvođenje tehničke i biološke rekultivacije degradiranog prostora. Cilj je uređenje, vraćanje prostoru prirodnih i zavisno od uslova novih ekonomski funkcija.

Suština ovog prikaza aktivnosti od namere (ideje) do proizvedene tone rude (koncentrata), nije formalizacija poznate činjenice o sekvencijalnosti procesa u mineralno-sirovinskom kompleksu, već uočavanje multivarijabilnosti procesa sa obeležjima: brojnost i promenljivost uticajnih činilaca, dugotrajnost procesa, uslovljenost, remanencija, stohastičnost, česta ne predvidljivost, suprotstavljenost težnji, podložnost spoljnim uticajima i sl. Iz ovoga proizilazi zaključak da je upravljanje u mineralno-sirovinskom kompleksu zahtevan i složen inženjerski zadatak koji traži efikasnu podršku u analizi i odlučivanju.

Metode operacionih istraživanja (OI), kao familija kvantitativnih alata za podršku odlučivanju i upravljanje, imaju široki spektar primena u rešavanja brojnih i različitih problema. Koriste se uspešno u geologiji i u rudarstvu u svim fazama, od planiranja i racionalizacije geoloških istražnih radova, homogenizacije rude, pripreme mineralnih

sirovina, izbora mesta i načina otvaranja rudnika, rešavanja lokacijsko-alokacijskih problema, tehnologije izvođenja rudarskih radova, izbora opreme i mašina, definisanja pozicije rudničkih objekata, definisanja graničnih eksploatacionog zahvata, izbora i dimenzionisanja sistema za odvodnjavanje, projektovanje sistema za ventilaciju rudnika, sistema za napajanja el. energijom, izbora kadrova, ocene rizika, planiranja proizvodnje, rasporeda mašina u eksploatacionom polju, održavanja mašina, rešavanje operativnih inženjerskih zadataka u realnom vremenu itd. [59]. Bez obzira da li su primenjene metode OI optimizacije ili ne, uspešno se koriste kao alati za podršku odlučivanju i upravljanje u konkretnim problemskim situacijama i nezamenljive su u kvantitativnim analizama. Iako korišćenje metoda operacionih istraživanja u rudarstvu ima dugu tradiciju, početak je pedesetih godina prošlog stoleća sa primenom linearnog programiranja u planiranju proizvodnje uglja u Pensilvaniji SAD, mali je broj literaturnih izvora sa širim prikazima i konkretnim pregledima primena operacionih istraživanja u rudarskom inženjerstvu i proizvodnji.

Kao što smo naveli u uvodnom delu, uvođenje multivarijabilnosti u karakterizaciji rudničkih uslova, u okviru ovih istraživanja, podrazumeva objedinjeno značenje višestruke i višeslojne, uslovljene ili neuslovljene promenljivosti brojnih obeležja radne sredine u kojoj se deštuje. Objedinjenost podrazumeva sprezanje i tehničkih, tehnoloških, logističkih, tržišnih, geopolitičkih, socijalnih, urbanih, ekoloških i drugih činilaca lokalnog ili šireg karaktera. Za podršku odlučivanju u multivarijabilnom ambijentu, tipičnim za rudarstvo, posebno su vredni i značajni kvantitativni analitički modeli koncipirani na principima više kriterijalnosti ili više atributivnosti. Problemska prilagodljivost i parametarska fleksibilnost, čini ove modele pogodnim za modelovanje i analizu realnih rudničkih problema sa složenom i promenljivom parametarskom i kriterijumskom metrikom, sa netipiziranom i neograničenom alternativnošću i sa vremenskom neizvesnošću. Modeli mogu biti podjednako značajni kod donošenja odluka od strateške, taktičke ili operativne važnosti.

Eksperimentalna istraživanja u okviru disertacije, realizovana su na tri konkretna rudarska problema, sa ciljem sagledavanja odziva primenjenih MKO/MAO modelske platforme, sagledavanja korelativnosti, odstupanja, ograničenja, nedostataka, mogućih unapređenja, i na osnovu zaključaka definisanje algoritma za rešavanje rudničkih problema u multivarijabilnim uslovima. Eksperimentalna testiranja izvedena su na problemima:

1. Upravljanje pripremom izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje; izgradnja okna ima strateški značaj za Rudnik, četiri sekvencijalne multivarijabilne faze pripreme izgradnje, izdvajaju ovaj problem kao posebno vredan za istraživanja u okviru disertacije.
2. Upravljanje racionalizacijom strukture sistema površinskih kopova tehničkog kamena u okolini Velenja; problem je multivarijabilne lokacijsko-alokacijske prirode i taktičkog značaja, što ga čini netipičnim i vrednim za predmetna istraživanja.
3. Projekat izbora tehnološkog sistema površinskog kopa „Majdan III” Potisje Kanjiža, je problem operativne prirode, sa aspekta ovih istraživanja jedinstven je pošto pruža mogućnost proveru donete odluke na osnovu analize PROMETHEE modelom. Odluka je realizovana 2000. godine, 13 godina eksploatacije i praćenja rada BTO sistema, daje nepobitne podatke na osnovu kojih se može objektivno oceniti valjanost preporučenog i realizovanog rešenja, a naknadnom analizom izbora tehnološkog sistema i sa drugim modelima, pruža se mogućnost komparativne analize multimodelskih rešenja i objektivna vrednosna ocena primenjenih modela.

4.2. UPRAVLJANJE PROCESOM PRIPREME IZGRADNJE IZVOZNOG OKNA RUDNIKA UGLJA VELENJE

4.2.1. Prikaz problema

Izvozno okno je kapitalni rudnički objekat, kojeg ne gradi svaka generacija inženjera. Može se kazati, da je privilegija svakog rudarskog inženjera koji je imao priliku da radi na takvom projektu. U gradnji ovakvih objekata veoma je važno da se pre početka predvide i prikupe informacije o geološkim, geomehaničkim, hidrogeološkim, gasometrijskim, konstruktivnim i drugi parametrima, da se sagledaju moguća alternativna rešenja, definišu izborni kriterijumi i dr. Ovo je neophodno da bi se obezbedila pouzdana osnova za projektovanje, kvantitativnu analizu i odlučivanje. Da bi se ovo postiglo, uslov je razdvajanje projekta na sekvencijalne faze. Razdvajanjem se obezbeđuje veća detaljizaciju u analizi, a cilj je efikasnost i pouzdanost odlučivanja i upravljanja projektom.

U Rudniku uglja Velenje, sa godišnjom proizvodnjom oko 5 miliona tona lignita, zbog udaljavanja dva radilišta od postojećeg okna i povećanja dužina transportnih puteva, kao i

zbog izgradnje novog bloka TE Šoštanj i potrebe rekonstrukcije transportnog sistema za ugalj između Rudnika i TE, zaključeno je da je u sklopu ovih investicionih aktivnosti, neophodno izgraditi i novo izvozno okno. Predračunska investiciona vrednost okna je oko 40 miliona evra, a izgradnja veoma zahtevan inženjerski zadatak.

Brojni su činioci stohastičke prirode, često međusobno suprotstavljeni, promenljivi u prostoru i vremenu, koji utiču u većem ili manjem stepenu na opredeljenja i odluke pre i u toku gradnje okna. Ilustracije radi navodimo kao primer pojavu metana, na šta se računa tokom gradnje okna, i koja u potpunosti ima obeležja stohastičnosti i promenljivost u vremenu i u prostoru. Nemoguće je precizno predvideti na kojoj će se dubini i sa kojom koncentracijom pojaviti metan, a to se direktno reflektuje na definisanje ventilacionog sistema, na izbor opreme za izvođenje radova, izvoz i troškove gradnje.

Radi efikasnije analize projekta, transparentnog sagledavanja i metrične selekcije uticajnih činilaca, izvršena je dekompozicija problema tako što je upravljanje procesom priprema izgradnje vertikalnog izvoznog okna podeljeno u 4 sekvencijalne faze:

1. Izbor projektantske organizacije;
2. Izbor lokacije okna;
3. Izbor tehnologije za izgradnju vertikalnog okna;
4. Izbor izvođača radova.

Podela je mogla biti drugačija, međutim za naša istraživanja to nije od značaja. Da bi se sagledala adaptivnost modela na multivarijabilnost problema upravljanja pripremom izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje, potvrdila ili negirale pretpostavke o efikasnosti kvantitativne analize, i sve to rezultiralo određenim saznanjima, test eksperimenti izvedeni su paralelno na modelskim platformama PROMETHE, ELECTRE, VIKOR i AHP. Korišćeni su stvarni ili timski procenjeni podaci, koji su autoru disertacije kao jednom od kreatora izgradnje i rukovodiocu RGP-a kao zainteresovanoj strani za izgradnju okna, stajali na raspolaganju. U nastavku su dati sažeti opisi virtuelnih eksperimenata, a kompletni rezultati prikazani su u prilogima A1-A4.

4.2.2. Izbor projektantske organizacije

Poznato je, da je danas malo projektantskih organizacija dovoljno stručnih za projektovanje izvoznog okna. Kod izbora projektne organizacije kojoj će se poveriti projektovanje, neophodno je posebno vrednovati iskustvo u predmetnoj oblasti. U testu figurišu četiri

projektantske organizacije, iz razumljivih razloga ne navodimo njihove nazive, već simbolične: PO₁, PO₂, PO₃ i PO₄. U baznom modelu, tabela 4-1, navedeni su ključni podaci neophodni u analizi. U kriterijumskom, odnosno atributskom bloku označeni su sa: K₁ – ponuđena cena (u €); K₂ – reference projektantske organizacije (kvalitativna metrika); K₃ – ponuđeni rokovi izrade projektne dokumentacije (u mesecima); K₄ – uslovi finansiranja (kvalitativna metrika); K₅ – garancije (kvalitativna metrika). Tipom max/min određena je ekstremizacija atributa. Primenjena metrika atributa je kombinovana, za K₁ i K₃ je kvantitativna, a za K₂, K₄ i K₅ kvalitativna, sa variranjem ocena u rasponu od 4 do 10. Preferencije prema atributima variraju od 0,15 do 0,35. Inicijalni matricni model za izbor projektantske organizacije prikazan je tabelarno, tabela 4-1.

Tabela 4-1, Kvantifikovani inicijalni model izbora projektantske organizacije

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
min/max		min	max	min	max	max
Preferencija		0,35	0,35	0,20	0,25	0,15
Proj. organ.	PO ₁	0,8	9	8	8	7
	PO ₂	1,7	10	10	8	8
	PO ₃	1,1	7	12	5	6
	PO ₄	1,05	5	12	4	6

Napomena: Vrednosti atributa K₁ izražene su u milionima €, a K₃ u mesecima.

U nastavku su prikazani samo ishodni, a u Prilogu A1, kompletni rezultati test analize.

Tabela 4-2, PROMETHEE model, matrica indeksa preferencija

	PO ₁	PO ₂	PO ₃	PO ₄	T ⁺	T	Rang
PO ₁	0,0000	0,4231	1,0000	1,0000	0,8077	0,6795	1
PO ₂	0,3846	0,0000	0,7308	0,7308	0,6154	0,2949	2
PO ₃	0,0000	0,2692	0,0000	0,4615	0,2436	-0,4231	3
PO ₄	0,0000	0,2692	0,2692	0,0000	0,1795	-0,5513	4
T ⁻	0,1282	0,3205	0,6667	0,7308			

Tabela 4-3, ELECTRE model, matrica agregatne dominacije

	PO ₁	PO ₂	PO ₃	PO ₄	Rang
PO ₁	0	1	1	1	1
PO ₂	0	0	0	0	3
PO ₃	0	0	0	1	2
PO ₄	0	0	0	0	3

Tabela 4-4, AHP model, normalizovana matrica

		Atribut					Rešenje	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅		
min/max		max	max	max	max	max		
Proj. organ.	PO ₁	0,3378646	0,2903226	0,319149	0,32	0,259259	0,309680	1
	PO ₂	0,1589951	0,3225806	0,255319	0,32	0,296296	0,264661	2
	PO ₃	0,2457197	0,2258065	0,212766	0,20	0,222222	0,223785	3
	PO ₄	0,2574206	0,1612903	0,212766	0,16	0,222222	0,201873	4
Preferencija		0,2692308	0,2692308	0,153846	0,1923077	0,115385		

Tabela 4-5, VIKOR model, rang projektnih organizacija, varijabilno V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rang											
PO ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PO ₂	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
PO ₃	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
PO ₄	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabela 4-6, Upoređenje poredaka projektnih organizacija

Projektna organizacija	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_1=0,5$)
Rang projektne organizacije				
PO ₁	1	1	1	1
PO ₂	2	3	2	3
PO ₃	3	2	3	2
PO ₄	4	3	4	4

Rezultati ove analize pokazuju 100% ekvivalenciju rangova projektantskih organizacija dobijenih PROMETHEE i AHP modelima, i 75% ekvivalenciju rangova dobijenih ELECTRE i VIKOR modelima. Potpuna saglasnost sva četiri modela je za prvo rangiranu projektantsku kuću PO1, te je izbor ove kuće kao najbolje decidan. Pošto se posao projektovanja dodeljuje jednoj projektantskoj kući, poredak ostalih konkurenata nije od značaja za odlučivanje.

4.2.3. Izbor mesta gradnje okna

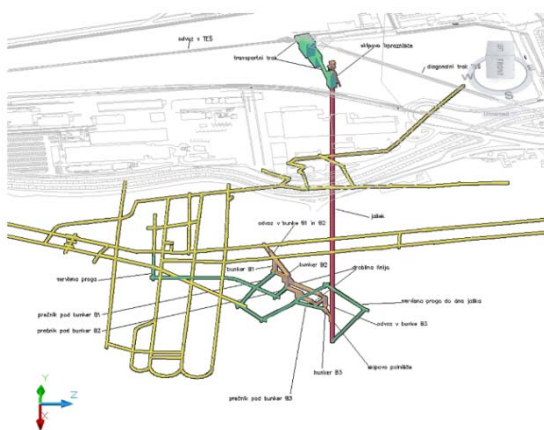
Projektanti su imali ozbiljnu dilemu u vezi izbora mesta gradnje novog izvoznog okna, pošto na odluku utiče više činilaca. Od primarnog uticaja su: mogućnost komunikacionog povezivanja sa TE Šoštanj, pozicija okna u odnosu na pomeranje eksploatacionih radova u jama, multivarijabilni uslovi u radnoj sredini mikro lokacije, prognoza mogućnosti pojave metana, hidrogeološke i inženjersko geološke prilike, konekcija sa postojećom

infrastrukturu Rudnika i troškovi gradnje. Nakon analize projektanti su predložili četiri potencijalne lokacije za gradnju okna u industrijskom krugu Rudnika. Na slici 4-1 obeležene su lokacije, a na slikama 4-2 i 4-3, prikazani su 3D pozicioni modeli postojećeg i novog okna na lokaciji B.

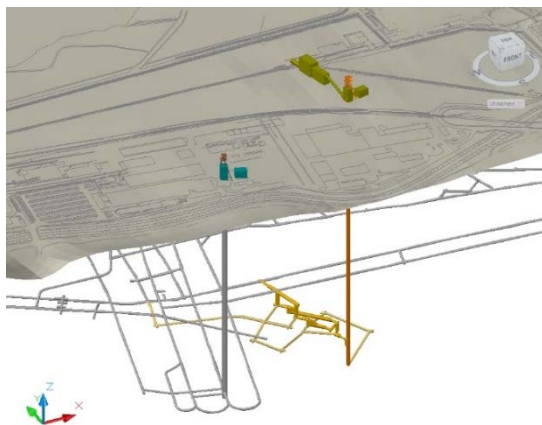
Dakle, projektanti su se u preliminarnoj analizi odlučili za četiri potencijalne lokacije A, B, C i D za gradnju izvoznog okna. U baznom modelu, tabela 4-7, prikazani su ulazni podaci, a u kriterijumskom, odnosno atributskom bloku označeni su sa: K_1 – pogodnost lokacije sa aspekta komunikacionog povezivanja sa TE Šoštanj (kvalitativna metrika); K_2 – pogodnost lokacije u odnosu na koncentraciju iz razvoj radova u jami (kvalitativna metrika); K_3 – pogodnost lokacije sa aspekta inženjersko-geoloških uslova i gasometrije (kvalitativna metrika); K_4 – pogodnost lokacije sa aspekta hidrogeoloških uslova (kvalitativna metrika); K_5 – pogodnost lokacije sa aspekta okruženja, odnosno postojeće infrastrukture Rudnika Velenje (kvalitativna metrika); K_6 – nivo investicija za pripremu lokacije (kvantitativna metrika). Tipom max/min određena je ekstremizacije atributa. Dominira kvalitativna metrika atributa, K_1 , K_2 , K_3 , K_4 i K_5 , sa variranjem ocena od 2 do 10. Za K_6 je novčani iskaz u ($\times 10^6$ €). Preferencije prema atributima, variraju između 0,10 i 0,50. Matrični inicijalni model za izbor mesta gradnje izvoznog okna prikazan je tabelarno, tabela 4-7.



Slika 4-1, Lokacija postojećeg (JAŠEK NOP) i potencijalnih mesta za gradnju novog okna (A,B,C,D).



Slika 4-2, 3D pozicioni model postojećeg okna



Slika 4-3, 3D pozicioni model postojećeg i okna na potencijalnoj lokaciji B

Tabela 4-7, Kvantifikovani inicijalni model izbora lokacije novog izvoznog okna Rudnika uglja Velenje

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
min/max		max	max	max	max	max	min
Preferencija		0,45	0,45	0,25	0,25	0,10	0,50
Lokacija	A	2	8	4	5	9	5
	B	7	10	8	9	10	5.5
	C	8	8	6	6	6	5.5
	D	5	10	8	9	9	4.7

Napomena: Vrednosti atributa K6 izražene su u milionima €.

U nastavku su prikazani samo ishodni, a u Prilogu A2, kompletni rezultati test analiza.

Tabela 4-8, PROMETHEE model, matrica indeksa preferencija

	A	B	C	D	T ⁺	T	Rang
A		0,2500	0,3000	0,0000	0,1833	-0,5417	4
B	0,7500		0,5250	0,2750	0,5167	0,2750	2
C	0,4750	0,2250		0,2250	0,3083	-0,2250	3
D	0,9500	0,2500	0,7750		0,6583	0,4917	1
T	0,7250	0,2417	0,5333	0,1667			

Tabela 4-9, ELECTRE model, matrica agregatne dominacije

	A	B	C	D	Rang
A		0	0	0	3
B	1		0	1	1
C	1	0		0	2
D	1	0	0		2

Tabela 4-10, AHP model, normalizovana matrica

		Atribut						Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆		
min/max		max	max	max	max	max	min		
Lokacija	A	0,09090909	0,22222222	0,15384615	0,1724138	0,26470588	0,2575984	0,1888719	4
	B	0,31818182	0,27777778	0,30769231	0,3103448	0,29411765	0,2341804	0,2845965	1
	C	0,36363636	0,22222222	0,23076923	0,2068966	0,17647059	0,2341804	0,2538950	3
	D	0,22727273	0,27777778	0,30769231	0,3103448	0,26470588	0,2740409	0,2726365	2
Preferencija		0,225	0,225	0,125	0,125	0,05	0,25	0,225	

Tabela 4-11, VIKOR model, rang lokacija, varijabilno V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rang											
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
C	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2
D	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3

Tabela 4-12, Upoređenje poredaka lokacija

Lokacija	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_1=0,5$)
Rang lokacije				
A	4	3	4	4
B	2	1	1	2
C	3	2	3	3
D	1	2	2	1

Rezultati pokazuju 100% ekvivalenciju rangova lokacija prema PROMETHEE i VIKOR (za $V_1=0,50$) modelima, i ekvivalenciju prvorangirane lokacije prema ELECTRE i VIKOR modelima. Prema ELECTRE modelu poredak lokacija se kreće od 1 do 3, pošto alternative C i D imaju isti rang. Zbog rasipanja poredaka multimodelskih lokacija, u ovom slučaju donošenje odluke o izboru najpovoljnijeg mesta za gradnju izvoznog okna zahteva dodatnu analizu u kojoj treba rešiti dilemu koja je lokacija povoljnija B ili D.

4.2.4. Izbor tehnologije gradnje izvoznog okna

Posle odluke o lokaciji okna, sledi analiza projekatnata o izboru tehnologije izrade izvoznog okna. To je inženjerski zadatak sa sadejstvom brojnih faktora različitih upliva, koje funkcionalno možemo grupisati u tri logičke celine:

- *Ekonomski faktori* (investicioni troškovi, konstrukcija finansiranja, transportni i troškovi osiguranja opreme, troškovi montaže opreme, troškovi radne snage,

specifični troškovi izgradnje, lobiranje-granica dozvoljenog i nedozvoljenog i mogući uticaji na izbor tehnološkog rešenja, ...);

- *Prirodni faktori* (geološka građa radne sredine, tektonika, geofizička obeležja-magnetno polje, gravitacija, brzina seizmičkih talasa, električna i toplotna provodljivost, gama zračenje, hidrogeološka obeležja radne sredine-prisustvo podzemnih voda, geomehanička obeležja-pritisna čvrstoća, specifična težina, vlažnost, sila bubrenja, modul stišljivosti, modul deformacija, Poisson-ov broj, pritisci, tvrdoća, kompaktnost stenske mase i druga fizičko mehanička svojstva stenskog masiva, prisustvo gasova, ...);
- *Tehnički faktori* (dubina i geometrija okna, način podgrađivanja, organizacija prostora u toku gradnje-provetranje, prolaz ljudi, prevoz materijala, presipi, cevi i kablovi i sl., premer, podzemna dostupnost, uslovi nabavke i transporta opreme, pripremni radovi, raspoloživa oprema, montažni plac, postrojenje za proizvodnju betona, kompresorsko postrojenje, ventilacioni zahtevi i postrojenje za ventilaciju, transport i lokacija deponije za odlaganje otkopanog materijala, napajanje el. energijom, prevoz ljudi, potrebna kvalifikaciona struktura radne snage, poznavanje tehnologije izgradnje okna, vreme izgradnje, ekološka zahtevi i adaptivnost, ...).

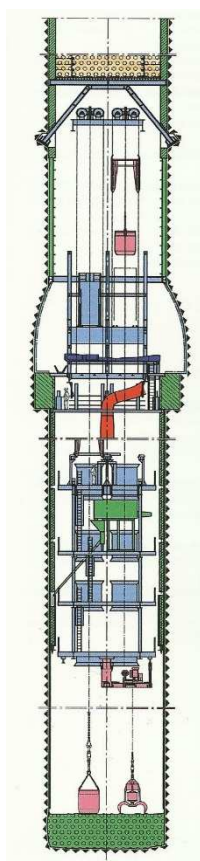
Kao potencijalno primenljiva analizirana su četiri tehnološka rešenja izgradnje izvoznog okna:

- a. Klasični postupak izgradnje okna od gore na dole bez transportne bušotine (T_1);
- b. Postupak izgradnje odole na gore, iz jame (T_2);
- c. Postupak izgradnje okna od gore na dole sa transportnom bušotinom (T_3);
- d. VSM tehnologija, bušenje celog profila (T_4).

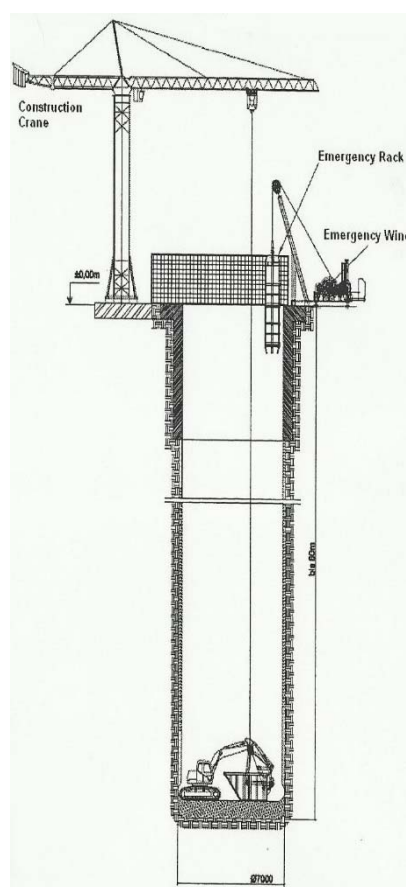
Klasičan postupak izgradnje okna »od gore na dole« bez transportne bušotine je najstarija tehnologija u rudarstvu, može se primeniti u svim radnim sredinama. Sa dubljenjem okna počinje se kad se završe pripremni radovi i montira oprema za opsluživanje. Dubljenje se izvodi po segmentima, zavisno od stene, graferima, manjim bagerima ili bušenjem i miniranjem. Izvoz iskopanog materijala izvodi se u sudu (kontejneru) izvoznom mašinom, koja služi i za dostavu materijala i prevoz radnika. Za izvođenje radova veoma je značajna signalizacija, separatno provetranje i crpenje vode. Na slici 4-4, prikazani su detalji izgradnje okna ovim postupkom.



a. Izgradnja okna,
otkopavanje bagerom



b. Otkopavanje grajferom

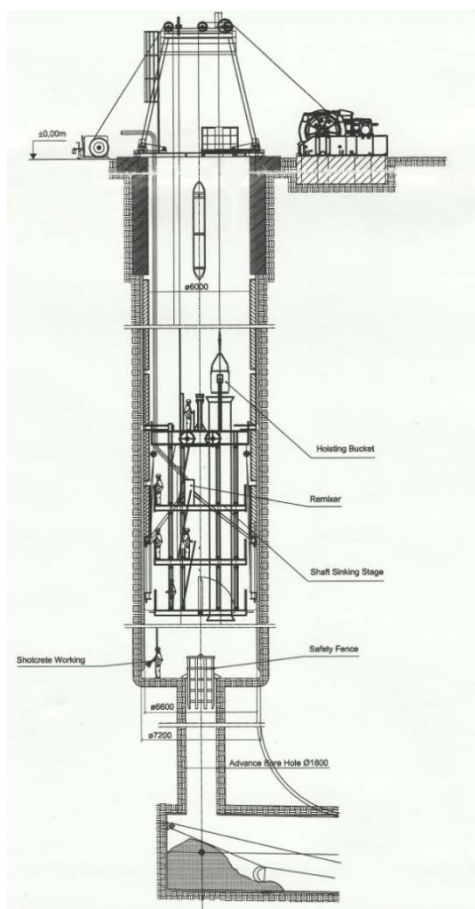


c. Otkopavanje bagerom

Slika 4-4, Klasičan postupak izgradnje okna
„od gore na dole” bez transportne bušotine

Postupak izgradnje okna odozdo na gore, primenjuje se samo u čvrstim stenama. Najčešća je „ALIMAK” po mašini nazvana tehnologija. Nema podgrađivanja, sve se izvodi pomoću specijalne korpe, koja se kreće po visećim šinama sa pneumatskim pogonom. Korpa na radilištu služi kao radna platforma sa koje se izvodi bušenje i priprema za miniranje.

Izminirani materijal pada na dno okna. Metoda je dosta opasna za izvođenje. Na slici 4-5, prikazani su detalji koji ilustruju ovu tehnologiju izrade okna.



*Slika 4-5,
Izgradnje okna postupkom "od gore na dole" sa prethodno izbušenom transportnom bušotinom*

Postupak izgradnje okna od gore na dole sa prethodno izbušenom transportnom bušotinom »RAISE BORING«. Radovi počinju izradom "pilotne" bušotine, prečnika obično 1,2 do 1,8 m, sa površine terena do jame, zatim se montira rotorno dleto, pričvršćeno za mašinu na površini. Kod ove metode transport iskopanog materijala i odvođenje podzemne vode je gravitaciono u jamu, a provetravanje separatno. Ostali postupci su slični kao kod drugih metoda. Na slici 4-6, prikazana je izrada okna ovim postupkom.

Postupak izgradnje okna VSM (Vertical Shaft Machines) tehnologijom je potpuno mehanizovan i automatizovan. Tehnologija je slična TBM tehnologiji za izradu horizontalnih tunela. Mašina za izradu okna, slika 4-6, obavlja operaciju otkopavanja, podgrađivanja i utovara otkopanog materijala koji se najčešće hidraulički transportuje na površinu. Tehnologija je najviše primenjena u Rusiji i na Bliskom Istoku. Na slici 4-6, ilustrovana je izgradnja okna VSM metodom.



Slika 4-6, Ilustracije izrade okna VSM tehnologijom

Problem donošenja odluke o izboru najprikladnije tehnologije za izradu izvoznog okna, svodi se na izbor najprikladnije između četiri alternativne tehnologije T_1 , T_2 , T_3 i T_4 . U inicijalnom modelu, tabela 4-12, prikazani su polazni parametri, a u kriterijumskom, odnosno atributskom bloku označeni su sa: K_1 – familijarnost radne snage sa tehnologijom (izvršioци – učenje – znanje – iskustvo); K_2 – investicija u opremu za izvođenje radova; K_3 – način nabavke opreme za izvođenje radova; K_4 – uslovi plaćanja (kredit, rok otplate, kamata, ...); K_5 – pogodnost tehnologije za izvođenje radova u datim multivarijabilnim uslovima; K_6 – Potrebno vreme za izradu okna; K_7 – sigurnost izvođenja radova; K_8 – specifični troškovi. Tipom max/min definisana je ekstremizacije atributa. U modelu dominira kvalitativna metrika atributa, K_1 , K_3 , K_4 , K_5 , K_6 , K_7 , sa variranjem ocena u rasponu od 4 do 10. K_2 i K_8 su kvantitativnu- novčano (u €) vrednovani. Preferencije prema atributima, variraju između 0,15 i 0,50. Matricni inicijalni model za izbor tehnologije izrade okna prikazan je tabelarno, tabela 4-12.

Tabela 4-13, Kvantifikovani inicijalni model izbora tehnologije za izradu okna

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
min/max		max	min	max	max	max	min	max	min
Preferencija		0,30	0,50	0,15	0,35	0,40	0,45	0,40	0,50
Tehnologija	T ₁	10	8	10	8	9	6	9	10
	T ₂	8	10	9	6	7	7	9	9
	T ₃	8	8	7	8	8	8	6	8
	T ₄	4	6	6	4	5	10	8	6

Napomena: Vrednosti atributa K₂ izražene su u milionima €, za K₈ u €/m³.

U nastavku su prikazani samo ishodni, a u Prilogu A3, kompletni rezultati test analiza.

Tabela 4-14, PROMETHEE model, određivanje indeksa preferencije

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ⁺	T	Rang
T ₁		0,7049	0,5574	0,6721	0,6448	0,4262	1
T ₂	0,1639		0,3279	0,6721	0,3880	-0,1475	3
T ₃	0,1639	0,5738		0,5410	0,4262	-0,0219	2
T ₄	0,3279	0,3279	0,4590		0,3716	-0,2568	4
T ⁻	0,2186	0,5355	0,4481	0,6284			

Tabela 4-15, ELECTRE model, matrica agregatne dominacije

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Rang
T ₁		1	1	0	1
T ₂	0		0	0	2
T ₃	0	0		0	2
T ₄	0	0	0		2

Tabela 4-16, AHP model, normalizovana (konačna) matrica

		Atribut								Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈		
min/max		max	max	max	max	max	max	max	max		
Tehnologija	T ₁	0,33333	0,24194	0,3125	0,30769	0,31035	0,31180	0,28125	0,19889	0,27932	1
	T ₂	0,26667	0,19355	0,2813	0,23077	0,24138	0,26726	0,28125	0,22099	0,24247	3
	T ₃	0,26667	0,24194	0,21875	0,30769	0,27586	0,23385	0,1875	0,24862	0,24799	2
	T ₄	0,13333	0,32258	0,18750	0,15385	0,17241	0,18708	0,25	0,33149	0,23022	4
Preferenc.		0,09836	0,16393	0,04918	0,11475	0,13115	0,14754	0,13114	0,16393		

Tabela 4-17, VIKOR model, rang tehnoloških alternativa, varijabilno V₁

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rang											
T ₁	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
T ₂	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
T ₃	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
T ₄	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2

Tabela 4-18, Upoređenje poredaka primenljivih tehnologija

Tehnologija	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_i=0,5$)
	Rang tehnologije			
T ₁	1	1	1	2
T ₂	3	2	3	4
T ₃	2	2	2	1
T ₄	4	2	4	3

Rezultati pokazuju 100% ekvivalenciju prvorangirane T₁ tehnologije prema PROMETHEE, ELECTRE i AHP modelima. Prema VIKOR modelu tehnologija T₁ je na drugom mestu. Potpuna ekvivalencija poredaka za sve četiri tehnologije je prema PROMETHEE i AHP modelima. Prema ELECTRE modelu rangovi lokacija se kreće od 1 do 2, alternative T₂, T₃ i T₄ su istog ranga. Prema ovoj analizi nema dilema oko donošenja odluke o izboru tehnologije za izradu okna, najprikladnija je tehnologija T₁ - klasičan postupak izgradnje okna »od gore na dole« bez transportne bušotine.

4.2.5. Izbor izvođača radova

Poslednja faza upravljanja projektom pripreme izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje odnosi se na izbor izvođača radova. U ovom slučaju dilema se svodi na izbor najboljeg između četiri potencijalna izvođača. Iz poslovnih razloga umesto pravih naziva firmi, koriste se alternativni A₁, A₂, A₃ i A₄. U inicijalnom modelu, tabela 4-19, dati su polazni podaci, u atributskom bloku označeni su sa: K₁ – reference ponuđača; K₂ – ponuđena cena; K₃ – ponuđeni rokovi za izgradnju okna; K₄ – uslovi finansiranja; K₅ – garancije. Tipom max/min određena je ekstremizacija atributa. Kvalitativnom metrikom iskazani su atributi K₁, K₄ i K₅, sa ocenama koje variraju od 4 do 10. K₂ je iskazan novčano (€), a K₃ u mesecima. Preferencije prema atributima, variraju između 0,2 i 0,50. Matrični inicijalni model za izbor izvođača radova okna prikazan je tabelarno, tabela 4-19.

Tabela 4-19, Kvantifikovani inicijalni model izbora izvođača radova

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
min/max		max	min	min	max	max
Preferencija		0,4	0,5	0,35	0,45	0,20
Izvođač	A ₁	8	10	8	9	8
	A ₂	10	6	9	6	8
	A ₃	10	6	9	6	8
	A ₄	8	9	6	4	4

Napomena: Vrednosti atributa K₂ izražene su u milionima €, za K₃ u mesecima.

U nastavku su prikazani samo ishodni, a u Prilogu A4, kompletni rezultati test analiza.

Tabela 4-20, PROMETHEE model, određivanje indeksa preferencije

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	T ⁺	T	Rang
A ₁		0,4211	0,4211	0,3421	0,3947	-0,0702	2
A ₂	0,4737		0,0000	0,8158	0,4298	0,2281	1
A ₃	0,4737	0,0000		0,8158	0,4298	0,2281	1
A ₄	0,4474	0,1842	0,1842		0,2719	-0,3860	3
T ⁻	0,4649	0,2018	0,2018	0,6579			

Tabela 4-21, ELECTRE model, matrica agregatne dominacije

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Rang
A ₁		0	0	0	2
A ₂	0		1	1	1
A ₃	0	1		1	1
A ₄	0	0	0		2

Tabela 4-22, AHP model, normalizovana (konačna) matrica

		Atribut					Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅		
min/max		max	max	max	max	max		
Izvođač	A ₁	0,22222222	0,18367347	0,2432432	0,36	0,2857143	0,25526506	2
	A ₂	0,27777778	0,30612245	0,2162162	0,24	0,2857143	0,26578467	1
	A ₃	0,27777778	0,30612245	0,2162162	0,24	0,2857143	0,26578467	1
	A ₄	0,22222222	0,20408163	0,3243243	0,16	0,1428571	0,2131656	3
Preferencija		0,2105263	0,2631579	0,184211	0,2368421	0,105263	0,2105263	

Tabela 4-23, VIKOR model, rang potencijalnih izvođača radova, varijabilno V_1

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rang											
A ₁	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A ₂	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A ₃	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
A ₄	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1

Tabela 4-24, Upoređenje poredaka potencijalnih izvođača radova

Izvođač	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_1=0,5$)
Rang izvođača				
A ₁	2	2	2	2
A ₂	1	1	1	3
A ₃	1	1	1	1
A ₄	3	2	3	4

Rezultati analize pokazuju potpunu saglasnost sva četiri modela u vezi prvorangiranog ponuđača A_3 za izvođenje radova na izgradnji okna. Prema PROMETHEE, ELECTRE i AHP modelima ponuđač A_2 deli najviši rang sa ponuđačem A_3 , međutim prema poretku modela VIKOR A_2 je na trećem mestu. Potpuna saglasnost sva četiri modela je i kod drugorangiranog A_1 ponuđača. Ekvivalencija poredaka je 100% kod PROMETHEE i AHP modela. Nema dileme u donošenju odluke o izboru najpovoljnijeg izvođača radova, to je ponuđač A_3 .

4.3. RACIONALIZACIJA STRUKTURE SISTEMA POVRŠINSKIH KOPOVA TEHNIČKOG KAMENA U OKOLINI VELENJA

4.3.1. Prikaz problema

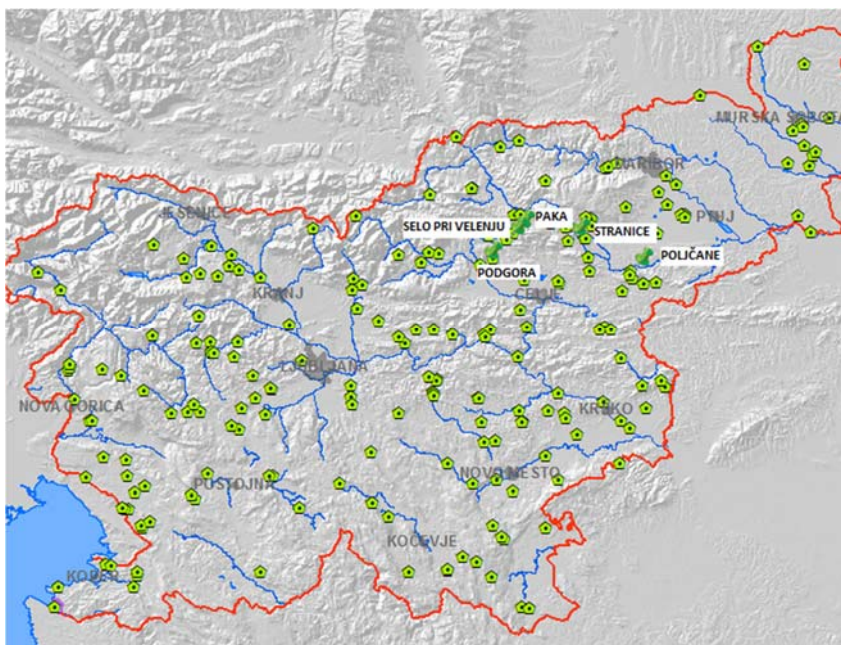
Površinska eksploatacija tehničkog kamena u Sloveniji se odvija organizovano na površinskim kopovima i povremeno na brojnim malim površinskim kopovima za potrebe lokalne gradnje, slika 4-7 [87]. Za uravnoteženo snabdevanje tehničkim kamenom iz svih ovih ležišta, neophodna je odgovarajuća koordinacija. Najpre to je pitanje planiranja na nivou države (državni plan proizvodnje mineralnih sirovina), regiona i lokalne zajednice. Osnovni ciljevi državnog planiranja su suprotstavljeni, sa jedne strane to je obezbeđivanje dovoljnih količina mineralnih sirovina, a sa druge čuvanje prirodnih resursa budućim generacijama prema načelu održivog razvoja, koje podrazumeva uravnoteženost između privrednih, sigurnosnih i društvenih ciljeva. Danas najviše favorizovan, sigurnosni aspekt, počiva na kriterijumu nanošenja najmanje štete okolini eksploatacionim radovima. U prošlosti je u Sloveniji bilo mnogo lokaliteta na kojima su eksploatisane mineralne sirovine. To je bilo moguće zbog usmerenosti ekonomske politike ka iskorišćavanju rezervi mineralnih sirovina bez obzira na posledice po okolinu. Danas u eksploataciji mineralnih sirovina, ekonomsko-privredni značaj nadjačavaju ekološki zahtevi. U tom pogledu Slovenija sledi savremene trendove, što za posledicu ima ograničenje prostornog razvoja eksploatacionih radova, rigorozna ograničenja za nove zahvate, pooštavanje sigurnosnih zahteva prema eksploatacionim tehnologijama, selektivno gašenje tržišno manje zanimljivih rudnika, prostorno problematičnih, i strateški manje značajnih mineralnih sirovina.

Na području Velenja slična je situacija, s obzirom na isturenu ekološku eksponentu problema, koji se inače pod tenzijom u kontinuitetu održava, za regionalnu zajednicu Velenja postavlja se pitanje racionalizacije sistema površinskih kopova tehničkog kamena:

Paka (RGP d.o.o.), Selo pri Velenju (Vegrad), Podgora (Kamteh GmbH), Stranice (Ingrad Gramat), Poljčane (Granit d.d.). Na slici 4-7, obeležene su pozicije ovih kopova.

Sa aspekta eksperimentalnih istraživanja i širih analiza u okviru disertacije, problem regionalne racionalizacije rudničkog sistema, kao što je slučaj pet površinskih kopova u okolini Velenja, posebno je značajan zbog lokacijsko-alokacijske i taktičke specifičnosti. U svakoj upravljačkoj aktivnosti usmerenoj ka racionalizaciji ovakvog ili sličnog sistema rudničkih objekata, rangiranje je nezaobilazno. Brojni faktori utiču na vrednovanje poretka, pošto svi oni nemaju istu težinu (značaj), prilikom selekcije u obzir treba uzeti samo bitno uticajne.

Ako bismo problemu selekcije uticajnih faktora prišli generalizovano, najznačajniji faktori za rangiranje rudnika su: geološka sa hidrogeološkim i inženjersko geološkim obeležjima radne sredine, rezerve i kvalitet mineralnih sirovina, lokacija ležišta, cena zemljišta, okružujući ambijent, uticaj na okolinu, lokalna prihvatljivost, komunikacioni uslovi i pristupačnost, tržište, tehnologija, energenti, nivo investicija, rekultivacija, revitalizacija i uređenje posteksploatacionog predela, raspoloživost lokalne radne snage, zakonski i normativni uslovi, državna strategija mineralne industrije, i sl. S obzirom na ciljeve istraživanja u okviru disertacije, ovde nećemo posebno elaborirati sve ove faktore, zadržaćemo se samo na njihovoj evidenciji. U nastavku su dati kratki opisi pet površinskih kopova koji su u fokusu analize.



*Slika 4-7,
Lokacije pozajmišta i
površinskih kopova
tehničkog kamena u
Sloveniji*

PK Paka (RGP d.o.o.), slika 4-8, u radu je od 1969. do 2003. radio je u sklopu Rudnika uglja Velenje, od 2003. pripada RGP d.o.o. Otvoren je zbog potreba za građevinskim kamenom prilikom izgradnje puta prema Paškom Kozjaku i za potrebe gradnje Velenja. U geološkom smislu ležište grade pretežno dolomiti i mestimično krečnjački dolomiti [87].



*Slika 4-8,
PK Paka
(RGP d.o.o.)*

PK Paka se nalazi na levoj obali reke Paka, iznad železničke pruge, zapadna strana pov. Kopa je obrasla šumom Paškog Kozjaka. PK je oko 250 m od regionalnog puta Velenje – Slovenj Gradec, i ima dobru putnu vezu sa Velenjem, Celjem, Slovenj Gradcem i Dravogradom, od Velenja je udaljen 6km, od Slovenj Gradca 20 km. U blizini kamenoloma nema većih stambenih i industrijskih objekata. Najbliža stambena zgrada zapadno od PK udaljena je 200 m, a severoistočno 100 m [87].



*Slika 4-9,
PK Selo pri
Velenju
(VEGRAD)*

PK Selo pri Velenju (VEGRAD), slika 4-9, u kraju Selo blizu puta Velenje - Dravograd izgrađena je fabrika betonskih elemenata, istočno od nje, oko 1 km severoistočno od Velenja, otvoren je PK dolomita zbog potreba za kamenim agregatima. Ležište je geološki istraženo 1978, stenska masa je tektonski veoma ispucala. Agregati krupnoće 0-5, 5-10, 10-30 i 30 -70 mm koriste se za proizvodnju betona i betonskih elemenata koji nisu izloženi

atmosferskim uticajima i habanjima. Na južnoj strani PK je makadamski put, zapadno šumski put i proizvodni objekti preduzeća, severno lokalni put, i severozapadno od PK naselje Paka [87].

PK Podgora (Kamteh gmbh), slika 4-10, nalazi se na dosta povoljnoj lokaciji, oko 4 km pristupnog puta vodi do regionalnog puta Šentrupert – Mozirje. Regionalni put Letuš – Velenje udaljen je 1,7 km, a autoput Ljubljana – Maribor 7 km. Na severnoj i južnoj strani PK je mešovita šuma, na zapadnoj strani pašnjaci, njive i bašte. Naselja Letuš i Šmartno ob PK su odaljeni oko 2 km. Krečnjak u ležištu je tamno sive boje, mestimično malo bitumenozan, debelozrnast i debeloslojevit, mestimično masivan, cesti su ulošci krečnjačke breče, debljine nekoliko metara [87].



*Slika 4-10,
PK Podgora*

Proizvode se agregati različitih frakcija za tampone i betone, nasipe, i kameno (krečnjačko) brašno. Lomljeni kamen upotrebljava se za potporne zidove, a manje kvalitetan sa primesama gline za nasipanje puteva. Vlasnik PK je firma KAMTEH GmbH Celje [87].



*Slika 4-11,
PK Stranice*

PK Stranice (Ingrad Gramat), slika 4-11, lociran je pored regionalnog puta Slovenske Konjice – Zreče. Najniža kota PK je na nadmorskoj visini +466 m. To je ležište dolomita, koji je u brojnim pukotinama i prelomima usitnjen, neslojevit je i sive do tamnosive boje. U manjim blokovima je kompaktan, a delimično izmenjen u dolomitnu breču ili zdrobljen u dolomitski pesak. Koristi se za proizvodnju kamenih agregata za malter i za armaturne betone. Eksploatacione radove izvodi Ingrad Gramat iz Celja [87].



*Slika 4-12,
PK Poljčane*

PK Poljčane (Granit d.d.), slika 4-12, nalazi se na području Slovenske Bistrice. Najveći je na tom području, oko 600 m je jugozapadno od Zgornjih Poljčan u severozapadnom delu doline Bele, pored puta Poljčane – Rogaška Slatina. PK uspešno radi više od 60 godina. Eksploatiše se dolomit sive, svetlo sive do bele boje, kao tehnički kamen, tektonski je dosta ispucao. Koristi se kao kameni agregat za malter, beton i tampone. Upotrebljava se i u poljoprivredi kao đubrivo iz dolomitskoga brašna APNIN – Mg. Proizvodnja kamenih agregata odvija se u modernoj kompjuterski vođenoj separaciji [87].

4.3.2. Definisane racionalne strukture kopova

Dakle, pred planerima je zahtevan upravljački zadatak definisanja racionalizacije strukture sistema površinskih kopova tehničkog kamena u regionu Velenja. Racionalizacija ima smisla i moguća je s obzirom da se radi o ležištima na kojima se eksploatišu mineralne sirovine sličnih karakteristika i namene za proizvodnju agregata za malter, beton, betonsku galanteriju i putogradnju. Prvi korak u postupku odlučivanja o racionalizaciji strukture sistema površinskih kopova tehničkog kamena u regionu Velenja odnosi se na rangiranje rudničkih objekata. U inicijalnom modelu, tabela 4-25, u kriterijumskom, odnosno

atributskom bloku označeni su sa: K_1 – usklađenost rada sa zakonskom i normativnom regulativom; K_2 – overene rezerve min. sirovine (u $\times 10^6$ t); K_3 – povoljnost lokacije u infrastrukturnom pogledu; K_4 – cena zemljišta na lokaciji PK (€/m^2); K_5 – prostorna uklopljenost površinskog kopa; K_6 – kvalitet mineralne sirovine; K_7 – savremenost primenjene tehnologije eksploatacije i prerade; K_8 – energetska efikasnost; K_9 – uticaj na okolinu (buka, prašina, izduvni gasovi, erozija i sl.); K_{10} – mogućnosti izvođenja rekultivacije i uređenja predela; K_{11} – tržište (potrebe u blizini); K_{12} – raspoloživost radne snage; K_{13} – komunikaciona povezanost (povoljnost) K_{14} - visina potrebnih investicija (u $\times 10^6$ €). Tipom ekstremizacije max/min određeno je da li se želi maksimum ili minimum atributa. Dominira kvalitativna metrika atributa, $K_1, K_3, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}, K_{11}, K_{12}$ i K_{13} su ocene sa variranjem u rasponu od 2 do 10, a K_2, K_4 , i K_{14} su vrednosni iskazi. Preferencije prema atributima, variraju između 0,10 i 1,00. Za PK Paka (RGP d.o.o.) u modelima se koristi oznaka PK_1 , za PK Selo pri Velenju (Vegrad) PK_2 , PK Podgora (Kamteh GmbH) označen je sa PK_3 , PK Stranice (Ingrad Gramat) sa PK_4 , i PK Poljčane (Granit d.d.) sa PK_5 . Kvantifikovani inicijalni model prikazan je tabelarno, tabela 4-25.

U nastavku su prikazani samo ishodni, a u Prilogu B, kompletni rezultati test analiza.

Tabela 4-25, *Kvantifikovani inicijalni model definisanja racionalne strukture pov. kopova*

		A t r i b u t													
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}
min/max		max	max	max	min	max	min	min	max	max	max	max	max	min	max
Preferencija		0,1	1	1	0,5	0,4	0,8	0,65	0,5	0,5	0,4	0,75	0,8	0,6	0,85
Površinski kop	PK_1	7	1.8	8	0.28	8	5	8	7	7	6	8	8	8	3.5
	PK_2	8	0.15	8	0.15	8	5	8	7	6	6	2	8	6	5
	PK_3	8	1.0	9	0.31	7	7	10	7	8	7	9	9	6	0.5
	PK_4	4	0.1	6	0.11	7	5	7	6	7	7	5	6	7	1
	PK_5	8	4.7	7	0.29	9	9	12	7	9	9	8	7	7	0.25

Napomena: Vrednosti atributa K_2 su u $\times 10^6$ t, K_4 u €/m^2 , a K_{14} u $\times 10^6$ €.

Tabela 4-26, *PROMETHEE model, određivanje indeksa preferencije*

	PK_1	PK_2	PK_3	PK_4	PK_5	T^+	T^-	R a n g
PK_1	0,0000	0,0242	0,9500	0,9629	0,9543	0,7228	0,4661	2
PK_2	0,9269	0,0000	0,9392	0,9613	0,9608	0,9470	0,9133	1
PK_3	0,0446	0,0478	0,0000	0,0565	0,9634	0,2781	-0,4355	4
PK_4	0,0231	0,0301	0,9349	0,0000	0,9349	0,4808	-0,0290	3
PK_5	0,0323	0,0328	0,0301	0,0586	0,0000	0,0384	-0,9149	5
T^-	0,2567	0,0337	0,7136	0,5098	0,9534			

Tabela 4-27, ELECTRE model, matrica agregatne dominacije

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅	Rang
PK ₁	0	1	0	1	0	1
PK ₂	0	0	0	1	0	2
PK ₃	0	0	0	0	0	3
PK ₄	0	0	0	0	0	3
PK ₅	0	0	0	1	0	2

Tabela 4-28, AHP model, normalizovana (konačna) matrica

		Atribut						
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
min / max		max	max	max	max	max	max	max
Površinski kop	PK ₁	0,200	0,232	0,211	0,137	0,205	0,234	0,217
	PK ₂	0,229	0,019	0,210	0,256	0,205	0,234	0,217
	PK ₃	0,229	0,129	0,237	0,124	0,179	0,167	0,174
	PK ₄	0,114	0,013	0,158	0,350	0,179	0,234	0,248
	PK ₅	0,229	0,606	0,184	0,133	0,231	0,130	0,145
Preferencija		0,011	0,113	0,113	0,056	0,045	0,090	0,073

Tabela 4-28(nastavak), AHP model, normalizovana (konačna) matrica

		Atribut							Rešenje	Rang
		K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄		
min/max		max	max	max	max	max	max	max		
Površinski kop	PK ₁	0,206	0,189	0,171	0,25	0,211	0,168	0,341	0,22089875	1
	PK ₂	0,206	0,162	0,171	0,062	0,211	0,224	0,488	0,20432501	3
	PK ₃	0,206	0,216	0,200	0,281	0,237	0,224	0,049	0,18491712	4
	PK ₄	0,176	0,189	0,200	0,156	0,158	0,192	0,097	0,16743542	5
	PK ₅	0,206	0,243	0,257	0,250	0,184	0,192	0,024	0,22242369	2
Preferencija		0,056	0,056	0,045	0,085	0,090	0,068	0,096		

Tabela 4-29, VIKOR model, rang površinskih kopova, varijabilno V₁

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rang											
PK ₁	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PK ₂	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
PK ₃	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PK ₄	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PK ₅	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3

Tabela 4-30, Upoređenje poredaka površinskih kopova

Površinski kop	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_i=0,5$)
	Rang površinskog kopa			
PK ₁	2	1	1	1
PK ₂	1	2	3	4
PK ₃	4	3	4	2
PK ₄	3	3	5	5
PK ₅	5	2	2	3

Rezultati pokazuju 75% ekvivalenciju prvorangiranog površinskog kopa PK1 odnosno PK Paka prema modelima ELECTRE, AHP i VIKOR. Prema PROMETHEE modelu PK Paka je u poretku na drugom mestu. Nema saglasnosti multimodelskih poredaka. Za poredak prema ELECTRE modelu karakteristično je da dva površinska kopa Selo pri Velenju i Poljčane imaju rang 2, i dva površinska kopa Podgora i Stranice rang 3. Nema dileme oko prvorangiranog površinskog kopa, ali je otvorena dilema poretka ostalih površinskih kopova zbog nesaglasnosti njihovih multimodelskih poredaka. Ovo otvara pitanje, kako u ovakvim slučajevima predmetni problem premostiti ?

4.4. IZBOR TEHNOLOŠKOG SISTEMA POVRŠINSKOG KOPA „MAJDAN III”

4.4.1. Prikaz problema

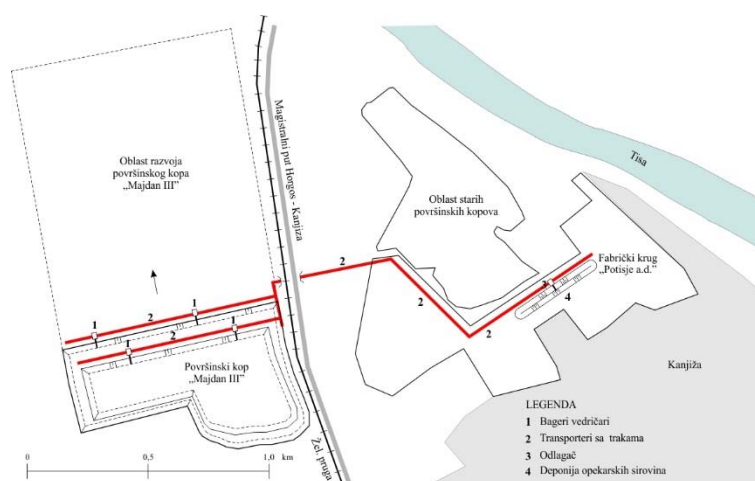
Površinski kop Majdan III pripada Kompaniji Potisje, čiji su industrijski pogoni koncentrisani u blizini grada Kanjiža na severozapadu Republike Srbije. Nastala je 1903. godine i jedna je od vodećih kompanija za proizvodnju crepa u jugoistočnoj Evropi. Osim površinskog kopa, Kompanija ima tri fabrike crepa, fabriku opeke i pogon za proizvodnju ukrasne keramike. Od 2003. godine Kompanija posluje u sistemu Tondach koncerna. Za sopstvene potrebe godišnje proizvodnje oko 140 miliona komada crepa, opeke i keramike, i za manje potrebe drugih proizvođača, površinski kop Majdan III proizvodi oko 450.000 tona gline godišnje. Radi potpunijeg razumevanja teme rada, objasnimo kako je došlo do pokretanja inicijative o izboru novog tehnološkog sistema PK Majdan III [100,106]

Iscrpenost rezervi gline na PK Majdan II uticala je da menadžment Kompanije donese odluku 1994. o otvaranju novog PK Majdan III. Ovu odluku pratila je i odluka da se tehnološki sistem primenjen na PK Majdan II zbog niske produktivnosti i nepouzdanosti

proizvodnje, zameni novim sistemom boljih proizvodnih performansi [100]. Prvi korak bila je izrada Rudarskog projekat PK Majdan III sa Studijom izbora nove tehnologije. Analizirano je sedam tehnoloških varijanti primenljivih u uslovima PK Majdan III. U proceduri izbora korišćena je multikriterijumska analiza pomoću metode PROMETHE. Kao najbolje rangirano rešenje preporučen je kontinualni sistem sa četiri bagera vedričara za otkopavanje gline, sa 6 gumenih transportera za transport gline do odlagača na deponiji u krugu proizvodnih pogona [106]. U nastavku se za ovaj sistem koristi skraćenica BTO (od Bager-Traka-Odlagač).

Prilikom otvaranja PK Majdan III 1996. godine, zbog nedostatka investicionih sredstava, odložena je nabavka BTO sistema. Kao prelazno - privremeno rešenje, prilagođeno trenutnim finansijskim mogućnostima i mašinama koje je Kompanija imala na raspolaganju, primenjen je tehnološki sistem sa bagerima vedričarima na otkopavanju, sa utovaračem na utovaru i kamionima na transportu gline od površinskog kopa do deponije u krugu proizvodnih pogona [106].

Obezbeđenjem investicionih sredstava, 1999. godine Kompanija počinje nabavka mašina i gradnju BTO tehnološkog sistema. Sistem je pušten u rad u maju mesecu 2000. godine. Na slici 4-13. šematski je prikazan prostorni raspored mašina BTO sistema i objekata Kompanije Potisje [106].



*Slika 4-13,
Šematski prikaz prostornog rasporeda
mašina BTO sistema i objekata
Kompanije Potisje [106].*

Za uspostavljanje efikasne daljinske kontrole i upravljanja BTO kompleksom, izgrađen je računarski nadzorno-upravljački sistem sa GPS telemetrijom. PK Majdan III je prvi površinski kop gline sa satelitski podržanom nadzorno-upravljačkom tehnologijom.

Zahvaljujući nadzorno-upravljačkom sistemu omogućeno je precizno i pouzdano praćenje funkcionisanja i efekata rada BTO sistema u proteklih 12 godina. Prikupljeni podaci, obezbeđuju validnu osnovu za ocenu ispravnosti odluke zasnovane na multikriterijumskoj analizi, o izboru BTO sistema.

Na PK Majdan III glina se otkopava u plitkom slojevito-sedimentnom ležištu, barsko-aluvijalno-lesna tipa. Godišnja proizvodnja je 45×10^4 t gline. Otkopavanje se izvodi na dve etaže, viša etaža je dužine 1000 m i visine 7 m, a niža je dužine 850 m i visine 6 m. Prema kapacitetu i eksploatacionom zahvatu, PK Majdan III u svojoj kategoriji pripada klasi velikih površinskih kopova [106]. U projektovanju i rešavanju rudničkih problema, u principu se uvek polazi od uslova i ograničenja koja opredeljujuće utiču na izbor rešenja. Kod izbora tehnološkog sistema PK Majdan III izdvajaju se kao najvažnija sledeća ograničenja:

1. Materijali koji grade radnu sredinu PK Majdan III imaju slabije geomehaničke parametre, a u prisustvu vode njihova fizičko-mehanička svojstva se pogoršavaju. O ovoj činjenici vođeno je računa kod izbora transportnih sredstava, posebna pažnja je posvećena odnosu nosivosti tla i specifičnog pritiska transportne opreme na tlo.
2. Proizvodnja crepa i opeke nije visoko profitna, to iziskuje maksimalnu obazrivost prilikom struktuiranja i generisanja troškova, od investicionih ulaganja do troškova proizvodnje. Prilikom izbora novog tehnološkog sistema troškovima je posvećena adekvatna pažnja.
3. Zahtevi za zaštitom životne sredine i za uspostavljanjem izbalansiranog odnosa između okruženja i rudarskih radova na površinskom kopu, značajno utiču na izbor tehnologije. Pošto se PK Majdan III nalazi na poljoprivredom području, u neposrednoj je blizini urbane zone grada Kanjiža i blizu je banjsko-rekreativno-turističkog centra, prilikom izbora tehnološkog sistema problemu zaštite životne sredine posvećena je naročita pažnja.
4. Kompanija Potisje sa stogodišnjom tradicijom u eksploataciji gline i proizvodnji opekarskih proizvoda ima veliko tehnološko iskustvo, uspostavljen organizacionu, tehničku, tehnološku i radnu disciplinu, izgrađene navike kod radnika. Prilikom izbora tehnološkog sistema, o ovome je vođeno računa zbog troškova i trajanja obuke i privikavanja radnika na novu tehniku i tehnologiju.

5. Prilikom izbora transportnih sredstava u okviru tehnološkog sistema, posvećena je pažnja izvodljivosti transportnih trasa, troškovima gradnje transportnih puteva i troškovima transporta.

Ispunjavanje svih prethodnih uslova, znači prilagođenost tehnološkog rešenja realnom ambijentu. Saznanje da brojni faktori, uslova i ograničenja utiče na izbor tehnološkog sistema, ukazuje da se radi o multivarijabilnom problemu. Dakle, možemo konstatovati da se radi o inženjerskom zadatku u kome treba sagledati ograničenja, uslove, definisati alternativna tehnološka rešenja primenljiva na PK Majdan III, i prema prihvaćenim kriterijumima analizom selektovati najbolje rešenje.

4.4.2. Moguća alternativna tehnološka rešenja

Na osnovu zahteva menadžmenta Kompanije Potisje, uvažavajući specifičnosti površinskog kopa za koji se bira nova tehnologija, izvedena je analiza mogućih rešenja tehnološkog sistema PK Majdan III. Identifikovano je šest novih alternativnih tehnoloških rešenja. Zbog mogućnosti da se transport kamionima i skreperima odvija alternativno jednom od dve trase puta (TP₁ i TP₂, napomena tabele 4-32), skreperska i kamionska tehnološka rešenja u analizi figurišu sa po dve alternative. Tehnološki sistem sa PK Majdan II, koji zbog niske produktivnosti i nepouzdanosti trebalo zameniti naprednijim rešenjem, zbog poređenja sa predloženim rešenjima u analizi figuriše kao sedma alternativa. Na ovaj način formiran je skup alternativnih tehnoloških rešenja, tabela 4-31, primenljivih u uslovima PK Majdan III [106].

Tabela 4-31, *Moguća alternativna rešenja tehnološkog sistema PK Majdan III*

R.B.	Tehnologija	Mašinska struktura tehnološkog sistema	Oznaka
1.	Ciklična – skreperovanje (trasa puta TP ₁)	Samohodni elevatorski skreperi ↔	A ₁
2.	Ciklična – skreperovanje (trasa puta TP ₂)	Samohodni elevatorski skreperi ↔	A ₂
3.	Ciklična – transporteri sa trakom i kamioni (trasa puta TP ₁)	Bageri vedričari → transporteri sa trakama → utovarači → kamioni ↔	B ₁
4.	Ciklična - transporteri sa trakom i kamioni (trasa puta TP ₂)	Bageri vedričari → transporteri sa trakama → utovarači → kamioni ↔	B ₂
5.	Kontinualna tehnologija (BTO sistem)	Bageri vedričari → transporteri sa trakama → odlagač	C
6.	Kombinovana	Bageri vedričari → transporteri sa trakama → utovarač → šin. trans. ↔	D
7.	Ciklična (PK „Majdan II”, napušta se)	Bageri vedričari → šinski transport ↔	E

Napomena: TP₁ - Trasa puta dužine 1440 m; TP₂ - Trasa puta dužine 1395 m

Vrednovanje alternativa neophodno za multikriterijumski izbor najboljeg tehnološkog rešenja, obuhvata: definisanje mašinske strukture sistema, proračun kapaciteta i potreban

broj mašina u sistemu, montažu opreme i mašina, potrebne građevinske radove, normative materijala, potrebnu radnu snagu i kalkulaciju troškova. Detaljan opis alternativa opteretio bi tekst rada nebitnim detaljima, pa su zbog pojašnjenja u nastavku rada date samo važnije napomene.

Specifičnost i pogodnost tehnologije skreperovanja (alternative A_1 i A_2) ogleda se u tome što jedna mašina može da izvodi sve tehnološke faze: otkopavanje, utovar, transport i odlaganje materijala na deponiji. Primena ove tehnologije na PK Majdan III je problematična u kišnim periodima kada je zbog raskvašenog tla rad skrepera otežan ili nemoguć. Alternative A_1 i A_2 razlikuju se po transportnim uslovima, odnosno po trasama transportnih puteva (TP_1 i TP_2) različitih dužina i uslova izvodljivosti.

Prema alternativama B_1 i B_2 , tehnologija obuhvata selektivno otkopavanje gline na dve etaže bagerima vedričarima, transport etažnim gumenim transporterima do presipne deponije na istočnoj strani površinskog kopa. Na presipnoj deponiji utovar gline u kamione izvodi utovarač i zatim transportuje na deponiju u krugu proizvodnih pogona. Specifičnost ovog rešenja je kombinovani transport gumenim transporterima i kamionima, cilj ovakvog rešenja je da se izbegne kretanje kamiona po mekoj podlozi na etažama unutar kopa, naročito u kišnim periodima kada je kretanje kamiona veoma otežano ili nemoguće. Slično skreperkim varijantama, kamionske tehnološke varijante B_1 i B_2 razlikuju se samo po dužinama i uslovima izvođenja transportnih puteva (TP_1 i TP_2) [106].

Osnovna karakteristika alternative C (BTO sistem) je sprezanje bagera vedričara sa gumenim transporterima za transport gline do odlagača na deponiji u krugu proizvodnih pogona. Prednosti ovog tehnološkog rešenja su: mala osetljivost na klimatske promene i kišu, i minimalan uticaj na životnu sredinu pošto je pokretanje mašina elektro motorima, nema izduvnih gasova, nema prašine, buke i vibracije su zanemarljive [100].

Specifičnost alternative D je transport gline gumenim transporterima od bagera vedričara do presipne deponije, od presipne deponije do deponije gline u krugu proizvodnih pogona vagonima sa lokomotivskom vučom [100]. Dva su cilja ovako ukomponovanog transporta. Jedan je ušteda koja se postiže korišćenjem vagona i lokomotiva koje Kompanija poseduje, a drugi je izbegavanje komplikovano periodično pomeranje koloseka zbog razvoja površinskog kopa.

Alternativa E je primenjeno tehnološko rešenje na PK Majdan II, koje se napušta. Karakteristika ovog tehnološkog sistema je železnički transport, kolosecima postavljenim na površinskom kopu, kompozicije prilaze bagerima radi utovara gline [100]. Da bi se omogućilo manevrisanja i kretanja kompozicija, na etažama su postavljane zaobilazne petlje, čije periodično izmeštanje zajedno sa ostalim kolosecima na površinskom kopu, značajno smanjuje efektivno vremena rada, utiče na pad proizvodnje i produktivnosti rada, zahteva stalno angažovanje značajnog broja radnika na održavanju koloseka i dr. [100].

Definisanje kriterijuma i njihovih težina od ključne je važnosti za multikriterijumsku analizu. Pri rešavanju predmetnog problema ovome je posvećena posebna pažnja. Da bi se izbegla ili minimizirala subjektivnost i greške koje bi na ovaj način mogle biti generisane, formirana je stručna grupa sa 2 inženjera iz projektantskog tima i 2 inženjera iz Kompanije Potisje [106]. Svaki inženjer imao je radno iskustvo veće od 20 godina, i bio dobar poznavalac tehnologija površinske eksploatacije mineralnih sirovina i uslova na PK Majdan III. Grupa je imala dva zadatka: prvi da proveri validnost predloženih tehnoloških varijanti, i drugi da definiše kriterijume i njihove težine za multikriterijumski izbor najboljeg tehnološkog rešenja. Mehanizam saradnje stručnjaka grupe uspostavljen je na principu panel diskusije sa ravnopravnim tretmanom svakog pojedinačnog stava i mišljenja, konačan zajednički stav formiran je argumentovanom diskusijom i usaglašavanjem. Predlozi radne grupe predstavljeni su menadžmentu Kompanije kao donosiocu konačne odluke [106]. Zaključak je da je broj i reprezentativnost postavljenih kriterijuma adekvatan problemu, da 6 kriterijuma kompleksno obuhvata tehničke, tehnološke, ekološke, inženjersko-geološke i druge parametre relevantne za multikriterijumsku analizu. Dakle, iz procedure je proisteklo da šest kriterijum obuhvata sve postavljene uslove i multikriterijumske ciljeve izbora tehnološkog sistema. Od predloženih kriterijuma, tabela 4-32, dva su kvantitativnog i četiri kvalitativnog tipa. Kvantitativni kriterijumi K_1 i K_2 , iskazuju se numeričkim novčanim vrednostima, teže minimumu i u funkcionalnoj su vezi sa drugim uslovom definisanom u poglavlju 2. Kvalitativni kriterijumi K_3 , K_4 , K_5 i K_6 teže maksimumu, a iskazuju se ocenama: loše (ekvivalent 1), dovoljno dobro (ekvivalent 2), dobro (ekvivalent 3), vrlo dobro (ekvivalent 4) i odlično (ekvivalent 5). Kriterijum K_3 je u funkcionalnoj vezi sa trećim uslovom, kriterijum K_4 je vezan za prvi uslov, kriterijum K_5 za peti, a kriterijum K_6 za četvrti uslov. Za definisanje težina kriterijuma usvojen je raspon od 0,05 do 1. Procenjeno je da kriterijumi K_1 i K_2 imaju najveću težinu 0,30, sledi kriterijum K_5 sa težinom 0,15, zatim

kriterijumi K_3 i K_4 sa 0,10, i kriterijum K_6 sa težinom 0,05. Pregled kriterijuma i težina dat je u tabeli 4-33 [106].

Tabela 4-32, Kriterijumi izbora najboljeg tehnološkog rešenja [106]

R. b.	Kriterijum	Oznaka	Tip	Cilj	Težina
1.	Vrednost investicionih ulaganja u tehnološki sistem	K_1	kvantitativni	min	0,30
2.	Specifični troškovi proizvodnje tehnološkog sistema	K_2	kvantitativni	min	0,30
3.	Ekološka pogodnost tehnološkog sistema (uticaj na životnu sredinu)	K_3	kvalitativni	max	0,10
4.	Pogodnost tehnološkog sistema za rad u uslovima na površinskom kopu	K_4	kvalitativni	max	0,10
5.	Povoljnost transportne trase za izvođenje	K_5	kvalitativni	max	0,15
6.	Obučenosn radnika za rad na sistemu i njegovom održavanju	K_6	kvalitativni	max	0,05

4.4.3. Rešenje problema

Multikriterijumska analiza izbora najboljeg rešenja tehnološkog sistema PK Majdan III, izvedena je 1994. godine metodom PROMETHEE korišćenjem programa Promcalc [100, 106]. Matrični model problema, tabela 4-33, formiran je prema programskoj proceduri a na osnovu parametara definisanih u prethodnom odeljku, sa sedam mogućih tehnoloških rešenja. Vrednosti investicionih ulaganja u tehnološke sisteme (kolona K_1 u tabeli 4-34) i specifičnih troškova proizvodnje tehnoloških sistema (kolona K_2) date su dinarskim novčanim iznosima. Zbog problema aktuelizacije novčanih vrednosti i otklanjanja mogućih nedoumica, novčani iznosi za K_1 i K_2 , nisu navedeni u dinarima već u monetnom ekvivalentu nazvanom novčana jedinica (n.j.), ovo nema uticaja na postupak i ishod izračunavanja.

Ocene ekološke pogodnost tehnoloških sistema (kolona K_3 u tabeli 4-34), pogodnosti tehnološkog sistema za rad u uslovima na površinskom kopu (kolona K_4), povoljnost izgradnje transportne trase (kolona K_5) i obučenosn radnika za rad i na održavanju sistema (kolona K_6), definisao je stručni tim na način opisan u prethodnom odeljku. Isto se odnosi i za težine. U nastavku su prikazani ishodi analize, korišćenjem parametara dobijenih 1994. modelom PROMETHEE, i parametara dobijenih sada primenjenim modelima ELECTRE, AHP i VIKOR. Matrični inicijalni model prikazan je tabelarno, tabela 4-33.

Tabela 4-33, *Kvantifikovani inicijalni model izbora tehnološkog sistema*

		Kriterijum					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
min/max		min	min	max	max	max	max
Preferencija		0,30	0,30	0,1	0,1	0,15	0,05
Tehnološki sistem	A ₁	17,06	45,72	3,00	4,00	0,00	2,00
	A ₂	19,52	48,05	3,00	4,00	0,00	2,00
	B ₁	15,34	52,79	3,00	4,00	3,00	3,50
	B ₂	17,79	55,14	3,00	4,00	3,00	3,50
	C	17,67	34,16	5,00	5,00	5,00	2,00
	D	10,57	49,77	4,50	5,00	4,00	3,00
	E	6,69	55,68	4,00	5,00	4,50	5,00

U nastavku su prikazani ishodni, a u Prilogu C, kompletni rezultati ove analize.

Tabela 4-34, *PROMETHEE model, određivanje indeksa preferencije [106]*

Tehnološko rešenje	Phi+		Phi -		Phi	
	Rang		Rang		Rang	
A ₁	0,433	4,0	0,425	4,0	0,08	4
A ₂	0,233	6,0	0,625	6,0	-0,392	6
B ₁	0,358	5,0	0,508	5,0	-0,150	5
B ₂	0,158	7,0	0,708	7,0	-0,550	7
C	0,750	1,0	0,200	1,0	0,550	1
D	0,675	2,0	0,292	2,0	0,383	2
E	0,558	3,0	0,408	3,0	0,150	3

Tabela 4-35, *ELECTRE model, matrica agregatne dominacije*

Tehnološk. rešenje	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E	Nadmašuje	Rang
A ₁		1	0	0	0	0	0	1	4
A ₂	0		0	0	0	0	0	0	5
B ₁	1	1		1	0	0	0	2	3
B ₂	0	1	0		0	0	0	1	4
C	1	1	1	1		0	0	4	2
D	1	1	1	1	0		0	4	2
E	1	1	1	1	0	1		5	1

Tabela 4-36, *AHP model, normalizovana (konačna) matrica*

		Atribut						Rešenje	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆		
min/max		max	max	max	max	max	max		
Tehnološko rešenje	A ₁	0,110197	0,148701	0,117647	0,129032	0	0,095238	0,107099	6
	A ₂	0,096310	0,141490	0,117647	0,129032	0	0,095238	0,100770	7
	B ₁	0,122553	0,128786	0,117647	0,129032	0,153846	0,166667	0,131480	4
	B ₂	0,105676	0,123297	0,117647	0,129032	0,153846	0,166667	0,124770	5
	C	0,106393	0,199023	0,196078	0,161290	0,256410	0,095238	0,170585	2
	D	0,177859	0,136601	0,176471	0,161290	0,205128	0,142857	0,166026	3
	E	0,281012	0,122102	0,156863	0,161290	0,230769	0,238095	0,199269	1
Suma		1	1	1	1	1	1		
Preferencija		0,3	0,3	0,1	0,1	0,15	0,05		

Tabela 4-37, VIKOR model, rang tehnoloških rešenja, varijabilno V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Rang										
A₁	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2
A₂	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
B₁	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4
B₂	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5
C	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
D	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
E	2	3	3	3	3	3	5	5	5	6	6

Tabela 4-38, Ppoređenje poredaka tehnoloških rešenja

Tehnološko rešenje	Model			
	PROMETHEE	ELECTRE	AHP	VIKOR ($V_1=0,5$)
	Rang tehnološkog rešenje			
A₁	4	4	6	4
A₂	6	5	7	7
B₁	5	3	4	5
B₂	7	4	5	6
C	1	2	2	2
D	2	2	3	1
E	3	1	1	3

Rezultati analize pokazuju 50% ekvivalenciju najviše rangiranosti tehnološkog rešenja E prema modelima ELECTRE i AHP. Prema PROMETHEE modelu najviši rang ima tehnološko rešenje C, slede D, E, A₁, B₁, A₂ i B₂. Nema saglasnosti multimodelskih poredaka tehnoloških rešenja. Za poredak prema ELECTRE modelu karakteristično je da dva tehnološka rešenja (C i D) imaju rang 2. Prema rezultatima analize, tehnološko rešenje E ima prednost u odnosu na rešenja C i D, najbolje rangirana prema modelima PROMETHEE i VIKOR. Rezultati analize ističu dilemu, kako u ovakvim slučajevima postupiti pri odlučivanju? Predlog mogućeg rešenja prikazan je u poglavlju 5.

4.5. ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA I VAŽNI ZAKLJUČCI

Modelska istraživanja izvedena su metodološki i u obimu koji omogućava potpuno problemsko sagledavanje, komparativnost i objektivnost zaključivanja. Izvedena su 24 test opita, rezultati su prikazani u 142 tabele u priložima A1-C. Isti početni parametri analiziranih problema, pripisani su svakoj seriji testova na modelima PROMETHEE, ELECTRE, AHP i VIKOR, čime je obezbeđena neophodna kompatibilnost testova i komparativnost rezultata.

U eksperimentalnim testiranjima korišćeni su softverski sistemi: Promcalc 2.3. (univerzitetska verzija), Expert Choice 2000, D-Sight 3.3.2, Visual PROMETHEE Software (beta verzija), programska rešenja Centra za poslovno odlučivanje Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu (www.fon.bg.ac.rs) i sopstvena rešenja razvijena u Excel-u. Generalno zapažanje vezano za eksperimentalne rezultate (tabele 4-1 do 4-39) odnosi se na kolebanja poredaka, tj. slabu ekvivalenciju multimodelskih rangova alternativa. Samo u 12,5 % od ukupno izvedenih testova, prisutna je ekvivalencija rangova. To su tri slučaja: prvi, rangiranje PROMETHEE i AHP modelima kod izbora projektantske organizacije; drugi, rangiranje istim modelskim parom kod izbora izvođača radova izvoznog okna; i treći, rangiranje PROMETHEE i VIKOR modelima kod izbora lokacije izvoznog okna. U izvesnom broju rešenja, uočava se da neznatne razlike vrednosti parametara rangiranja, odnosno agregatne dominacije, formiraju sliku o neusaglašenost međumodelskih poredaka. Ovo inicira pitanje objektivnosti kod ocene saglasnosti modelskih rešenja, i generiše predlog, da bi za utvrđivanje „bliskosti” modelskih rešenja mogla poslužiti korelativna analiza. U tom smislu urađena je korelativna analiza poredaka alternativa po modelskim parovima. U tabelama 4-39 do 4-44, prikazani su modelski rangovi i koeficijenti korelacije (*Pearsonov koeficijent korelacije*) poredaka alternativa po parovima, a u tabeli 4-46 dat je komparativni prikaz koeficijenata korelacije sa njihovim prosečnim vrednostima.

Tabela 4-39, Izbor tehnološkog sistema PK Majdan III

Tehnologija		Rang				
		PROMETH.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
A1	Ciklična tehnologija – skreperi (trasa puta TP1)	4	4	4	6	
A2	Ciklična tehnologija – skreperi (trasa puta TP2)	6	5	7	7	
B1	Ciklična tehnologija – transporter i kamioni (trasa puta TP1)	5	3	5	4	
B2	Ciklična tehnologija – transporter i kamioni (trasa puta TP2)	7	4	6	5	
C	Kontinualna tehnologija (BTO sistem)	1	2	2	2	
D	Kombinovana tehnologija	2	2	1	3	
E	Ciklična tehnologija (do tada primenjivana)	3	1	3	1	
Koeficijenti korelacije		Redosled	V	0,76376		
			II	0,92857		
			III	0,81832		
			IV	0,78246		
			I	0,98198		
			VI	0,75000		
			Vrednost			

Tabela 4-40, Rangiranje površinskih kopova tehničkog kamena

Površinski kop		Rang				
		PROMETH.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
PK ₁	Paka (RGP d.o.o.)	2	1	1	2	
PK ₂	Selo pri Velenju (Vegrad)	1	2	4	3	
PK ₃	Podgora (Kamteh Gmbh)	4	3	2	4	
PK ₄	Stranice (Ingrad Gramat)	3	3	5	5	
PK ₅	Poljčane (Granit d.d.)	5	2	3	1	
Koeficijenti korelacije		Redosled	Vrednost	III		0,37796
				VI		0,22875
				II		0,56695
				V		0,37143
				I		0,75593
				IV		0,50000

Tabela 4-41, Izbor projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna

Projektantska organizacija		Rang				
		PROMETH.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
PO ₁	Projektna organizacija 1	1	1	1	1	
PO ₂	Projektna organizacija 2	2	3	3	2	
PO ₃	Projektna organizacija 3	3	2	2	3	
PO ₄	Projektna organizacija 4	4	3	4	4	
Koeficijenti korelacije		Redosled	Vrednost	V		0,67420
				III		0,83152
				II		0,94388
				I		1
				V		0,67420
				IV		0,80000

Tabela 4-42, Izbor mesta izgradnje izvoznog okna

Potencijalno mesto izgradnje okna		Rang				
		PROMET.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
A	Lokacija A	4	3	4	4	
B	Lokacija B	2	1	2	1	
C	Lokacija C	3	2	3	3	
D	Lokacija D	1	2	1	2	
Koeficijenti korelacije		Redosled	Vrednost	IV		0,63245
				I		1
				IV		0,63245
				III		0,80000
				II		0,94868
				III		0,80000

Tabela 4-43, Izbor tehnologije izgradnje izvoznog okna

Tehnologija izgradnje okna		Rang				
		PROMETH.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
T ₁	Klasičan postupak	1	1	2	1	
T ₂	Izgradnja odole nagore	3	2	4	3	
T ₃	Prethodno urađena transportna bušotina	2	2	1	2	
T ₄	VSM tehnologija (Vertical Shaft Machines)	4	2	3	3	
Koeficijenti korelacije		Redosled	III	Vrednost	0,77450	
			V		0,6000	
			VI		0,25820	
			I		0,94388	
			II		0,87039	
			IV		0,67420	

Tabela 4 -44 Izbor graditelja izvoznog okna

Potencijalni izvođač radova		Rang				
		PROMETH.	ELECTRE	VIKOR	AHP	
A ₁	Izvođač 1	2	2	3	2	
A ₂	Izvođač 2	1	1	1	1	
A ₃	Izvođač 3	1	1	2	1	
A ₄	Izvođač 4	3	2	4	3	
Koeficijenti korelacije		Redosled	III	Vrednost	0,90453	
			II		0,94388	
			IV		0,89443	
			I		1	
			III		0,90453	
			II		0,94388	

Kod problema izbora tehnološkog sistema PK Majdan III, Potisje Kanjiža, tabela 4-39, najveću - gotovo punu funkcionalnu vrednost 0,98198 ima koeficijent korelacije poredaka alternativa modela ELECTRE i AHP, nešto manju vrednost 0,92857 ima modelski par PROMETHEE-VIKOR. Najmanju, ali relativno visoku vrednost 0,75 ima koeficijent korelacije poredaka alternativa modela VIKOR i AHP. Saglasno konvencionalnim matematičkim kriterijumima, vrednosti koeficijenata korelacije ovog problema, pokazuju da se jačine veza poredaka kreću od *visoke – jake veze* (0,70-0,89) kod modelskih parova VIKOR-AHP, PROMETHEE-AHP, ELECTRE-VIKOR i PROMETHEE-ELECTRE, do *veoma visoke-veoma jake veze* (0,90-0,99) poredaka modelskih parova ELECTRE-AHP i PROMETHEE-VIKOR.

Problem izbora tehnologije je jedan od ključnih problema u rudarstvu, od čijeg rešenja neposredno zavise ekonomski efekti i pouzdanost proizvodnje, bezbednost rada, ekološka

bezbednost i dr. Analiza izbora tehnološkog sistema PK Majdan III, PROMETHEE modelom izvršena je 1994. godine, na osnovu te analize BTO sistem, kao najbolje rangirano tehnološko rešenje (pogledati tabele 4-39 i 4-40), izgrađen je i pušten u rad 2000. godine. Više od decenije uspešnog rada BTO sistema, stečena iskustva i saznanja, ostvareni rezultati, uštede, koristi, i pouzdanost funkcionisanja sistema u multivarijabilnim uslovima, potvrđuju ispravnost prihvatanja rešenja i izgradnje BTO sistema na osnovu analize PROMETHEE modelom. Navodimo važnije pokazatelje, koji ovo potvrđuju:

1. Troškovi transporta BTO sistema smanjeni su za 4 puta u odnosu na troškove transporta ranije primenjivanog tehnološkog sistema;
2. Mesečna potrošnja nafte smanjena je za 50.000 litara;
3. Potrošnja električne energije je povećana a nafte smanjena, mesečna ušteda na razlici potrošnje energenata je 23.750 €;
4. Broj izvršilaca manji je za 18 radnika, mesečna ušteda je oko 40.000 €;
5. Efektivno vreme rada na površinskom kopu je povećano za 792 časa godišnje;
6. Pouzdanost i bezbednost rada sistema je visoka u svim vremenskim uslovima;
7. Postignuta je maksimalna efikasnost otkopavanja, homogenizacije i selektivnog odlaganja opekarskih mineralnih sirovina;
8. Otklonjeni su negativni uticaji na životnu sredinu, nema izduvnih gasova i prašine, buka je minimizirana, itd.

Problem izbora tehnološkog sistema PK Majdan III, je dragocena za ova istraživanja, pošto pruža jedinstvenu mogućnost poređenja realizovanog i u praksi potvrđenog rešenja PROMETHEE modela, sa rešenjima modela ELECTRE, AHP i VIKOR. Komparativna analiza, pokazuje međumodelsku različitost prvorangiranih tehnologija, za razliku od PROMETHEE modela koji favorizuje BTO sistem, modeli ELECTRE i AHP najbolje rangiraju staru tehnologiju, a model VIKOR kombinovanu tehnologiju. BTO sistemu je u rešenjima ELECTRE, AHP i VIKOR modela, drugorangirana tehnologija, dakle BTO sistem je na prvoj poziciji jedanput i tri puta na drugoj. Ishod ove analize otvara dve suštinski važne dileme: (1) Koje je tehnološko rešenje najbolje? i (2) Kako u situacijama sličnim ovoj, kada postoje razlike rangova, postupiti, odnosno kako usmeriti dalju analizu da bi se dobio pouzdan odgovor koje je rešenje najbolje?

Prema saznanjima na osnovu ovih istraživanja, verovatnoća kolebanja međumodelskih poredaka alternativa je 0,88. Ovako visoka verovatnoća kolebanja, dodatno potvrđuje značaj odgovora na prethodna dva pitanja.

U rešenjima problema racionalizacije strukture sistema površinskih kopova tehničkog kamena u okolini Velenja, tabela 4-40, najveću vrednost 0,75593 ima koeficijent korelacije poredaka kopova modelskog para ELECTRE-AHP, a najmanju 0,22875 ima modelski par PROMETHEE-VIKOR. Prema vrednostima koeficijenata korelacije, u rešenjima ovog problema, jačine veza poredaka kreću se od *niske-slabe veze* (0,20-0,39) kod modelskih parova PROMETHEE-VIKOR, PROMETHEE-ELECTRE i PROMETHEE-AHP, preko *srednje-izvesne veze* (0,40-0,69) za modelske parove ELECTRE-VIKOR i VIKOR-AHP, do *visoke – jake veze* (0,70-0,89) za par ELECTRE-AHP.

Kod problema upravljanja pripremom izgradnje izvoznog okna Rudnika uglja Velenje, tabela 4-41, u rešenjima koja se odnose na izbor projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna, najveću - *punu funkcionalnu vrednost* 1 ima koeficijent korelacije poredaka modelskog para PROMETHEE i AHP, nešto manju vrednost 0,94388 ima modelski par ELECTRE-VIKOR. Najmanju vrednost koeficijenta korelacije 0,6742, imaju poredci modelskih parova PROMETHEE-ELECTRE i ELECTRE-AHP. Prema vrednostima koeficijenata korelacije u rešenjima ovog problema, jačine veza poredaka kreću se od *srednje – izvesne veze* (0,40-0,69) za modelske parove PROMETHEE-ELECTRE i ELECTRE-AHP, preko *visoke - jake veze* (0,70-0,89) za PROMETHEE-VIKOR i VIKOR-AHP i *veoma visoke - veoma jake veze* (0,90-0,99) za ELECTRE-VIKOR, do *pune-funkcionalne veze* (1) poredaka para PROMETHEE-AHP.

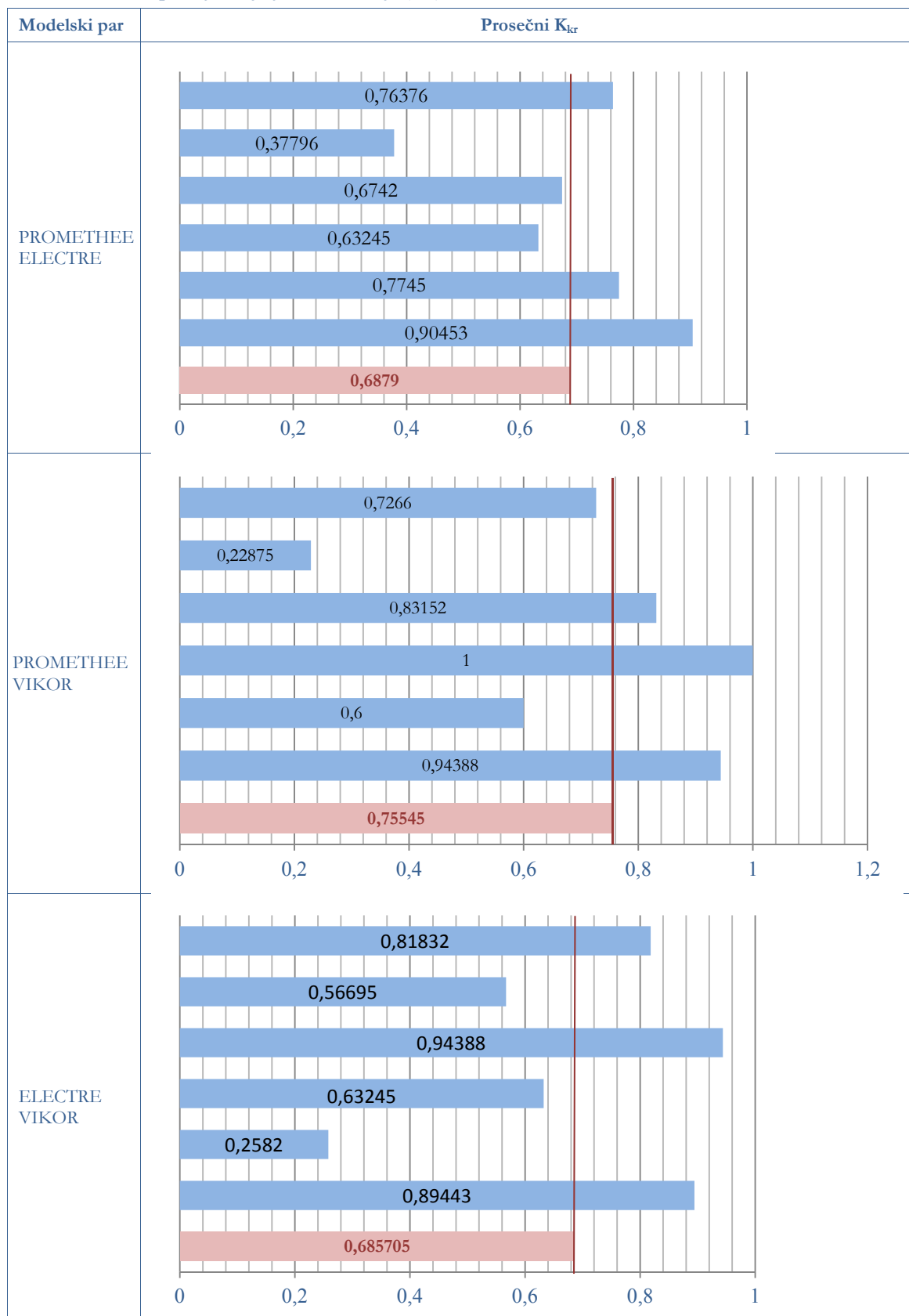
U rešenjima koja se odnose na izbor mesta izgradnje izvoznog okna, tabela 4-42, najveću - *punu funkcionalnu vrednost* 1 ima koeficijent korelacije poredaka lokacija modelskog para PROMETHEE i VIKOR, nešto manju vrednost 0,94868 ima modelski par ELECTRE-AHP. Najmanju vrednost 0,63245 imaju koeficijenti korelacije poredaka parova PROMETHEE-ELECTRE i ELECTRE-VIKOR. U rešenjima ovog problema jačine veza poredaka kreću se od *srednje – izvesne veze* (0,40-0,69) za parove PROMETHEE-ELECTRE i ELECTRE-VIKOR, preko *visoke-jake veze* (0,70-0,89) parova PROMETHEE-AHP, VIKOR-AHP i *veoma visoke-veoma jake* (0,90-0,99) modelskog para ELECTRE-AHP, do *pune-funkcionalne veze* (1) poredaka para PROMETHEE-VIKOR.

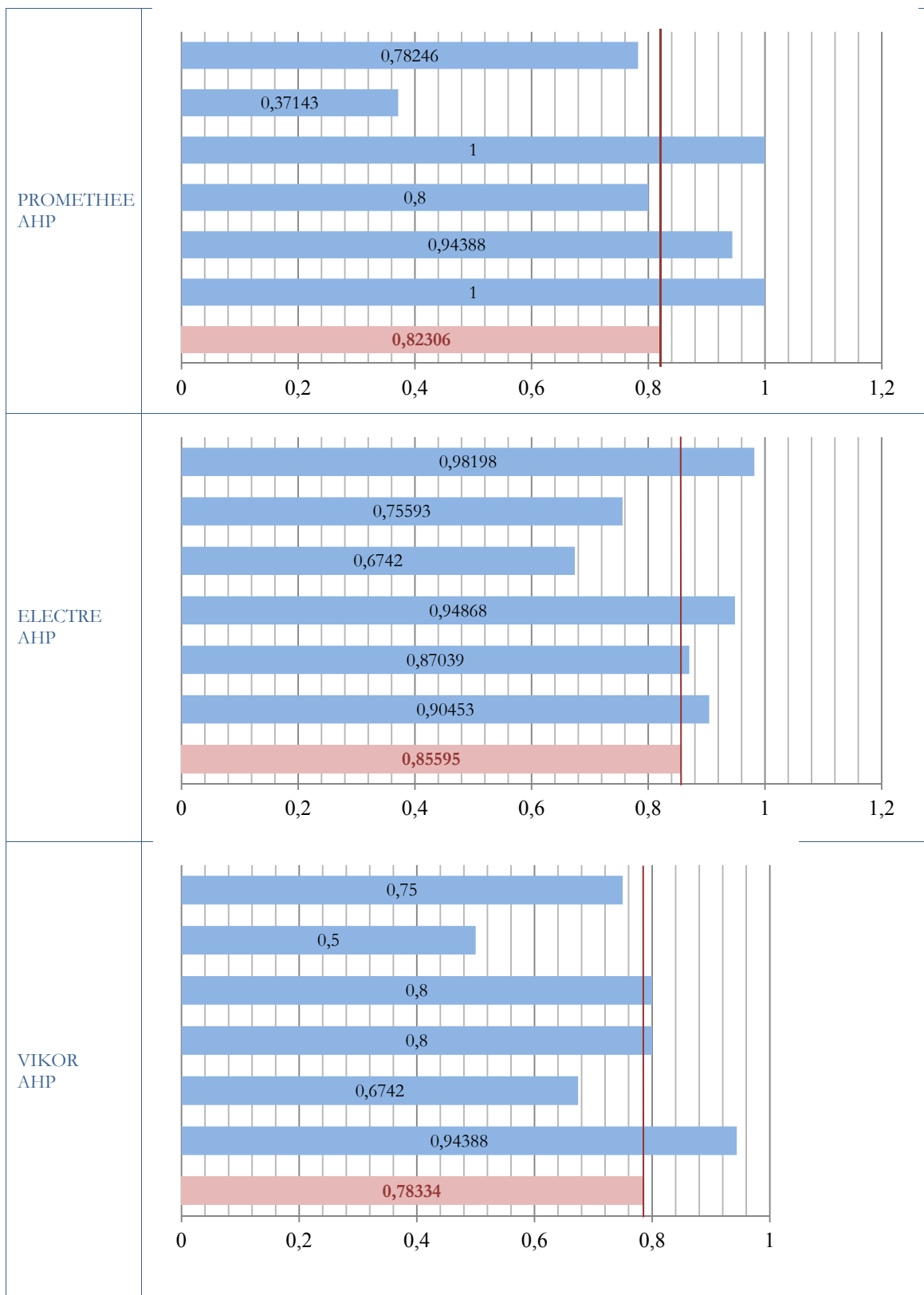
U rešenjima koja se odnose na izbor tehnologije gradnje izvoznog okna, tabela 4-43, najveću vrednost 0,94388 ima koeficijent korelacije poredaka primenljivih tehnologija prema modelima PROMETHEE i AHP. Najmanju vrednost 0,25820 ima koeficijent korelacije poredaka modela ELECTRE i VIKOR. Jačine veza poredaka kreću se od *niske – slabe veze* (0,20-0,39) za modelski par ELECTRE-VIKOR, preko *srednje - izvesne veze* (0,40-0,69) za parove PROMETHEE-VIKOR i VIKOR-AHP, *visoke-jake veze* (0,70-0,89) između poredaka modelskih parova PROMETHEE-ELECTRE i ELECTRE-AHP, do *veoma visoke-veoma jake veze* (0,90-0,99) poredaka modela PROMETHEE i AHP.

U rešenjima koja se odnose na izbor izvođača radova za izgradnju izvoznog okna, tabela 4-44, najveću *funkcionalnu* vrednost 1 ima koeficijent korelacije poredaka izvođača prema modelima PROMETHEE i AHP. Najmanju vrednost 0,89443 ima koeficijent korelacije poredaka para ELECTRE-VIKOR. Saglasno vrednostima koeficijenata korelacije u rešenjima ovog problema, jačine veza poredaka kreću se od *visoke-jake veze* (0,70-0,89) poredaka modela ELECTRE i VIKOR, preko *veoma visoke-veoma jake veze* (0,90-0,99) poredaka modelskih parova PROMETHEE-ELECTRE, PROMETHEE-VIKOR, ELECTRE-AHP i VIKOR-AHP, do *pune-funkcionalne veze* (1) poredaka definisanih u modelima PROMETHEE i AHP.

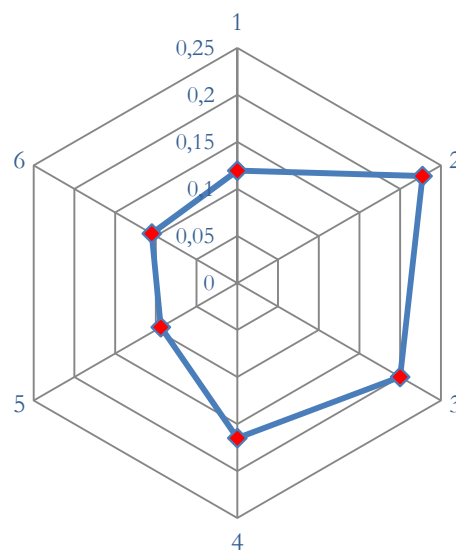
Uočljivo je da su vrednosti koeficijenata korelacije međumodelskih poredaka relativno visoke, što je logično i očekivano, ali u izvesnoj meri i zbunjujuće zbog diferentnosti rangova i međumodelskih poredaka alternativa. Očigledna je kontradiktornost: sa jedne strane su relativno jake veze poredaka, a sa druge izraženo kolebanje rangova, što je iniciralo komparativnu analizu koeficijenata korelacije po modelskim parovima. Elementi ove analize prikazani u tabeli 4-46, ukazuju da je najveća usaglašenost poredaka alternativa između modela ELECTRE i AHP sa jakom vezom ($K_{kr}= 0,85595$), slede takođe sa jakom vezom modelski parovi PROMETHEE - AHP ($K_{kr}= 0,82306$), VIKOR - AHP ($K_{kr}= 0,78334$), i PROMETHEE - VIKOR ($K_{kr}= 0,75545$), a zatim modelski parovi sa izvesnom vezom PROMETHEE - ELECTRE ($K_{kr}= 0,6879$), i ELECTRE - VIKOR ($K_{kr}= 0,685705$). Srednja odstupanja koeficijenata korelacije kreću se od 0,09392 za modelski par ELECTRE i AHP, do 0,227385 za modelski par PROMETHEE i VIKOR. Na slici 4-14 prikazane su tabelarno i grafički ilustrovane promene vrednosti srednjih odstupanja koeficijenata korelacije.

Tabela 4-45, Komparacija koeficijena korelacije (K_{kr})





Interakcija metoda:	Srednje odstupanje K_{kr} :
1. PROMETHEE-ELECTRE	0,119405
2. PROMETHEE-VIKOR	0,227385
3. ELECTRE-VIKOR	0,199838
4. PROMETHEE-AHP	0,164998
5. ELECTRE-AHP	0,093924
6. VIKOR-AHP	0,105053



Slika 4-14, Srednje apsolutno odstupanje koeficijenta korelacije (K_{kr})

Obim i nivo realizovanih istraživanja dopuštaju generalizaciju zaključaka u formi sledećih konstatacija:

- a. Različitosti međumodelskih poredaka alternativnih je posledica diferentnosti rangova. Iako se u MAO/MKO analizama, nezavisno od primenjenog modelskog pristupa, polazi od istih početnih uslova, diferentnost rangova nije neočekivana. Ona je posledica izvesnih, makar i nijansiranih konceptualnih, odnosno algoritamskih i funkcionalnih razlika između modela. Diferentnost generišu i različiti uticaji težina i težinskih koeficijenata u modelima, i svakako, ne sme se zanemariti uticaj DO, on se najviše eksponira preko preferencija DO koje nemaju iste odraze u modelima.
- b. Prihvatanjem prethodnih konstatacija, otvara se pitanje definisanja pristupa kojim se problem neusklađenosti međumodelskih poredaka alternativa može premostiti, odnosno pristupa koji će u konglomeratu različitih međumodelskih poredaka definisati kompromisno-najbolje rešenje.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

5.1. DONOŠENJE UPRAVLJAČKIH ODLUKA U MULTIVARIJABILNIM USLOVIMA

Rezultati 24 eksperimentalna testa, pokazali su postojanje velike verovatnoću (0,88) pojave različitosti međumodelskih poredaka alternativa. Testovi su identifikovali i potencijalnu zamku prikrivenu iza visoke prosečne vrednostima koeficijenta korelacije ($0,70 < K_{kr-pros.} = 0,77 < 0,89$) poredaka modelskih parova. Prisutna je suprotstavljenost, sa jedne strane su relativno jake veze poredaka, a sa druge izraženo kolebanje rangova. Ipak, uzročno i posledično posmatrano, ishodna rešenja konvergiraju ka najboljem poretku alternativa, odnosno ka rangiranju alternativa prema zadatim jedinstvenim kriterijumima, što objašnjava visoku korelativnost poredaka. Sa druge strane kolebanje rangova je posledica konceptijskih razlika između modela, razlika u indeksaciji preferencija, u agregatnoj dominaciji konačnih poredaka i sl.

Ako su ovo činjenice, postavlja se pitanje kako u situaciji različitosti modelskih rešenja, doneti najbolju odluku ?

U literaturi su najprisutnija dva pristupa u davanju odgovora na ovo pitanje. Jedan pristup zagovara smanjenje razlika između modelskih rezultata manipulativnim postupcima, a drugi se zasniva na ad hoc uverenju aktera donošenja odluke da mu je "poznato" koji je modelski pristup najbolje primeniti u konkretnoj situaciji. Mišljenja smo da su oba pristupa necelishodna. U pristupu koji zagovara smanjenje razlika između rezultata modelskih izračunavanja, manipulativnim operacijama npr. linearnom normalizacijom matrica odlučivanja, kategorizacijom težinskih koeficijenata i sl., problematično je „nasilno” uspostavljanje bliskosti između diferentnih rezultata.

Necelishodnost drugog pristupa je u nedostatku objektivnih merila izbora najboljeg modelskog pristupa za konkretnu situaciju. Dakle, u situaciji kada se u rešavanju upravljačkog problema različitim modelskim pristupima dobiju neekvivalentni poredci, neproaktivno je tražiti najbolji između raspoloživih modela, kao što to neki autori zagovaraju. Argument ovom stavu je činjenica da ne raspolažemo metrikom za objektivnu ocenu koji je model najbolji, pa se postupak izbora „najboljeg” modela svodi na subjektivnu procenu aktera donošenja odluke i njegovu opservaciju prema nekom od modelskih pristupa.

Nezavisno od složenosti realnog problema, od stručnosti, interesa, motivisanosti i kompetencije aktera donošenja odluke, multikriterijumski/multiatributni i multiciljni modeli koje OI danas nude, u principu uspešno aproksimiraju multivarijabilne rudničke uslove. I ovo takođe ide u prilog našem stavu da u postupku analize i donošenja upravljačkih odluka u multivarijabilnim uslovima kada treba definisati prioritete, odnosno rangirati alternative, pouzdanost ishodnog rešenja ne treba vezivati za izbor modelskog pristupa, već za proceduralni postupak analize i donošenja upravljačkih odluka. Prema ovom zaključku i prethodnim ocenama, u proceduralnom postupku analize i donošenja upravljačkih odluka u multivarijabilnim rudničkim uslovima moraju biti poštovana tri principa:

1. *Korektnost faktografije fokusiranog problema*, podrazumeva objektivno i racionalno (timsko) definisanje problemskih obeležja i polaznih matematičko-modelskih parametara (alternativa, kriterijuma/atributa, težina, preferencija, uslova, ...);
2. *Multimodelski pristup*, podrazumeva paralelnu matematičko-modelsku obradu problema sa istim polaznim parametrima i na više modelskih platformi;
3. *Kontrola izbora ishodnog rešenja*, podrazumeva analizu dobijenih multimodelskih rangova alternativa i u slučaju kolebanja multimodelskih rangova izračunavanje ponderisanog poretka alternativa kao ishodnog rešenja.

Prvi princip korektnosti faktografije fokusiranog problema, je univerzalnog karaktera koji se mora poštovati bez obzira na primenjeni pristup analize i donošenja odluka. Međutim drugi i treći princip drugačije algoritmuju prilaz problemu. Prema drugom i trećem aksiomu, u rešavanju multivarijabilnih problema treba istovremeno primeniti više modelskih pristupa, i zavisno od kolebanja rangova, odnosno ekvivalencije poredaka dobijenih različitim metodama, ponderisanjem definisati konačan poredak alternativa kao ishodno rešenje.

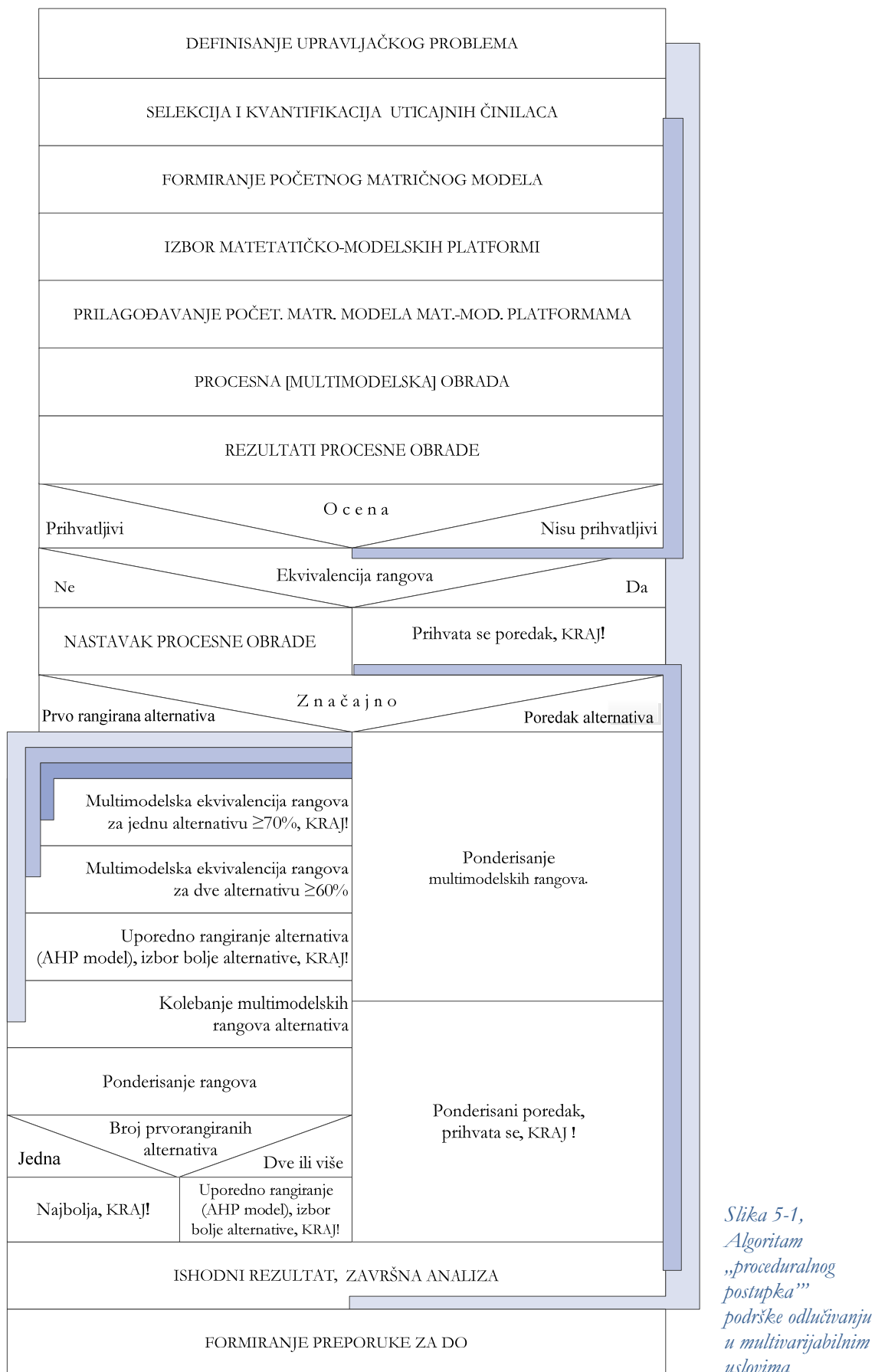
Na ideji integracije ova tri aksioma postavljen je algoritam proceduralnog postupka analize i donošenja upravljačkih odluka u multivarijabilnim uslovima. Algoritam obuhvata osam sekvencijalnih faza:

1. Strukturno i funkcionalno definisanje upravljačkog problema, detekcija, selekcija i kvantifikacija uticajnih činilaca.
2. Formiranje matičnog modela problema
3. Izbor matematičko-modelskih platformi za obradu problema.
4. Prilagođavanje početnog matičnog modela specifičnostima matematičko-modelskih platformi.
5. Multimodelska obrada.
6. Analiza ishodnih rezultata multimodelske obrade.
7. Odluka o daljem toku obrade:
 - 7.1. Značajna prvorangirana alternativa:
 - 7.1.1. Multimodelska ekvivalencija rangova jedne alternative $\geq 70\%$. Preporuka: alternativa najbolja.
 - 7.1.2. Multimodelska ekvivalencija rangova dve alternative $\geq 60\%$. Preporuka: uporedna analiza alternativa, izbor bolje.
 - 7.1.3. Kolebanje multimodelskih rangova. Preporuka: ponderisanje rangova. Ishod: jedna alternativa sa najvišim ponderisanim rangom - najbolja.
 - 7.1.4. Kolebanje multimodelskih rangova. Preporuka: ponderisanje rangova. Ishod dve ili više alternativa najvišeg pondera. Preporuka: uporedna analiza po parovima izdvojenih alternativa, izbor najbolje.
 - 7.2. Značajan poredak alternativa:
 - 7.2.1. Ekvivalencija multimodelskih poredaka 100%. Ishod: poredak najbolji.
 - 7.2.2. Kolebanje multimodelskih poredaka. Preporuka: ponderisanje multimodelskih rangova. Ishod: ponderisani poredak najbolji.
8. Završna analiza, prezentacija rezultata i formiranje preporuke DO.

Na slici 5-1 prikazan je u grafičkoj formi algoritam "proceduralnog postupka" za analizu multimodelskih rešenja i podršku odlučivanju.

Rešenja eksperimentalnih testova, poglavlje 4, nemaju ekvivalencije rangova i poredaka, pa je prema algoritmu "proceduralnog postupka" (korak: 7 i 8) izvršeno ponderisanje rangova u cilju provere validnosti algoritma. U tabelama 5-1 do 5-6, problemski orjentisanim, prikazani su uporedno modelski rangovi PROMETHEE, ELECTRE, AHP i VIKOR, i ponderisane ocene i rangovi.

Kod problema izbora tehnološkog sistema PK Majdan III, tabela 5-1, najviši ponderisani rang ima kontinualna tehnologija – BTO sistem, što je saglasno sa rešenjem iz 1994. godine dobijenom PROMETHEE modelom, i potvrđuje ispravnost odluke investitora o prihvatanju rešenja i izgradnji BTO sistema.



Slika 5-1, Algoritam „proceduralnog postupka” podrške odlučivanju u multivarijabilnim uslovima

U rešenju problema rangiranja površinskih kopova tehničkog kamena u okolini Velenja, tabela 5-2, ponderski je najbolje rangiran PK Paka, a rangovno slede kopovi Selo pri Velenju, Poljčane, Podgora, Stranice. U ovom slučaju ponderisani poredak nije ekvivalentan ni sa jednim multimodelskim poretkom.

Kod problema izbora projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna, tabela 5-3, u rangovima sva četiri modela postoji 100% ekvivalencija za prvorangiranu PO₁ projektantsku organizaciju, zanimljivo je međutim da se svih pet poredaka međusobno razlikuje, u poretku formiranom ponderisanjem izostaje rang 4, PO₁ ima rang 1, PO₂ i PO₃ rang 2 i PO₄ rang 3.

Problem izbora mesta izgradnje izvoznog okna, tabela 5-4, je raritetan. U multimodelskom rangiranju, dve lokacije (B i D) imale su 50% ekvivalenciju rangova, ponderisanje potvrđuje da ove dve lokacije imaju najviši rang. Ostaje dilema (tačka 7.1.4. algoritma) koja je od dve lokacije povoljnija B ili D ? Odgovor na ovo pitanje može se tražiti uporednim AHP rangiranjem ovog para lokacija, ili suptilnijom uporednom inženjerskom analizom parametarskih obeležja lokacija, na principima npr. SWOT metode.

Tabela 5-1, Izbor tehnološkog sistema PK Majdan III

Tehnološki sistem		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
A1	Ciklična tehnologija – skreperi (trasa puta TP1)	4	4	4	6	4,25	4
A2	Ciklična tehnologija – skreperi (trasa puta TP2)	6	5	7	7	1,75	6
B1	Cikli. thnl. – tra. sa tra. i kamioni (tra. puta TP1)	5	3	5	4	4,50	3
B2	Cikli. thnl. – tra. sa tra. i kamioni (tra. puta TP2)	7	4	6	5	2,00	5
C	Kontinualna tehnologija (BTO sistem)	1	2	2	2	6,25	1
D	Kombinovana	2	2	1	3	5,75	2
E	Ciklična (napušta se)	3	1	3	1	5,75	2

Tabela 5-2, Rangiranje površinskih kopova tehničkog kamena

Površinski kop		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
PK ₁	Paka (RGP d.o.o.)	2	1	1	2	4,50	1
PK ₂	Selo pri Velenju (Vegrad)	1	2	4	3	3,50	2
PK ₃	Podgora (Kamteh Gmbh)	4	3	2	4	2,75	4
PK ₄	Stranice (Ingrad Gramat)	3	3	5	5	2,00	5
PK ₅	Poljčane (Granit d.d.)	5	2	3	1	3,25	3

Tabela 5-3, Izbor projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna

Projektantska organizacija		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
PO ₁	Projektna organizacija 1	1	1	1	1	4,00	1
PO ₂	Projektna organizacija 2	2	3	3	2	2,50	2
PO ₃	Projektna organizacija 3	3	2	2	3	2,50	2
PO ₄	Projektna organizacija 4	4	3	4	4	1,25	3

Tabela 5-4, Izbor mesta izgradnje izvoznog okna

Potencijalno mesto izgradnje		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
A	Lokacija A	4	3	4	4	1,25	3
B	Lokacija B	2	1	2	1	3,50	1
C	Lokacija C	3	2	3	3	2,25	2
D	Lokacija D	1	2	1	2	3,50	1

Tabela 5-5, Izbor tehnologije izgradnje izvoznog okna

Tehnologija izgradnje okna		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
T ₁	Klasičan postupak	1	1	2	1	3,50	1
T ₂	Izgradnja odole nagore	3	2	4	3	2,00	3
T ₃	Prethodno urađena transportna bušotina	2	2	1	2	3,25	2
T ₄	VSM tehnologija (Vertical Shaft Machines)	4	2	3	3	2,00	3

Tabela 5-6, Izbor graditelja izvoznog okna

Potencijalni izvođač radova		Rang					
		PROM.	ELEC.	VIKOR	AHP	Pond. ocena	POND. RANG
A ₁	Izvođač 1	2	2	3	2	2,75	3
A ₂	Izvođač 2	1	1	1	1	4,00	1
A ₃	Izvođač 3	1	1	2	1	3,75	2
A ₄	Izvođač 4	3	2	4	3	2,00	4

Kod izbora tehnologije izgradnje izvoznog okna, tabela 5-5, bitna je prvorangirana tehnologija. Multimodelska ekvivalencija rangova za tehnologiju izgradnje okna T₁ je 75% što ovu tehnologiju rangira kao prvu i preporučuje kao najbolju. Zanimljivo je da su AHP i POND. poredci ekvivalentni, u kojima izostaje rang 4, tehnologija T₁ ima rang 1, T₃ je ranga 2, a T₂ i T₄ su na poziciji 3.

Kod izbora preduzeća za izgradnju izvoznog okna, izvođač radova A_2 ima 100% multimodelsku ekvivalenciju rangova, što ovog izvođača radova preporučuje kao najboljeg. U ovom slučaju poredak modela VIKOR ekvivalentan je poretku dobijenom ponderisanjem.

Korelativnost multimodelskih i ponderisanih rangova i poredaka: u primeru izbora tehnološkog sistema PK Majdan III kreće se u granicama 0,9-0,917, prosečna vrednost je veća od 0,9; kod rangiranja površinskih kopova tehničkog kamena od 0,5 do 0,945, prosečna vrednost je 0,7; u primeru izbor projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna između 0,636 i 0,944, prosečna vrednost je 0,8; u primeru izbora mesta izgradnje izvoznog okna od 0,853 do 0,944, prosečna vrednost je 0,921; kod izbora tehnologije izgradnje izvoznog okna između 0,674 i 1, prosečna vrednost je 0,872; i u primeru izbora graditelja izvoznog okna između 0,894 i 1, prosečna vrednost je 0,945. Srednja vrednost koeficijenta korelacije između multimodelskih i ponderisanih poredaka je 0,813.

5.2. ZAKLJUČAK

Odlučivanje i upravljanje u kompleksnim rudničkim uslovima je zahtevan inženjerski zadatak iz više razloga. Jedan od ključnih razloga je da nema opšte naučne saglasnosti oko ocene pogodnosti modela za podršku odlučivanju i upravljanje. Drugo, i da je ta saglasnost postojala, nije sigurno da bi različiti modeli, metode i taktike dale iste rezultate u ekvivalentnim rudničkim uslovima, to potvrđuju naši eksperimenti. Treće, i ako su danas problemi odlučivanja i upravljanja, u centru pažnje sistemskih istraživanja i proučavanja, sistemske nauke još uvek nemaju opšte prihvaćen i u praksi primenljiv algoritam izbora najboljeg rešenja u slučaju kolebanja multimodelskih rangova alternativa. Rešavanju ovog problema, u praksi se prilazi na različite načine koji se međusobno ne isključuju, ali rešenja koja se nude nemaju verifikaciju opšte i univerzalne primenljivosti.

Tačna dijagnoza problema odlučivanja, sama po sebi ne garantuje pouzdanost rešenja u multivarijabilnim rudničkim uslovima, ali bez dobrog dijagnostikovanja problema rešenje nema atribut pouzdanosti. Ovo upućuje na opservaciju i selekciju dobrih i loših pristupa, metoda, modela, taktika i sl. S obzirom da nema opšte naučne saglasnosti oko ocene pogodnosti modela i metoda za podršku odlučivanju, istraživanja u okviru disertacije

usmeravana su kritičkim stavom prema pristupima zasnovanim na izboru „najboljeg” modela.

Upoređenje i vrednovanje modela za podršku odlučivanju je u suštini multikriterijumski problem, u kome treba obratiti pažnju na niz kriterijumskih parametara i preferencija, sa paradoksalnim izgledima da ovako izabrani model ipak nije „najbolji”. U disertaciji se umesto izbora „najboljeg”, „najpogodnije” ili „najprikladnijeg” modela za podršku odlučivanju, predlaže „proceduralni postupak” koji podrazumeva paralelno uključivanje u analizu više modela, koji korektno aproksimiraju multivarijabilne rudničke uslove. Pošto cilj nije izbor najboljeg modela već najboljeg rešenja zadanog problema, postupak izbora najbolje rangirane alternative ili najboljeg poretka alternativa, odvija se zavisno od kolebanja izračunatih multimodelskih rangova. Prema algoritmu „proceduralnog postupka” (odjeljak 5.1), u slučaju ekvivalencije multimodelskih rangova, konstatovani poredak alternativa prihvata se kao konačno najbolje rešenje, u suprotnom proces definisanja konačnog poretka alternativa odvija se ponderisanjem. Ako je cilj najbolja (prvorangirana) alternativa, proces se odvija opciono, jednim od tri smera:

1. Ukoliko je multimodelska saglasnost najbolje rangirane alternative $\geq 70\%$, alternativa se prihvata kao najbolja (slučajevi: izbor projektantske organizacije za projektovanje izvoznog okna, tabela 5-3, izbor tehnologije izgradnje izvoznog okna, tabela 5-5, i izbor graditelja izvoznog okna, tabela 5-6) ;
2. U slučaju da je multimodelska saglasnost za dve najbolje jednako rangirane alternative $\geq 60\%$, detaljnijom komparativnom analizom para treba utvrditi koja je alternativa bolja;
3. Ako je prisutno opšte kolebanje multimodelskih rangova, ponderisanjem se utvrđuje alternativa najvišeg ranga (slučaj izbora tehnološkog sistema PK Majdan III). U slučaju da je u ponderisanom poretku dve (slučaj izbora mesta izgradnje izvoznog okna, tabela 5-4) ili više alternativa prvorangirano, detaljnijom komparativnom analizom para/ova treba utvrditi koja je bolja, odnosno najbolja alternativa.

Primenljivost i operativnu uspešnost primene „proceduralnog postupka”, potvrđuje prosečna korelativnost multimodelskih i ponderisanih rangova i poredaka, koja se u tri eksperimentalna slučaja nalazi u opsegu *visoke – jake veze* (0,70-0,89), i u tri slučaja u opsegu *veoma visoke-veoma jake veze* (0,90-0,99). Prosečna korelativnost ponderisanih i

multimodelskih poredaka (0,813) veća je za 5,58% od prosečne korelativnosti (0,77) multimodelskih poredaka, što pozitivno vrednuje predloženi algoritam.

Dvadesetčetiri testa uspešno izvedena sa četiri modela i šest rudničkih problema, različite strateške, taktičke i operativne važnosti, potvrđuju validnost i praktičnu primenljivost algoritma „proceduralnog postupka”.

Analiza literaturnih izvora, teorijska sagledavanja kvantitativnih pristupa za podršku odlučivanju, i metrika eksperimentalnih istraživanja, inicira pitanja i prepoznaje potencijalne teme daljih istraživanja u ovoj oblasti. Sa aspekta rudarskog inženjerstva, mišljenja smo da je prioritarna tema istraživanja: osetljivost i stabilnosti modelskih i ponderisanih poredaka, sa ocenama rizika. U kontekstu ovih sagledavanja, jedan od obećavajućih pravaca istraživanja, bar što se tiče rudarstva, mogao bi biti usmeren ka modelima odlučivanja zasnovanim na grubim skupovima.

LITERATURNI IZVORI

1. Abath J. R. de Almeida A. T., Outsourcing multicriteria decision model based on PROMETHEE method (Report), Journal of Academy of Business and Economics, International Academy of Business and Economics October, 2009.
2. Abedi, M., Torabi, S.A., Norouzi, G., Hamzeh, M., Elyasi, G., PROMETHEE II: a knowledge-driven method for copper exploration, *Computers & Geosciences*, 46, 2012. 255-263.
3. Adnani S., Sereshki F., Alinejad-Rokny H., Bandpey-Kamali H., Selection of temporary ventilation system for long tunnels by fuzzy multi attributes decision making technique, *American Journal of Scientific Research*, 29, 2011, 83-91.
4. Alpay S., Yavuz M., Underground mining method selection by decision making tools *Tunneling and Underground Space Technology*, Elsevier, Volume 24, Issue 2, March 2009, 173–184.
5. Anand, G., Kodali, R., Selection of lean manufacturing systems using the PROMETHEE, *Journal of Modelling in Management* 3 (1), 2008, 40–70.
6. Bangian A. H., Ataei M., Sayadi A., Gholinejad A., Fuzzy analytical hierarchy processing to define optimum post mining land use for pit area to clarify reclamation costs, *Archives of Mining Sciences*, Vol. 27 (2), 2011, 145-168.
7. Bascetin A., A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine, *Environ Geol*, 2007, 52: 663–672.
8. Batanović V., Guberinić S., Petrović R., System theoretic approach to sustainable development problems, *Yugoslav Journal of Operations Research*, 21, No. 1, 2011, 1-10.
9. Bazzazi A. A., Osanloo M., Karimi B., Deriving preference order of open pit mines equipment through MADM methods: application of modified vikor method, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.043>.
10. Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A., Aghdasi, M., PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodological applications, *European Journal of Operational Research*, 2010, 200: 198-215.
11. Behzadian, M., Seyyed, M.H.M., Joshua, I., Mark G., Mohammad, M. S., PROMETHEE Group Decision Support System and the House of Quality, *Group Decision and Negotiation*, Online ISSN 1572-9907, Publisher Springer Netherlands, 2011.
12. Belegundu A. D., Chandrupatla T. R., *Optimization Concepts and Applications in Engineering*, Cambridge University Press, 2nd edition, 2011, 478.

13. Beović, M., Bobić, D., Džafić, S., Izbor lokacija za smeštaj rezervi tehničkih materijalnih sredstava primenom metoda operacionih istraživanja, VTG 3/90, Beograd, 1990, 244-256.
14. Beynon M., PROMETHEE Method of Ranking Alternatives, in: The Sage Dictionary of Quantitative Management Research, Luiz MOutinho & Graeme Hutcheson (eds.), SAGE Publications Ltd., 2011, 344.
15. Bitarafan M.R., Ataei M., Mining method selection by multiple criteria decision making tools, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, October 2004, 493-498.
16. Borović, S. i dr., Organizacijska teorija, Informator, Zagreb, 1991.
17. Borović, S., Đukić, R., Priprema odluke o nabavci tehničkih sredstava primenom familije metoda PROMETHEE, VTG 4/88, Beograd, 1988, 394-409.
18. Branke, J., Consideration of Partial User Preferences in Evolutionary Multiobjective Optimization, Multiobjective Optimization , Interactive and Evolutionary Approaches, Springer Berlin Heidelberg, 2008, 157-178.
19. Brans, J.P., L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision, La méthode PROMETHEE, Presses de l'Université Laval, 1982.
20. Brans J.P., Vincke Ph., Mareschal B., How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, European Journal of Operational Research, Vol. 24, 1985, 228-238.
21. Brans J. P., Mareschal B., Promethee Methods, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, , Springer, 2005, 163-186.
22. Cancer V., The Multicriteria method for environmentally oriented business decision-making, Yugoslav Journal of Operations Research, 14, No. 1, 2004, 65-82.
23. Čupić, M., Tumala Rao, V.M., Savremeno odlučivanje: metode i primena, Naučna knjiga, Beograd, 1991, 421.
24. Dagdeviren M., Decision Making in Equipment Selection: An Integrated Approach with AHP and PROMETHEE, Journal of intelligent manufacturing, Volume 19, Number 4, 2008, 397-406.
25. De Keyser W., Peeters P., A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods, European Journal of Operation Research, 89, 1996, 457-461.
26. Dimkovski T., Ležišta nemetalčnih mineralnih sirovina u Sloveniji, mineralne sirovine za potrebe građevinarstva, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 2012.
27. Doukas H. Ch., Botsikas M. A., Psarras J. E., 2007, Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables, European Journal of Operational Research, Vol. 182, Issue 2, 844-855.
28. Doumpos M., Zopounidis C., Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2010, 268.
29. Duckstein, L., Opricovic S., Multiobjective Optimization in River Basin Development, Water Resources Research, 16(1), 1980, 14-20.
30. Đukić, R., Rangiranje alternativa metodom normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXIX, Br. 6, Beograd, 1989, 27-32.
31. Đukić, R., Višekriterijumska asignacija - postupak određivanja efikasnih rešenja, Zbornik radova SYMOPIS'89, Kupari, 1989, 705-708.
32. Ehrgott M., Multicriteria Optimization, Springer Berlin-Heidelberg, 2nd edition, 2005, 336.
33. Eshenauer, H., Koski, J. & Osyczka, A. , Multicriteria Design Optimization, Springer-Verlag, 1990, 482.
34. Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York,: Springer Science + Business Media, 2005.
35. Figueira, J. R., Greco, S., Roy, B., Slowiński R., ELECTRE Methods: Main Features and Recent Developments, Handbook of Multicriteria Analysis, Springer Berlin Heidelberg, 2010, 51-89

36. Elevli, B., Demirci, A., Multicriteria choice of ore transport system for an underground mine: Application of PROMETHEE methods. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* 104 (5), 2004, 251–256.
37. Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E., Eddy, B.G., GIS-based multi-criteria analysis, *Geography Compass* 5/6, 2011, 412–432.
38. Halouani N., Chabchoub H., Martel J.-M., 2009, PROMETHEE-MD-2T method for project selection, *European Journal of Operational Research*, Vol. 195, Issue 3, 841-849.
39. Hekmat, A., Osanloo, M., Shirazi A., New approach for selection of waste dump sites in open pit mines, *Mining Technology*, Vol.117, No. 1, 2008 , 24-31(8).
40. Huang, I.B., Keisler, J., Linkov, I., Multi-criteria decision analysis in environmental science: ten years of applications and trends, *Science of the Total Environment* 409, 2011, 3578–3594.
41. Ivković B., Popović Ž., Upravljanje projektima u građevinarstvu, *Građevinska knjiga*, Beograd, 2005, 899.
42. Izveštaj opšteg nacрта državnog programa upravljanja mineralnim resursima, *Geološki zavod Slovenije*, 2007.
43. Kamali-Bandpey H., Alinejad-Rokny H., Khanbabapour H., Rashidinejad F., Optimization of firing system utilizing fuzzy MADM method-case study: Gravel mine project in Gotvand Olya dam–Iran, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, 5(12): 1089-1097.
44. Kesimal A., Bascetin A., Application of fuzzy multiple attribute decision making in mining operations, *Mineral Resources Engineering*, Vol. 11, No. 1, 2002, 59-72.
45. Kokanović, M., Višekriterijumsko određivanje optimalnog sastava jedinice za održavanje TMS, VTG 3/85, Beograd, 1985, 247-253.
46. Krečevinac, S., Čangalović, M., Kovačević-Vujičić, V., Martić, M., Vujošević, M., Operaciona istraživanja, *Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu*, 2004, 586.
47. Kunsch, P. L., A Statistical Approach to Complex Multi-Criteria Decisions, *Computational Intelligence in Complex Decision Systems*, Atlantis Press, 2010, 147-182.
48. Lashgari, A., Yazdani–Chamzini A., Majid Fouladgar M., Kazimieras Z.E., Shahriar S., Abbate n., Equipment selection using fuzzy multi criteria decision making model: Key study of gole gohar iron mine, *Engineering economics*, Vol. 23, No 2, 2012, 125-136.
49. Makovšek B., *Jamska i površinska eksploatacija*, Velenje, 2008.
50. Mareschal, B., Brans J.P., Geometrical representations for MCDA the GAIA module, *European Journal of Operational Research*, 1988.
51. Marković, Z., Modification of TOPSIS method for solving of multicriteria tasks, *Yugoslav Journal of Operations Research*, Vol. 20, No. 1, 2010, 117-143.
52. Mavrotas G., Diakoulaki D., Kourentzis A., Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints, *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, No. 1, 2008, 177-192.
53. McKenzie P., Newman A. M., Tenorio L., Front Range Aggregates Optimizes Feeder Movements at Its Quarry, *Interfaces*, Vol. 38, No. 6, 2008, 436–447.
54. Mišković, V., Đukić, R., Kerec, Z., Izbior lokacije poljskog skladišta VTG 3/91, Beograd, 1991, 260-271.
55. Mladineo, N., Margeta, J., Brans, J.P., Mareschal, B., Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants. *European Journal of Operational Research*, 31, 1987, 215–222.
56. Monjezi M., Dehghani H., Singh T. N., Sayadi A. R., Gholinejad A., Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design, *Arabian journal of geosciences*, Vol. 5, No.1, 2012, 95-101.
57. Musingwini C., Techno-economic optimization of level and raise spacing in Bushveld complex platinum reef conventional breast mining, *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. Vol. 110, August 2010, 425 -436.

58. Narrei S., Osanloo M., Post-mining land-use methods optimum ranking, using multi attribute decision techniques with regard to sustainable resources management, *OIDA International Journal of Sustainable Development*, Vol. 2, No. 11, 2011, 65-76.
59. Newman, A., Rubio, E., Caro, R., Weintraub, A., Eurek, K., A Review of Operations Research in Mine Planning, *Interfaces*; Vol. 40, No. 3, 2010, 222-245.
60. Nikolić, I., Borović, S., Višekriterijumska optimizacija, CVŠ VJ, Beograd, 1996.
61. Opricovic, S., *Optimizacija sistema*, Građevinski fakultet, Beograd, 1992, 422.
62. Opricovic, S., Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu”, Građevinski fakultet Beograd, 1998, 302.
63. Opricovic, S., Gwo-Hshiung, T., The Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156(2), 2004, 445-455.
64. Opricovic, S., Gwo-Hshiung, T., Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods, *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, No 2, 2007, 514–529.
65. Opricovic, S., Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning, *Expert Systems with Applications* 38, 2011, 12983-12990.
66. Öztürkçü, M., Tsoukiàs, A., Vincke Ph., Preference Modelling, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Book Part II, 2005, 27-59.
67. Parreiras R.O., Vasconcelos J.A., A multiplicative version of Promethee II applied to multiobjective optimization problems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 183, Issue 2, 2007, 729-740.
68. Pedrycz W., Ekel P., Parreiras R., *Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications*, Published Online: 3 DEC 2010, DOI: 10.1002/9780470974032.fmatter, Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-68225-8 (335)
69. Peng Y., Zhang Y., Tang Y., Shiming L, An incident information management framework based on data integration, data mining, and multi-criteria decision making, *Decision Support Systems*, Vol. 51, Issue 2, 2011, 316–327
70. Petrić J., *Operaciona istraživanja, Knjiga I, Savremena Administracija*, Beograd, 1976.
71. Petrić, J. i dr., *Metode planiranja u SOUR*, Naučna knjiga, Beograd, 1982.
72. Petrović, R., *Specijalne metode u optimizaciji sistema*, Tehnička knjiga, Beograd, 1977.
73. Petrović, R., Šenborn, A., Vujošević, M., Multicriteria ranking of spares allocations, *Naval Research Logistics* 35, 1988, 107–117.
74. Pohekar, S.D., Ramachandran, M., Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8, 2004, 365–381.
75. Pradenas L., Zuniga J., Parada V., CODELCO, Chile Programs its Copper-Smelting Operations, *Interfaces*, Vol. 36, No. 4, 2006, 296–301.
76. Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi i ležišta čvrstih mineralnih sirovina, *Slovenski vesnik* Rs 36/2006.
77. Roy, B., Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE), *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle* , 2e Année, No. 8, 1968, 57-75.
78. Roy, B., Bertier, P., La méthode ELECTRE II – Une application au médiaplanning . In: Ross, M. (ed.) *OR 1972*, 291–302. North-Holland Publishing Company, Amsterdam (1973) 5.
79. Saaty T. L., "Decision Making with the AHP: Why is the Principal Eigenvector Necessary?," *ISAHP 2001 Proceedings*, Bern, Switzerland, August 2001, 2-4.
80. Sage A. P., Armstrong J. E., *Introduction to Systems Engineering*, Wiley-Interscience, 1st edition, 2000, 568.

81. Soltanmohammadi H., Osanloo M. Rezaei B. Aghajani Bazzazi A.A., Achieving to some outranking relationships between post mining land uses through mined land suitability analysis, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5 (4), 2008, 535-546.
82. Soltanmohammadi, H., Osanloo, M., Bazzazi, A.A., Deriving preference order of post-mining land-uses through MLSA framework: application of an outranking technique. *Environmental Geology*, 58 (4), 2009, 877-888.
83. Solymosy, T., Dombi, J., A method for determining the weights of criteria: The centralized weights. *European Journal of Operational Research*, 26 (1), 1986, 35-41.
84. Statnikov R.B., *Multicriteria Design: Optimization and Identification (Applied Optimization)*, Springer, 1st edition, 2010, 220.
85. Stojiljković, M., *Proces donošenja odluka*, VIZ, Beograd, 1975.
86. Sultana, A., Kumar, A., Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. *Biomass and Bioenergy*, 39, 2012, 344–355.
87. Šolar S. V., Strgar I., Izbor ležišta mineralnih sirovina za građevinarstvo u okviru prostornih planova – primer upotrebljivosti geologije, *Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, Geologija* 45/2, 2002, 559-566.
88. Taho Y, Chih-Ching H., Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 23, 2007, 126–137.
89. Tzeng G. H., Huang J. J., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Chapman and Hall/CRC; 1st edition, 2011, 349.
90. Ulstein N. L., Christiansen M., Gronhaug R., Magnussen N., Solomon M. M., Elkem Uses Optimization in Redesigning Its Supply Chain, *Interfaces*, Vol. 36, No. 4, July–August 2006, 314–325.
91. Venkata R R., *Decision Making in the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods*, Springer, 1st edition, 2010, 391.
92. Vesel J., Senegačnik A., Geološka istraživanja kao osnova za opredeljenje najprimernijih načina eksploatacije blokova prirodnog kamena, *Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, Zbornik radova Savetovanja rudarskih i geoloških stručnjaka povodom 40. Skoka preko kože, ID04*, 2007, 55-64.
93. Viera F.M.C.C., Utility-based framework for optimal mine layout selection, subject to multiple-attribute decision criteria, *Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries (APCOM)*, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, 133-150.
94. Vujić S, i dr. Model regionalnog planiranja proizvodnje na malim ležištima nemetalčnih mineralnih sirovina, *Zbornik radova, Naučno-stručni skup istraživanje i korišćenje malih ležišta mineralnih sirovina i koncesija*, Beograd, 1993, 1-5.
95. Vujić S, i dr., A location-allocation model of mining facilities planning at strategic level, *Proceedings of the VII International Symposium on Application of Mathematical Methods and Computers in Geology, Mining and Metallurgy*, Sophia, Bulgaria, 1998, 5-12;
96. Vujić S, i dr., Kolizija teorije ekonomike prostora sa strateškim regionalnim planiranjem u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, *IV Međunarodna naučna konferencija o površinskoj eksploataciji OMC '99*, Bor, 1999, 345-351.
97. Vujić S, i dr., Mathematical model of spatial planning the system of active mines having homogeneous production, *Proceedings: VIII Balkan Mineral Processing Conference*, Vol. 2, Belgrade, 1999, 631-636.
98. Vujić S, i dr., Multicriterium mathematics - modeling approach to production planning strategy of mineral resources, *Proceedings of the XVI World Mining Congress*, 1994., Sofia, Bulgaria;
99. Vujić S, i dr., Višekriterijumski optimizacioni model prostornog planiranja sistema površinskih kopova tehničkog kamena - uvod u problem, *XXV Symopis*, Herceg Novi, 1998, 581-585.

100. Vujić S. i dr., Studija izbora sistema za transport opekarskih mineralnih sirovina od površinskog kopa "Majdan III" do indutrijskog kompleksa "Potisje" Kanjiza, Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, 1995, 101.
101. Vujić S., A comparative multi-criterion analysis of possible technologies used for selective mining, conveyance and dumping of solum at coal open pit mines of the Electric Power Industry of Serbia, Annual of University of Mining and geology "St. Ivan Rilski", Part II: Mining and mineral processing, Vol. 47, Sofia, Bulgaria, 2004,197-200.
102. Vujić S., Optimum dynamic management of mining machinery exploitation life: models with limited interval, Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, The Pennsylvania State University, USA, APCOM 2005, Taylor & Francis Group - Balkema, London, 2005, 65-70.
103. Vujić, S., Miljanović, I., i dr., The deterministic fuzzy linear approach in planning the production of mine system with several open pits, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Committee of Mining, Karkow, Vol. 56, Issue 3, 2011, 489-497.
104. Vujić, S., Benovic, T., Miljanović, I., Hudej, M., Milutinovic, A., Pavlovic, P., Fuzzy linear model of production optimization of mining systems with multiple entities, International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, University of Science and Technology Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Vol. 18, No 6, 2011, 633-637.
105. Vujić, S., Miljanović, I., i dr., Multiattributive prediction of terrain stability above underground mining operations, Yugoslav Journal of Operations Research, Vol. 21, Num. 2, 2011, 275-291.
106. Vujić S., Hudej M. i dr., Results of the promethee method application in selecting the technological system at the Majdan III open pit mine, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Committee of Mining, Karkow, Issue 4, 2013, (11). *Pribvaćen za štampu u 4. svesci za 2013.*
107. Vujošević, M., Stanojević, M., Mladenović, N., Metode optimizacije: Mrežni, lokacijski višekriterijumski modeli, Društvo operacionih istraživača Jugoslavije, Beograd,1996, 168.
108. Vujošević, M., Operativni menadžment: Kvantitativne metode, Društvo operacionih istraživača Jugoslavije, Beograd,1997, 262.
109. Vujošević, M., Operaciona istraživanja, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, 1999, 150.
110. Vujošević, M., Metode optimizacije u inženjerskom menadžmentu, Akademija inženjerskih nauka Srbije i Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, 2012, 161.
111. Wang J. E., Multiple criteria decision making for power generation investment planning under restrictions of aggregate emission control, Yugoslav Journal of Operations Research, Vol. 11, No. 2, 2001, 179-210.
112. Weistroffer, H. R., Smith, Ch. H., Narula, S. C., Multiple Criteria Decision Support Software, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer New York, 2005, 989-1009.
113. Yang T., Chunwei K., A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, European Journal of Operational Research 147, 2003, 128-136.
114. Yavuz M., Selection of plant location in the natural stone industry using the fuzzy multiple attribute decision making method, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Volume 108, October 2008, 641 -649.
115. Yevseyeva I., Miettinen K., Räsänen P., Verbal ordinal classification with multicriteria decision aiding, European Journal of Operational Research, Vol. 185, No. 3, 2008, 964-983.
116. Zak, J., Application of Operations Research Techniques to the Redesign of the Distribution Systems, Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, Proceedings 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010, Paderborn, Germany, Springer Berlin Heidelberg, 2010, 57-72.
117. Zakon u rudarstvu (Zrud-1), Slovenski vesnik, Rs 61/2010, 26.7.2010.
118. Zavadskas, E.K., Zakarevicius, A., Antucheviciene, J., Evaluation of Ranking Accuracy in Multi-Criteria Decisions. Informatica 17 (4), 2006, 601-618.

119. Zhongliang Yue, Extension of topsis to determine weight of decision maker for group decision making problems with uncertain information, *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 7, 1 June 2012, 6343–6350.
120. Zilinskas, A., Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies, *Interfaces*, Vol. 34, No. 6, 2004, 469-470.

INTERNET IZVORI

1. http://academia.edu/Documents/in/Mining_Engineering
2. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1004/1004.3258.pdf>
3. <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?267938>
4. <http://delta.cs.cinvestav.mx/~ccoello/EMOO/EMOOjournals.html>
5. http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/60016/mod_resource/content/1/PMI5026%20-%202012%20-%20AHP%20localiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20planta%20mineral.pdf
6. http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2012/3457/pdf/dagrep_v002_i001_p050_s12041.pdf
7. http://econpapers.repec.org/article/wsiapjorx/v_3a28_3ay_3a2011_3ai_3a03_3ap_3a279-300.htm
8. <http://eprints.qut.edu.au/54637/>
9. <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:274817>
10. http://gray.mgh.harvard.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=39:multicriteria-optimization&catid=7:optimization&Itemid=15
11. <http://hal-sde.archives-ouvertes.fr/SDE/hal-00769827/fr/>
12. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&number=4223027&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4223027
13. <http://library.witpress.com/pages/PaperInfo.asp?PaperID=19970>
14. <http://mcdmsociety.org>
15. http://pisis.unalmed.edu.co/vieja/cursos/analisis_decisiones/GA/moga/MOSES.pdf
16. <http://webarchive.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-09-009.pdf>
17. <http://www.cs.osakafu-u.ac.jp/~nojima/>
18. <http://www.fon.bg.ac.rs>
19. http://www.cse.ohiostate.edu/~parent/classes/788/Au10/OptimizationPapers/MultiObjective/journal_survey.pdf
20. http://www.echmes.gr/uploads/01.Spatial_multi-criteria_decision_analysis_for_site_selection_of_sustainable_stone_waste_disposal.pdf
21. <http://www.ess.uci.edu/sites/ess.uci.edu/files/publications/>
22. <http://www.fgg.uni-lj.si/sdrobne/Pouk/GIS-S/Vsebine%20GISS%202008-2009/Multicriteria%20Spatial%20Decision%20Analysis%20in%20Web%20GIS%20Environment.pdf>
23. <http://www.highbeam.com/doc/1P3-2439585561.html>
24. http://www.iaeng.org/publication/WCECS2010/WCECS2010_pp1149-1153.pdf
25. <http://www.ijmsem.org/upfiles/Download/2012042416400427178.pdf>
26. <http://www.inf.ufpr.br/aurora/disciplinas/topicosia2/livros/Evolutionary%20Multiobjective%20Optimization%20-%20Theoretical%20Advances%20and%20Applications.pdf>

27. <http://www.iosotech.com/multicriteria.htm>
28. <http://www.ise.ufl.edu/cao/>
29. <http://www.math.hcmus.edu.vn>
30. <http://www.optimization-online.org>
31. <http://www.promethee-gaia.net/biblio.html>
32. http://www.researchgate.net/publication/220398927_A_multicriteria_logistics-outsourcing_decision_making_using_the_analytic_hierarchy_process
33. <http://www.saimm.co.za/Journal/v104n09p493.pdf>
34. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-61902012000100007&lng=pt&nrm=iso
35. <http://www.worldscinet.com/cgi-bin/details.cgi?type=html&id=pii:S0217595911003247>
36. https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/42845/ubc_2012_fall_wang_xinyi.pdf?sequence=1
37. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7612/1132618.pdf
38. <http://www.onemine.org/search/summary.cfm/Multicriteria-Choice-Of-Ore-Transport-System-For-An-Underground-Mine-Application-Of-PROMETHEEMethods?d=33035A241B4B0A8F716B950BFFABDE9AD4A2C7098E75B57BBF3780722262809D148574&fullText=ranking>
39. <http://www.ruor.uottawa.ca/en/handle/10393/23418>
40. <http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/ESRJ/pdf/v16n1/A07V16N1.pdf>
41. http://dpcs.uoc.edu/joomla/images/stories/workshop2012european/slides/2012Barcelona_ISCO_HAROSA_refENG.pdf
42. <http://www.ingentaconnect.com/content/maney/mint/2002/00000111/00000002/art00007?crawler=true>
43. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925507001229>
44. http://www.hydrometallurgy.co.za/Pt2008/Papers/319-326_Musingwini.pdf
45. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-XTYD200902028.htm
46. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417410008390>
47. <http://www.min-pan.krakow.pl/Wydawnictwa/GSM253/02-Samimi-Namin.pdf>
48. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0041713>
49. <http://www.biomass.ubc.ca/docs/2011-05-30%20Sowlati-Mobini%20New%20Presentation.pdf>
50. http://allenpress.com/pdf/ieam-01-02_95_108.pdf
51. http://www.geocomputation.org/2007/6C-Apps_Environment_4/6C4.pdf
52. <https://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/2955/1/Decision-Making%20Tools.pdf>
53. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20294913.2012.753489?journalCode=tted21>
54. <http://www.gu.gov.si>

Prilog A1

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA:
UPRAVLJANJE PROCESOM PRIPREME IZGRADNJE
IZVOZNOG OKNA RUDNIKA UGLJA VELENJE
Rangiranje projektantskih organizacija

PROMETHEE MODEL

Tabela A1-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max:		min	max	min	max	max
Tip kriterijuma:		I	I	I	I	I
Preferencija:		0,35	0,35	0,20	0,25	0,15
Proj. orga.	PO ₁	0,8	9	8	8	7
	PO ₂	1,7	10	10	8	8
	PO ₃	1,1	7	12	5	6
	PO ₄	1,05	5	12	4	6

Tabela A1-2, Određivanje funkcije preferencije

K ₁ - tip I (max):			K ₂ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 0,8 - 1,7 = -0,9$	1	s = 2	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 3	$x = 0,8 - 1,1 = -0,3$	1	s = 3	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 4	$x = 0,8 - 1,05 = -0,25$	1	s = 4	$x = 9 - 5 = 4$	1
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 1,7 - 0,8 = 0,9$	0	s = 1	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 3	$x = 1,7 - 1,1 = 0,6$	0	s = 3	$x = 10 - 7 = 3$	1
s = 4	$x = 1,7 - 1,05 = 0,65$	0	s = 4	$x = 10 - 5 = 5$	1
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 1,1 - 0,8 = 0,3$	0	s = 1	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 2	$x = 1,1 - 1,7 = -0,6$	1	s = 2	$x = 7 - 10 = -3$	0
s = 4	$x = 1,1 - 1,05 = 0,05$	0	s = 4	$x = 7 - 5 = 2$	1
a ₄ , a _s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 1,05 - 0,8 = 0,25$	0	s = 1	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 2	$x = 1,05 - 1,7 = -0,65$	1	s = 2	$x = 5 - 10 = -5$	0
s = 3	$x = 1,05 - 1,1 = -0,05$	1	s = 3	$x = 5 - 7 = -2$	0
K ₃ - tip I (max):			K ₄ - tip I (min):		
a ₁ , a _s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	1	s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 12 = -4$	1	s = 3	$x = 8 - 5 = 3$	1
s = 4	$x = 8 - 12 = -4$	1	s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1
a ₂ , a _s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	0	s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 10 - 12 = -2$	1	s = 3	$x = 8 - 5 = 3$	1
s = 4	$x = 10 - 12 = -2$	1	s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1
a ₃ , a _s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 12 - 8 = 4$	0	s = 1	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 2	$x = 12 - 10 = 2$	0	s = 2	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 4	$x = 12 - 12 = 0$	0	s = 4	$x = 5 - 4 = 1$	1
a ₄ , a _s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 12 - 8 = 4$	0	s = 1	$x = 4 - 8 = -4$	0
s = 2	$x = 12 - 10 = 2$	0	s = 2	$x = 4 - 8 = -4$	0
s = 3	$x = 12 - 12 = 0$	0	s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0

K₅ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 7 - 8 = -1$	0
s = 3	$x = 7 - 6 = 1$	1
s = 4	$x = 7 - 6 = 1$	1
a ₂ , a _s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 7 = 1$	1
s = 3	$x = 8 - 6 = 2$	1
s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	1
a ₃ , a _s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 2	$x = 6 - 8 = -2$	0
s = 4	$x = 6 - 6 = 0$	0
a ₄ , a _s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 2	$x = 6 - 8 = -2$	0
s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0

Tabela A1-3, Određivanje indeksa preferencije

	PO ₁	PO ₂	PO ₃	PO ₄	T ⁺	T	Rang
PO ₁	0,0000	0,4231	1,0000	1,0000	0,8077	0,6795	1
PO ₂	0,3846	0,0000	0,7308	0,7308	0,6154	0,2949	2
PO ₃	0,0000	0,2692	0,0000	0,4615	0,2436	-0,4231	3
PO ₄	0,0000	0,2692	0,2692	0,0000	0,1795	-0,5513	4
T ⁻	0,1282	0,3205	0,6667	0,7308			

 Tabela A1-4, Određivanje svih parova potpunih poredaka [P⁺, I⁺] i [P⁻, I⁻]

	PO ₁				PO ₂				PO ₃				PO ₄			
	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻
PO ₁	--	--	--	--	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da
PO ₂	da	da	da	da	--	--	--	--	da	ne	da	da	ne	da	ne	da
PO ₃	da	da	da	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da
PO ₄	da	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	da	--	--	--	--

ELECTRE MODEL

Tabela A1-5, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max		min	max	min	max	max
Proj. org.	PO ₁	0,8	9	8	8	7
	PO ₂	1,7	10	10	8	8
	PO ₃	1,1	7	12	5	6
	PO ₄	1,05	5	12	4	6
Preferencija		0,35	0,35	0,20	0,25	0,15

Tabela A1-6, Normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
PO ₁	0,3310	0,5636	0,3763	0,6154	0,5147
PO ₂	0,7033	0,6262	0,4704	0,6154	0,5882
PO ₃	0,4551	0,4384	0,5644	0,3846	0,4411
PO ₄	0,4344	0,3131	0,5644	0,3077	0,4411

Tabela A1-7, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
PO_1	0,0891	0,1517	0,0579	0,1183	0,0594
PO_2	0,1894	0,1686	0,0724	0,1183	0,0679
PO_3	0,1225	0,1180	0,0868	0,0740	0,0509
PO_4	0,1170	0,0843	0,0868	0,0592	0,0509

Tabela A1-8, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

$S_{12} = (1\ 3\ 4)$	$NS_{12} = (2\ 5)$
$S_{13} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{13} = ()$
$S_{14} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{14} = ()$
$S_{21} = (2\ 4\ 5)$	$NS_{21} = (1\ 3)$
$S_{23} = (2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{23} = (1)$
$S_{24} = (2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{24} = (1)$
$S_{31} = ()$	$NS_{31} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$
$S_{32} = (1)$	$NS_{32} = (2\ 3\ 4\ 5)$
$S_{34} = (2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{34} = (1)$
$S_{41} = ()$	$NS_{41} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$
$S_{42} = (1)$	$NS_{42} = (2\ 3\ 4\ 5)$
$S_{43} = (1\ 3\ 5)$	$NS_{43} = (2\ 4)$

Tabela A1-9, Matrica saglasnosti

	PO_1	PO_2	PO_3	PO_4
PO_1		0,62	1,00	1,00
PO_2	0,58		0,73	0,73
PO_3	0,00	0,27		0,73
PO_4	0,00	0,27	0,54	

Tabela A1-10, Matrica nesaglasnosti

	PO_1	PO_2	PO_3	PO_4
PO_1		0,1682	0,3799	0,2500
PO_2	1,0000		1,0000	0,8588
PO_3	1,0000	0,7568		0,1652
PO_4	1,0000	1,0000	1,0000	

Tabela A1-11, Matrica saglasne dominacije $PIS=0,5385$

	PO_1	PO_2	PO_3	PO_4
PO_1		1	1	1
PO_2	1		1	1
PO_3	0	0		1
PO_4	0	0	1	

Tabela A1-12, Matrica nesaglasne dominacije $PINS=0,7149$

	PO_1	PO_2	PO_3	PO_4
PO_1		1	1	1
PO_2	0		0	0
PO_3	0	0		1
PO_4	0	0	0	

Tabela A1-13, Matrica agregatne dominacije

	PO ₁	PO ₂	PO ₃	PO ₄	Rang
PO ₁	0	1	1	1	1
PO ₂	0	0	0	0	3
PO ₃	0	0	0	1	2
PO ₄	0	0	0	0	3

AHP MODEL

Tabela A1-14, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max		min	max	min	max	max
Proj. org.	PO ₁	0,8	9	8	8	7
	PO ₂	1,7	10	10	8	8
	PO ₃	1,1	7	12	5	6
	PO ₄	1,05	5	12	4	6
Preferencija		0,35	0,35	0,20	0,25	0,15

Tabela A1-15, Konverzija min → max

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max		max	max	max	max	max
Proj. org.	PO ₁	1,25	9	0,125	8	7
	PO ₂	0,588235	10	0,1	8	8
	PO ₃	0,909091	7	0,083333	5	6
	PO ₄	0,952381	5	0,083333	4	6
Suma		3,699707	31	0,391667	25	27

Tabela A1-16, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut					Rešenje	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅		
Min / Max		max	max	max	max	max		
Proj. org.	PO ₁	0,3378646	0,2903226	0,319149	0,32	0,259259	0,3096801	1
	PO ₂	0,1589951	0,3225806	0,255319	0,32	0,296296	0,2646614	2
	PO ₃	0,2457197	0,2258065	0,212766	0,20	0,222222	0,2237851	3
	PO ₄	0,2574206	0,1612903	0,212766	0,16	0,222222	0,2018734	4
Preferencija		0,2692308	0,2692308	0,153846	0,1923077	0,115385		

VIKOR MODEL

Tabela A1-17, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Proj. org.	PO ₁	0,8	9	8	8	7
	PO ₂	1,7	10	10	8	8
	PO ₃	1,1	7	12	5	6
	PO ₄	1,05	5	12	4	6
Min / Max		min	max	min	max	max
Preferencija		0,35	0,35	0,20	0,25	0,15
MGK strategija maksimalne grupne koristi ($0 < V_1 < 1$)				0,5		
MINIMAKS strategija				$V_2 = 1 - V_1$		

Tabela A1--18, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Max	0,8	10	8	8	8
Min	1,7	5	12	4	6
Max-Min	-0,9	5	-4	4	2

Tabela A1--19, Međuvrednosti z_{ij} : $(f_{i\max} - f_{ij}) / (f_{i\max} - f_{i\min}) \times W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
PO ₁	0,0000	0,0538	0,0000	0,0000	0,0577
PO ₂	0,2692	0,0000	0,0769	0,0000	0,0000
PO ₃	0,0897	0,1615	0,1538	0,1442	0,1154
PO ₄	0,0748	0,2692	0,1538	0,1923	0,1154

Tabela A1--20, Vrednosti z_{ij} u S_j u R_j

	S _j	R _j
PO ₁	0,1115	0,0577
PO ₂	0,3461	0,2692
PO ₃	0,6646	0,1615
PO ₄	0,8055	0,2692

Tabela A1--21, Međurezultati

	$(S_j \min S_j) / (\max S_j - \min S_j)$	$(R_j \min R_j) / (\max R_j - \min R_j)$
PO ₁	0,0000	0,0000
PO ₂	0,3380	1,0000
PO ₃	0,7970	0,4908
PO ₄	1,0000	1,0000

Tabela A1--22, Poredak alternativa z_{ij} u $V_1=0,5$

	Q _j	R a n g
PO ₁	0,0000	1
PO ₂	0,6690	3
PO ₃	0,6439	2
PO ₄	1,0000	4

Tabela A1--23, Zavisnost Q_j od V₁ po alternativama

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q _j										
PO ₁	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PO ₂	0,3380	0,4042	0,4704	0,5366	0,6028	0,6690	0,7352	0,8014	0,8676	0,9338	1,0000
PO ₃	0,7970	0,7664	0,7357	0,7051	0,6745	0,6439	0,6133	0,5826	0,5520	0,5214	0,4908
PO ₄	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela A1--24, Rang alternative, varira V₁

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Rang										
PO ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PO ₂	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
PO ₃	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
PO ₄	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Prilog A2

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA:
UPRAVLJANJE PROCESOM PRIPREME IZGRADNJE
IZVOZNOG OKNA RUDNIKA UGLJA VELENJE
Rangiranje mesta za izgradnju izvoznog okna

PROMETHEE MODEL

Tabela A2-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min / Max:		max	max	max	max	max	min
Tip kriterijuma:		I	I	I	I	I	I
Preferencija:		0,45	0,45	0,25	0,25	0,10	0,50
Alternativa	A	2	8	4	5	9	5
	B	7	10	8	9	10	5,5
	C	8	8	6	6	6	5,5
	D	5	10	8	9	9	4,7

Tabela A2-2, Određivanje funkcije preferencije

K ₁ - tip I (max):			K ₂ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 2 - 7 = -5$	0	s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	0
s = 3	$x = 2 - 8 = -6$	0	s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 2 - 5 = -3$	0	s = 4	$x = 8 - 10 = -2$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 7 - 2 = 5$	1	s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	1
s = 3	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 3	$x = 10 - 8 = 2$	1
s = 4	$x = 7 - 5 = 2$	1	s = 4	$x = 10 - 10 = 0$	0
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	1	s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	0
s = 4	$x = 8 - 5 = 3$	1	s = 4	$x = 8 - 10 = -2$	0
a ₄ , a _s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 5 - 2 = 3$	1	s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	1
s = 2	$x = 5 - 7 = -2$	0	s = 2	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 3	$x = 5 - 8 = -3$	0	s = 3	$x = 10 - 8 = 2$	1
K ₃ - tip I (max):			K ₄ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 2	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 3	$x = 4 - 6 = -2$	0	s = 3	$x = 5 - 6 = -1$	0
s = 4	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 4	$x = 5 - 9 = -4$	0
a ₂ , a _s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 1	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 3	$x = 8 - 6 = 2$	1	s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
a ₃ , a _s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	1	s = 1	$x = 6 - 5 = 1$	1
s = 2	$x = 6 - 8 = -2$	0	s = 2	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 4	$x = 6 - 8 = -2$	0	s = 4	$x = 6 - 9 = -3$	0
a ₄ , a _s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 1	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 6 = 2$	1	s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1

K ₅ - tip I (max):			K ₅ - tip I (min):		
a ₁ , a _s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_6(a_1) - k_6(a_s)$	P ₆ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 9 - 10 = -1$	0	s = 2	$x = 5 - 5.5 = -0.5$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1	s = 3	$x = 5 - 5.5 = -0.5$	1
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0	s = 4	$x = 5 - 4.7 = 0.3$	0
a ₂ , a _s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_6(a_2) - k_6(a_s)$	P ₆ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 10 - 9 = 1$	1	s = 1	$x = 5.5 - 5 = 0.5$	0
s = 3	$x = 10 - 6 = 4$	1	s = 3	$x = 5.5 - 5.5 = 0$	0
s = 4	$x = 10 - 9 = 1$	1	s = 4	$x = 5.5 - 4.7 = 0.8$	0
a ₃ , a _s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_6(a_3) - k_6(a_s)$	P ₆ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 9 = -3$	0	s = 1	$x = 5.5 - 5 = 0.5$	0
s = 2	$x = 6 - 10 = -4$	0	s = 2	$x = 5.5 - 5.5 = 0$	0
s = 4	$x = 6 - 9 = -3$	0	s = 4	$x = 5.5 - 4.7 = 0.8$	0
a ₄ , a _s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	P ₆ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0	s = 1	$x = 4.7 - 5 = -0.3$	1
s = 2	$x = 9 - 10 = -1$	0	s = 2	$x = 4.7 - 5.5 = -0.8$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1	s = 3	$x = 4.7 - 5.5 = -0.8$	1

Tabela A2-3, Određivanje indeksa preferencije

	A	B	C	D	T ⁺	T	Rang
A		0,2500	0,3000	0,0000	0,1833	-0,5417	4
B	0,7500		0,5250	0,2750	0,5167	0,2750	2
C	0,4750	0,2250		0,2250	0,3083	-0,2250	3
D	0,9500	0,2500	0,7750		0,6583	0,4917	1
T ⁻	0,7250	0,2417	0,5333	0,1667			

Tabela A2-4, Određivanje svih parova potpunih poređaka [P⁺, I⁺] i [P⁻, I⁻]

	A				B				C				D			
	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻
A	--	--	--	--	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
B	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
C	da	da	da	da	da	da	da	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da
D	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--

ELECTRE MODEL

Tabela A2-5, Kvantifikovana matrica odlučivanja

	Min / Max	Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
		max	max	max	max	max	Min
Alternativa	A ₁	2	8	4	5	9	5
	A ₂	7	10	8	9	10	5.5
	A ₃	8	8	6	6	6	5.5
	A ₄	5	10	8	9	9	4.7
Preferencija		0,45	0,45	0,25	0,25	0,10	0,50

Tabela A2-6, Normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A	0,1678	0,4417	0,2981	0,3348	0,5214	0,4820
B	0,5874	0,5522	0,5963	0,6027	0,5793	0,5302
C	0,6713	0,4417	0,4472	0,4018	0,3476	0,5302
D	0,4196	0,5522	0,5963	0,6027	0,5214	0,4531

Tabela A2-7, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆
A	0,0378	0,0994	0,0373	0,0419	0,0261	0,1205
B	0,1322	0,1242	0,0745	0,0753	0,0290	0,1326
C	0,1511	0,0994	0,0559	0,0502	0,0174	0,1326
D	0,0944	0,1242	0,0745	0,0753	0,0261	0,1133

Tabela A2-8, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

S ₁₂ = (6)	NS ₁₂ = (1 2 3 4 5)
S ₁₃ = (2 5 6)	NS ₁₃ = (1 3 4)
S ₁₄ = (5)	NS ₁₄ = (1 2 3 4 6)
S ₂₁ = (1 2 3 4 5)	NS ₂₁ = (6)
S ₂₃ = (2 3 4 5 6)	NS ₂₃ = (1)
S ₂₄ = (1 2 3 4 5)	NS ₂₄ = (6)
S ₃₁ = (1 2 3 4)	NS ₃₁ = (5 6)
S ₃₂ = (1 6)	NS ₃₂ = (2 3 4 5)
S ₃₄ = (1)	NS ₃₄ = (2 3 4 5 6)
S ₄₁ = (1 2 3 4 5 6)	NS ₄₁ = ()
S ₄₂ = (2 3 4 6)	NS ₄₂ = (1 5)
S ₄₃ = (2 3 4 5 6)	NS ₄₃ = (1 2 3 4 5)

Tabela A2-9, Matrica saglasnosti

	A	B	C	D
A		0,25	0,53	0,05
B	0,75		0,78	0,75
C	0,70	0,48		0,23
D	1,00	0,73	0,78	

Tabela A2-10, Matrica nesaglasnosti

	A	B	C	D
A		0	0	0
B	1		1	1
C	1	0		0
D	1	1	1	

Tabela A2-11, Matrica saglasne dominacije PIS=0.5833

	A	B	C	D
A		0	0	0
B	1		1	1
C	1	0		0
D	1	1	1	

Tabela A2-12, Matrica nesaglasne dominacije PINS=0,6986

	A	B	C	D
A		0	0	0
B	1		0	1
C	1	0		1
D	1	0	0	

Tabela A2-13, Matrica agregatne dominacije

	A	B	C	D	Rang
A		0	0	0	3
B	1		0	1	1
C	1	0		0	2
D	1	0	0		2

AHP MODEL

Tabela A2-14, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min / Max		max	max	max	max	max	min
Alternativa	A	2	8	4	5	9	5,0
	B	7	10	8	9	10	5,5
	C	8	8	6	6	6	5,5
	D	5	10	8	9	9	4,7
Preferencija		0,45	0,45	0,25	0,25	0,10	0,50

Tabela A2-15, Konverzija min → max

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min / Max		max	max	max	max	max	max
Alternativa	A	2	8	4	5	9	0,2
	B	7	10	8	9	10	0,181818
	C	8	8	6	6	6	0,181818
	D	5	10	8	9	9	0,212766
Suma		22	36	26	29	34	0,776402

Tabela A2-16, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut						Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆		
Min / Max		max	max	max	max	max	min		
Alternativa	A	0,09090909	0,22222222	0,15384615	0,1724138	0,26470588	0,2575984	0,18887193	4
	B	0,31818182	0,27777778	0,30769231	0,3103448	0,29411765	0,2341804	0,28459653	1
	C	0,36363636	0,22222222	0,23076923	0,2068966	0,17647059	0,2341804	0,25389503	3
	D	0,22727273	0,27777778	0,30769231	0,3103448	0,26470588	0,2740409	0,27263651	2
Preferencija		0,225	0,225	0,125	0,125	0,05	0,25	0,225	

VIKOR MODEL

Tabela A2-17, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut						
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	
Alternativa	A	2	8	4	5	9	5	
	B	7	10	8	9	10	5,5	
	C	8	8	6	6	6	5,5	
	D	5	10	8	9	9	4,7	
Min / Max		max	max	max	max	max	min	
Preferencija		0,45	0,45	0,25	0,25	0,10	0,50	
MGK strategija maksimalne grupe koristi ($0 < V_1 < 1$)			0,5					
MINIMAKS strategija			$V_2 = 1 - V_1$					

Tabela A2-18, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Max	8	10	8	9	10	4.7
Min	2	8	4	5	6	5.5
Max-Min	6	2	4	4	4	-0.8

Tabela A2-19, Međuvrednosti z_a : $(f_{imax} - f_{ij}) / (f_{imax} - f_{imin}) * W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A	0,2250	0,2250	0,1250	0,1250	0,0125	0,0938
B	0,0375	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500
C	0,0000	0,2250	0,0625	0,0938	0,0500	0,2500
D	0,1125	0,0000	0,0000	0,0000	0,0125	0,0000

Tabela A2-120, Vrednosti z_a S_j u R_j

	S _j	R _j
A	0,8063	0,2250
B	0,2875	0,2500
C	0,6813	0,2500
D	0,1250	0,1125

Tabela A2-21, Međurezultati

	$(S_{\min} S_j) / (max S_j - min S_j)$	$(R_{\min} R_j) / (max R_j - min R_j)$
A	1,0000	0,8182
B	0,2385	1,0000
C	0,8165	1,0000
D	0,0000	0,0000

Tabela 6- A2-22, Poredak alternativa z_a $V_1=0,5$

	Q _j	R a n g
A	0,9091	4
B	0,6193	2
C	0,9083	3
D	0,0000	1

Tabela A2-23, Zavisnost Q_j od V₁ po alternativama

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q _j										
A	1.0000	0,9818	0,9636	0,9455	0,9273	0,9091	0,8909	0,8727	0,8545	0,8364	0,8182
B	0.2385	0,3147	0,3908	0,4670	0,5431	0,6193	0,6954	0,7716	0,8477	0,9239	1,0000
C	0.8165	0,8349	0,8532	0,8716	0,8899	0,9083	0,9266	0,9450	0,9633	0,9817	1,0000
D	0.0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela A2-24, Rang alternativa u zavisnosti od V₁

V ₁	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V ₂	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	R a n g										
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
C	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2
D	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3

Prilog A3

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA:
UPRAVLJANJE PROCESOM PRIPREME IZGRADNJE
IZVOZNOG OKNA RUDNIKA UGLJA VELENJE
Rangiranje tehnologija za izradu okna

PROMETHEE MODEL

Tabela A3-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Min / Max:		max	min	max	max	max	min	max	min
Tip kriterijuma:		I	I	I	I	I	I	I	I
Preferencija:		0,30	0,50	0,15	0,35	0,40	0,45	0,40	0,50
Tehnologija	T ₁	10	8	10	8	9	6	9	10
	T ₂	8	10	9	6	7	7	9	9
	T ₃	8	8	7	8	8	8	6	8
	T ₄	4	6	6	4	5	10	8	6

Tabela A3-2, Određivanje funkcije preferencije

K ₁ - tip I (max):			K ₂ - tip I (min):		
a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	1
s = 3	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 10 - 4 = 6$	1	s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 10 = -2$	0	s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 3	$x = 10 - 8 = 2$	0
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 4	$x = 10 - 6 = 4$	0
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 10 = -2$	0	s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	1
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	0
a ₄ , a _s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 4 - 10 = -6$	0	s = 1	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 2	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 2	$x = 6 - 10 = -4$	1
s = 3	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 3	$x = 6 - 8 = -2$	1
K ₃ - tip I (max):			K ₄ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 10 - 9 = 1$	1	s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	1
s = 3	$x = 10 - 7 = 3$	1	s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 10 - 6 = 4$	1	s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1
a ₂ , a _s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 9 - 10 = -1$	0	s = 1	$x = 6 - 8 = -2$	0
s = 3	$x = 9 - 7 = 2$	1	s = 3	$x = 6 - 8 = -2$	0
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	1	s = 4	$x = 6 - 4 = 2$	1
a ₃ , a _s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 7 - 10 = -3$	0	s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 7 - 9 = -2$	0	s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	1
s = 4	$x = 7 - 6 = 1$	1	s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1
a ₄ , a _s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 10 = -4$	0	s = 1	$x = 4 - 8 = -4$	0
s = 2	$x = 6 - 9 = -3$	0	s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	0

$s = 3$	$x = 6 - 7 = -1$	0	$s = 3$	$x = 4 - 8 = -4$	0
K₅ - tip I (max):			K₆ - tip I (min):		
a_1, a_s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	$P_5(a_1, a_s)$	a_1, a_s	$x = k_6(a_1) - k_6(a_s)$	$P_6(a_1, a_s)$
$s = 2$	$x = 9 - 7 = 2$	1	$s = 2$	$x = 6 - 7 = -1$	1
$s = 3$	$x = 9 - 8 = 1$	1	$s = 3$	$x = 6 - 8 = -2$	1
$s = 4$	$x = 9 - 5 = 4$	1	$s = 4$	$x = 6 - 10 = -4$	1
a_2, a_s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	$P_5(a_2, a_s)$	a_2, a_s	$x = k_6(a_2) - k_6(a_s)$	$P_6(a_2, a_s)$
$s = 1$	$x = 7 - 9 = -2$	0	$s = 1$	$x = 7 - 6 = 1$	0
$s = 3$	$x = 7 - 8 = -1$	0	$s = 3$	$x = 7 - 8 = -1$	1
$s = 4$	$x = 7 - 5 = 2$	1	$s = 4$	$x = 7 - 10 = -3$	1
a_3, a_s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	$P_5(a_3, a_s)$	a_3, a_s	$x = k_6(a_3) - k_6(a_s)$	$P_6(a_3, a_s)$
$s = 1$	$x = 8 - 9 = -1$	0	$s = 1$	$x = 8 - 6 = 2$	0
$s = 2$	$x = 8 - 7 = 1$	1	$s = 2$	$x = 8 - 7 = 1$	0
$s = 4$	$x = 8 - 5 = 3$	1	$s = 4$	$x = 8 - 10 = -2$	1
a_4, a_s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	$P_5(a_4, a_s)$	a_4, a_s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	$P_6(a_4, a_s)$
$s = 1$	$x = 5 - 9 = -4$	0	$s = 1$	$x = 10 - 6 = 4$	0
$s = 2$	$x = 5 - 7 = -2$	0	$s = 2$	$x = 10 - 7 = 3$	0
$s = 3$	$x = 5 - 8 = -3$	0	$s = 3$	$x = 10 - 8 = 2$	0
K₇ - tip I (max):			K₈ - tip I (min):		
a_1, a_s	$x = k_7(a_1) - k_7(a_s)$	$P_7(a_1, a_s)$	a_1, a_s	$x = k_8(a_1) - k_8(a_s)$	$P_8(a_1, a_s)$
$s = 2$	$x = 9 - 9 = 0$	0	$s = 2$	$x = 10 - 9 = 1$	0
$s = 3$	$x = 9 - 6 = 3$	1	$s = 3$	$x = 10 - 8 = 2$	0
$s = 4$	$x = 9 - 8 = 1$	1	$s = 4$	$x = 10 - 6 = 4$	0
a_2, a_s	$x = k_7(a_2) - k_7(a_s)$	$P_7(a_2, a_s)$	a_2, a_s	$x = k_8(a_2) - k_8(a_s)$	$P_8(a_2, a_s)$
$s = 1$	$x = 9 - 9 = 0$	0	$s = 1$	$x = 9 - 10 = -1$	1
$s = 3$	$x = 9 - 6 = 3$	1	$s = 3$	$x = 9 - 8 = 1$	0
$s = 4$	$x = 9 - 8 = 1$	1	$s = 4$	$x = 9 - 6 = 3$	0
a_3, a_s	$x = k_7(a_3) - k_7(a_s)$	$P_7(a_3, a_s)$	a_3, a_s	$x = k_8(a_3) - k_8(a_s)$	$P_8(a_3, a_s)$
$s = 1$	$x = 6 - 9 = -3$	0	$s = 1$	$x = 8 - 10 = -2$	1
$s = 2$	$x = 6 - 9 = -3$	0	$s = 2$	$x = 8 - 9 = -1$	1
$s = 4$	$x = 6 - 8 = -2$	0	$s = 4$	$x = 8 - 6 = 2$	0
a_4, a_s	$x = k_7(a_4) - k_7(a_s)$	$P_7(a_4, a_s)$	a_4, a_s	$x = k_8(a_4) - k_8(a_s)$	$P_8(a_4, a_s)$
$s = 1$	$x = 8 - 9 = -1$	0	$s = 1$	$x = 6 - 10 = -4$	1
$s = 2$	$x = 8 - 9 = -1$	0	$s = 2$	$x = 6 - 9 = -3$	1
$s = 3$	$x = 8 - 6 = 2$	1	$s = 3$	$x = 6 - 8 = -2$	1

Tabela A3-3, Određivanje indeksa preferencije

	T_1	T_2	T_3	T_4	T^+	T^-	Rang
T_1		0,7049	0,5574	0,6721	0,6448	0,4262	1
T_2	0,1639		0,3279	0,6721	0,3880	-0,1475	3
T_3	0,1639	0,5738		0,5410	0,4262	-0,0219	2
T_4	0,3279	0,3279	0,4590		0,3716	-0,2568	4
T^-	0,2186	0,5355	0,4481	0,6284			

Tabela A3-4, Određivanje svih parova potpunih poređaka $[P^+, I^+]$ i $[P^-, I^-]$

	T_1				T_2				T_3				T_4			
	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-
T_1	--	--	--	--	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da
T_2	da	da	da	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
T_3	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da
T_4	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--

ELECTRE MODEL

Tabela A3-5, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Tehnologija	Min / Max	max	min	max	max	max	min	max	min
	T ₁	10	8	10	8	9	6	9	10
	T ₂	8	10	9	6	7	7	9	9
	T ₃	8	8	7	8	8	8	6	8
	T ₄	4	6	6	4	5	10	8	6
Preferencija		0,30	0,50	0,15	0,35	0,40	0,45	0,40	0,50

Tabela A3-6, Normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
T ₁	0,6402	0,4924	0,6131	0,5963	0,6082	0,3802	0,5560	0,5965
T ₂	0,5121	0,6155	0,5518	0,4472	0,4730	0,4436	0,5560	0,5369
T ₃	0,5121	0,4924	0,4292	0,5963	0,5406	0,5070	0,3707	0,4772
T ₄	0,2561	0,3693	0,3679	0,2981	0,3379	0,6337	0,4942	0,3579

Tabela A3-7, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
T ₁	0,0630	0,0807	0,0302	0,0684	0,0798	0,0561	0,0729	0,0978
T ₂	0,0504	0,1009	0,0271	0,0513	0,0620	0,0655	0,0729	0,0880
T ₃	0,0504	0,0807	0,0211	0,0684	0,0709	0,0748	0,0486	0,0782
T ₄	0,0252	0,0605	0,0181	0,0342	0,0443	0,0935	0,0648	0,0587

Tabela A3-8, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

S ₁₂ = (1 2 3 4 5 6 7)	NS ₁₂ = (8)
S ₁₃ = (1 2 3 4 5 6 7)	NS ₁₃ = (8)
S ₁₄ = (1 3 4 5 6 7)	NS ₁₄ = (2 8)
S ₂₁ = (7 8)	NS ₂₁ = (1 2 3 4 5 6)
S ₂₃ = (1 3 6 7)	NS ₂₃ = (2 4 5 8)
S ₂₄ = (1 3 4 5 6 7)	NS ₂₄ = (2 8)
S ₃₁ = (2 4 8)	NS ₃₁ = (1 3 5 6 7)
S ₃₂ = (1 2 4 5 8)	NS ₃₂ = (3 6 7)
S ₃₄ = (1 3 4 5 6)	NS ₃₄ = (2 7 8)
S ₄₁ = (2 8)	NS ₄₁ = (1 3 4 5 6 7)
S ₄₂ = (2 8)	NS ₄₂ = (1 3 4 5 6 7)
S ₄₃ = (2 7 8)	NS ₄₃ = (1 3 4 5 6)

Tabela A3-9, Matrica saglasnosti

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
T ₁		0,84	0,84	0,67
T ₂	0,30		0,43	0,67
T ₃	0,44	0,67		0,54
T ₄	0,33	0,33	0,46	

Tabela A3-10, Matrica nesaglasnosti

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
T ₁		0,4846	0,8047	1,0000
T ₂	1,0000		0,8302	1,0000
T ₃	1,0000	1,0000		0,5898
T ₄	0,9658	0,6950	1,0000	

Tabela A3-11, Matrica saglasne dominacije PIS=0,5423

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
T ₁		1	1	1
T ₂	0		0	1
T ₃	0	1		0
T ₄	0	0	0	

Tabela A3-12, Matrica nesaglasne dominacije PINS=0,8642

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
T ₁		1	1	0
T ₂	0		1	0
T ₃	0	0		1
T ₄	0	1	0	

Tabela A3-13, Matrica agregatne dominacije

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Rang
T ₁		1	1	0	1
T ₂	0		0	0	2
T ₃	0	0		0	2
T ₄	0	0	0		2

AHP MODEL

Tabela A3-14, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Min / Max		max	min	max	max	max	min	max	min
Tehnologija	T ₁	10	8	10	8	9	6	9	10
	T ₂	8	10	9	6	7	7	9	9
	T ₃	8	8	7	8	8	8	6	8
	T ₄	4	6	6	4	5	10	8	6
Preferencija		0,30	0,50	0,15	0,35	0,40	0,45	0,40	0,50

Tabela A3-15, Konverzija min → max

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Min / Max		max	max	max	max	max	max	max	max
Tehnologija	T ₁	10	0,125	10	8	9	0,166667	9	0,1
	T ₂	8	0,1	9	6	7	0,142857	9	0,1111111
	T ₃	8	0,125	7	8	8	0,125	6	0,125
	T ₄	4	0,166667	6	4	5	0,1	8	0,1666667
Suma		30	0,516667	32	26	29	0,534524	32	0,5027778

Tabela A3-16, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut								Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈		
Min / Max		max	max	max	max	max	max	max	max		
Tehnologija	T ₁	0,33333	0,24194	0,3125	0,30769	0,31035	0,31180	0,28125	0,19889	0,27932	1
	T ₂	0,26667	0,19355	0,2813	0,23077	0,24138	0,26726	0,28125	0,22099	0,24247	3
	T ₃	0,26667	0,24194	0,21875	0,30769	0,27586	0,23385	0,1875	0,24862	0,24799	2
	T ₄	0,13333	0,32258	0,18750	0,15385	0,17241	0,18708	0,25	0,33149	0,23022	4
Preferencija		0,09836	0,16393	0,04918	0,11475	0,13115	0,14754	0,13114	0,16393		

VIKOR MODEL

Tabela A3-17, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Tehnologija	T ₁	10	8	10	8	9	6	9	10
	T ₂	8	10	9	6	7	7	9	9
	T ₃	8	8	7	8	8	8	6	8
	T ₄	4	6	6	4	5	10	8	6
Min / Max		max	min	max	max	max	min	max	min
Preferencija		0,30	0,50	0,15	0,35	0,40	0,45	0,40	0,50
MGK strategija maksimalne grupne koristi (0<V ₁ <1)					0,5				
MINIMAKS strategija					$V_2=1-V_1$				

Tabela A3-18, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Max	10	6	10	8	9	6	9	6
Min	4	10	6	4	5	10	6	10
Max-Min	6	-4	4	4	4	-4	3	-4

 Tabela A3-19, Međuvrednosti $z_a: (f_{imax} - f_{ij}) / (f_{imax} - f_{imin}) * W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
T ₁	0,0000	0,0820	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1639
T ₂	0,0328	0,1639	0,0123	0,0574	0,0656	0,0369	0,0000	0,1229
T ₃	0,0328	0,0820	0,0369	0,0000	0,0328	0,0738	0,1311	0,0820
T ₄	0,0984	0,0000	0,0492	0,1148	0,1311	0,1475	0,0437	0,0000

 Tabela A3-20, Vrednosti $z_a S_j$ u R_j

	S _j	R _j
T ₁	0,2459	0,1639
T ₂	0,4918	0,1639
T ₃	0,4714	0,1311
T ₄	0,5847	0,1475

Tabela A3-21, Međurezultati

	$(S_j \min S_j) / (\max S_j - \min S_j)$	$(R_j \min R_j) / (\max R_j - \min R_j)$
T ₁	0,0000	1,0000
T ₂	0,7258	1,0000
T ₃	0,6656	0,0000
T ₄	1,0000	0,5000

 Tabela A3-22, Poredak alternativa $z_a V_1=0,5$

	Q _j	Rang
T ₁	0,5000	2
T ₂	0,8629	4
T ₃	0,3328	1
T ₄	0,7500	3

Tabela A3-23, Zavisnost Q_j od V_1 po alternativama

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q_j										
T_1	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
T_2	0,7258	0,7532	0,7806	0,8081	0,8355	0,8629	0,8903	0,9177	0,9452	0,9726	1,0000
T_3	0,6656	0,5990	0,5325	0,4659	0,3994	0,3328	0,2662	0,1997	0,1331	0,0666	0,0000
T_4	1,0000	0,9500	0,9000	0,8500	0,8000	0,7500	0,7000	0,6500	0,6000	0,5500	0,5000

Tabela A3-24, Rang alternativa, varira V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	R a n g										
T_1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
T_2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
T_3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
T_4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2

Prilog A4

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA:
UPRAVLJANJE PROCESOM PRIPREME IZGRADNJE
IZVOZNOG OKNA RUDNIKA UGLJA VELENJE
Rangiranje ponuđača za izvođenje radova na izgradnji okna

PROMETHEE MODEL

Tabela A4-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max:		max	min	min	max	max
Tip kriterijuma:		I	I	I	I	I
Preferencija:		0,4	0,5	0,35	0,45	0,20
Izvođač	A ₁	8	10	8	9	8
	A ₂	10	6	9	6	8
	A ₃	10	6	9	6	8
	A ₄	8	9	6	4	4

Tabela A4-2, Određivanje funkcije preferencije

K ₁ - tip I (max):			K ₂ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	0	s = 2	$x = 10 - 6 = 4$	0
s = 3	$x = 8 - 10 = -2$	0	s = 3	$x = 10 - 6 = 4$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 4	$x = 10 - 9 = 1$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 1	$x = 6 - 10 = -4$	1
s = 3	$x = 10 - 10 = 0$	0	s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 4	$x = 6 - 9 = -3$	1
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 1	$x = 6 - 10 = -4$	1
s = 2	$x = 10 - 10 = 0$	0	s = 2	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 10 - 8 = 2$	1	s = 4	$x = 6 - 9 = -3$	1
a ₄ , a _s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 1	$x = 9 - 10 = -1$	1
s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	0	s = 2	$x = 9 - 6 = 3$	0
s = 3	$x = 8 - 10 = -2$	0			
K ₃ - tip I (max):			K ₄ - tip I (min):		
a ₁ , a _s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 8 - 9 = -1$	1	s = 2	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	1	s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	0	s = 4	$x = 9 - 4 = 5$	1
a ₂ , a _s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 9 - 8 = 1$	0	s = 1	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0	s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	0	s = 4	$x = 6 - 4 = 2$	1
a ₃ , a _s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 9 - 8 = 1$	0	s = 1	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0	s = 2	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	0	s = 4	$x = 6 - 4 = 2$	1
a ₄ , a _s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 8 = -2$	1	s = 1	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 2	$x = 6 - 9 = -3$	1	s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 3	$x = 6 - 9 = -3$	1	s = 3	$x = 4 - 6 = -2$	0
K ₅ - tip I (max):					
a ₁ , a _s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₁ , a _s)			
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0			
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0			
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1			
a ₂ , a _s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	P ₅ (a ₂ , a _s)			
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0			
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0			
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1			

a_3, a_8	$x = k_5(a_3) - k_5(a_8)$	$P_5(a_3, a_8)$
$s = 1$	$x = 8 - 8 = 0$	0
$s = 2$	$x = 8 - 8 = 0$	0
$s = 4$	$x = 8 - 4 = 4$	1
a_4, a_8	$x = k_5(a_4) - k_5(a_8)$	$P_5(a_4, a_8)$
$s = 1$	$x = 4 - 8 = -4$	0
$s = 2$	$x = 4 - 8 = -4$	0
$s = 3$	$x = 4 - 8 = -4$	0

Tabela A4-3, Određivanje indeksa preferencije

	A_1	A_2	A_3	A_4	T^+	T^-	Rang
A_1		0,4211	0,4211	0,3421	0,3947	-0,0702	2
A_2	0,4737		0,0000	0,8158	0,4298	0,2281	1
A_3	0,4737	0,0000		0,8158	0,4298	0,2281	1
A_4	0,4474	0,1842	0,1842		0,2719	-0,3860	3
T^-	0,4649	0,2018	0,2018	0,6579			

Tabela A4-4, Određivanje svih parova potpunih poređaka $[P^+, I^+]$ i $[P^-, I^-]$

	A_1				A_2				A_3				A_4			
	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-	P^+	P^-	I^+	I^-
A_1	--	--	--	--	--	--	--	--	da	da	da	da	ne	da	ne	da
A_2	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
A_3	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da
A_4	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--

ELECTRE MODEL

Tabela A4-5, Kvantifikovana matrica odlučivanja

	Min / Max	Atribut				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
		max	min	min	max	max
Izvođač	A_1	8	10	8	9	8
	A_2	10	6	9	6	8
	A_3	10	6	9	6	8
	A_4	8	9	6	4	4
Preferencija		0,4	0,5	0,35	0,45	0,20

Tabela A4-6, Normalizovana matrica odlučivanja

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	0,4417	0,6287	0,4942	0,6923	0,5547
A_2	0,5522	0,3772	0,5560	0,4615	0,5547
A_3	0,5522	0,3772	0,5560	0,4615	0,5547
A_4	0,4417	0,5658	0,3707	0,3077	0,2774

Tabela A4-7, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	0,0930	0,1654	0,0910	0,1640	0,0584
A_2	0,1162	0,0993	0,1024	0,1093	0,0584
A_3	0,1162	0,0993	0,1024	0,1093	0,0584
A_4	0,0930	0,1489	0,0683	0,0729	0,0292

Tabela A4-8, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

$S_{12} = (3\ 4\ 5)$	$NS_{12} = (1\ 2)$
$S_{13} = (3\ 4\ 5)$	$NS_{13} = (1\ 2)$
$S_{14} = (1\ 4\ 5)$	$NS_{14} = (2\ 3)$
$S_{21} = (1\ 2\ 5)$	$NS_{21} = (3\ 4)$
$S_{23} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{23} = ()$
$S_{24} = (1\ 2\ 4\ 5)$	$NS_{24} = (3)$
$S_{31} = (1\ 2\ 5)$	$NS_{31} = (3\ 4)$
$S_{32} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5)$	$NS_{32} = ()$
$S_{34} = (1\ 2\ 4\ 5)$	$NS_{34} = (3)$
$S_{41} = (1\ 2\ 3)$	$NS_{41} = (4\ 5)$
$S_{42} = (3)$	$NS_{42} = (1\ 2\ 4\ 5)$
$S_{43} = (3)$	$NS_{43} = (1\ 2\ 4\ 5)$

Tabela A4-9, Matrica saglasnosti

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		0,53	0,53	0,55
A ₂	0,58		1,00	0,82
A ₃	0,58	1,00		0,82
A ₄	0,66	0,18	0,18	

Tabela A4-10, Matrica nesaglasnosti

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		1,0000	1,0000	0,2499
A ₂	0,8259		0,0000	0,6879
A ₃	0,8259	0,0000		0,6879
A ₄	1,0000	1,0000	1,0000	

Tabela A4-11, Matrica saglasne dominacije PIS=0,6184

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		0	0	0
A ₂	0		1	1
A ₃	0	1		1
A ₄	1	0	0	

Tabela A4-12, Matrica nesaglasne dominacije PINS=0,6898

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁		0	0	1
A ₂	0		1	1
A ₃	0	1		1
A ₄	0	0	0	

Tabela A4-13, Matrica agregatne dominacije

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Rang
A ₁		0	0	0	2
A ₂	0		1	1	1
A ₃	0	1		1	1
A ₄	0	0	0		2

AHP MODEL

Tabela A4-14, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max		max	min	min	max	max
Izvođač	A ₁	8	10	8	9	8
	A ₂	10	6	9	6	8
	A ₃	10	6	9	6	8
	A ₄	8	9	6	4	4
Preferencija		0,4	0,5	0,35	0,45	0,20

Tabela A4-15, Konverzija min → max

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Min / Max		max	max	max	max	max
Izvođač	A ₁	8	0,1	0,125	9	8
	A ₂	10	0,166667	0,111111	6	8
	A ₃	10	0,166667	0,111111	6	8
	A ₄	8	0,111111	0,166667	4	4
Suma		36	0,544445	0,513889	25	28

Tabela A4-16, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut					Rezultat	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅		
Min / Max		max	max	max	max	max		
Izvođač	A ₁	0,22222222	0,18367347	0,2432432	0,36	0,2857143	0,25526506	2
	A ₂	0,27777778	0,30612245	0,2162162	0,24	0,2857143	0,26578467	1
	A ₃	0,27777778	0,30612245	0,2162162	0,24	0,2857143	0,26578467	1
	A ₄	0,22222222	0,20408163	0,3243243	0,16	0,1428571	0,2131656	3
Preferencija		0,2105263	0,2631579	0,184211	0,2368421	0,105263	0,2105263	

VIKOR MODEL

Tabela A4-17, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Izvođač	A ₁	8	10	8	9	8
	A ₂	10	6	9	6	8
	A ₃	10	6	9	6	8
	A ₄	8	9	6	4	4
Min / Max		max	min	min	max	max
Preferencija		0,4	0,5	0,35	0,45	0,20
MGK strategija maksimalne grupne koristi ($0 < V_1 < 1$)				0,5		
MINIMAKS strategija				$V_2 = 1 - V_1$		

Tabela A4-18, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Max	10	6	6	9	8
Min	8	10	9	4	4
Max-Min	2	-4	-3	5	4

Tabela A4-19, Međuvrednosti z_{ij} : $(f_{imax} - f_{ij}) / (f_{imax} - f_{imin}) * W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
A ₁	0,2105	0,2632	0,1228	0,0000	0,0000
A ₂	0,0000	0,0000	0,1842	0,1421	0,0000
A ₃	0,0000	0,0000	0,1842	0,1421	0,0000
A ₄	0,2105	0,1974	0,0000	0,2368	0,1053

Tabela A4-20, Vrednosti za S_j u R_j

	S_j	R_j
A ₁	0,5965	0,2632
A ₂	0,3263	0,1842
A ₃	0,3263	0,1842
A ₄	0,7500	0,2368

Tabela A4-21, Medurezultati

	$(S_{\min}S_j)/(maxS_j-minS_j)$	$(R_{\min}R_j)/(maxR_j-minR_j)$
A ₁	0,6377	1,0000
A ₂	0,0000	0,0000
A ₃	0,0000	0,0000
A ₄	1,0000	0,6658

 Tabela A4-22, Poredak alternativa za $V_1=0,5$

	Q_j	R a n g
A ₁	0,8189	3
A ₂	0,0000	1
A ₃	0,0000	2
A ₄	0,8329	4

 Tabela A4-23, Zavisnost Q_j od V_1 po alternativama

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q_j										
A ₁	0,6377	0,6739	0,7102	0,7464	0,7826	0,8189	0,8551	0,8913	0,9275	0,9638	1,0000
A ₂	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
A ₃	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
A ₄	1,0000	0,9666	0,9332	0,8997	0,8663	0,8329	0,7995	0,7661	0,7327	0,6992	0,6658

 Tabela A4-24, Rang alternativa u zavisnosti od V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	R a n g										
A ₁	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A ₂	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A ₃	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
A ₄	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1

Prilog B

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA: RACIONALIZACIJA STRUKTURE POVRŠINSKIH KOPOVA TEHNIČKOG KAMENA U OKOLINI VELENJA

PROMETHEE MODEL

Tabela B-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t													
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
min / max		max	max	max	min	max	min	min	max	max	max	max	max	min	max
Tip kriterijuma		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Preferencija		0,1	1	1	0,5	0,4	0,8	0,65	0,5	0,5	0,4	0,75	0,8	0,6	0,85
Površinski kop	PK ₁	7	1,8	8	0,28	8	5	8	7	7	6	8	8	8	3,5
	PK ₂	8	0,15	8	0,15	8	5	8	7	6	6	2	8	6	5
	PK ₃	8	1,0	9	0,31	7	7	10	7	8	7	9	9	6	0,5
	PK ₄	4	0,1	6	0,11	7	5	7	6	7	7	5	6	7	1
	PK ₅	8	4,7	7	0,29	9	9	12	7	9	9	8	7	7	0,25

Tabela B-2, Određivanje funkcije preferencije

K ₁ - tip I (max):			K ₂ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 2	$x = 1,8 - 0,15 = 1,65$	1
s = 3	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 3	$x = 1,8 - 1,0 = 0,8$	1
s = 4	$x = 7 - 4 = 3$	1	s = 4	$x = 1,8 - 0,1 = 1,7$	1
s = 5	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 5	$x = 1,8 - 4,7 = -2,9$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 1	$x = 0,15 - 1,8 = -1,65$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 3	$x = 0,15 - 1,0 = -0,85$	0
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 4	$x = 0,15 - 0,1 = 0,05$	1
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 5	$x = 0,15 - 4,7 = -4,55$	0
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 1	$x = 1,0 - 1,8 = -0,8$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 1,0 - 0,15 = 0,85$	1
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 4	$x = 1,0 - 0,1 = 0,9$	1
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 5	$x = 1,0 - 4,7 = -3,7$	0
a ₄ , a _s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0	s = 1	$x = 0,1 - 1,8 = -1,7$	0
s = 2	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 2	$x = 0,1 - 0,15 = -0,05$	0
s = 3	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 3	$x = 0,1 - 1,0 = -0,9$	0
s = 5	$x = 4 - 8 = -4$	0	s = 5	$x = 0,1 - 4,7 = -4,6$	0
a ₅ , a _s	$x = k_1(a_5) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₅ , a _s)	a ₅ , a _s	$x = k_2(a_5) - k_2(a_s)$	P ₂ (a ₅ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 1	$x = 4,7 - 1,8 = 2,9$	1
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 4,7 - 0,15 = 4,55$	1
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 3	$x = 4,7 - 1,0 = 3,7$	1
s = 4	$x = 8 - 4 = 4$	1	s = 4	$x = 4,7 - 0,1 = 4,6$	1
K ₃ - tip I (max):			K ₄ - tip I (min):		
a ₁ , a _s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	P ₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 0,28 - 0,15 = 0,13$	0
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	0	s = 3	$x = 0,28 - 0,31 = -0,03$	1
s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	1	s = 4	$x = 0,28 - 0,11 = 0,17$	0

s = 5	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 5	$x = 0,28 - 0,29 = -0,01$	1
a_2, a_s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	$P_3(a_2, a_s)$	a_2, a_s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	$P_4(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 1	$x = 0,15 - 0,28 = -0,13$	1
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	0	s = 3	$x = 0,15 - 0,31 = -0,16$	1
s = 4	$x = 8 - 6 = 2$	1	s = 4	$x = 0,15 - 0,11 = 0,04$	0
s = 5	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 5	$x = 0,15 - 0,29 = -0,14$	1
a_3, a_s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	$P_3(a_3, a_s)$	a_3, a_s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	$P_4(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8 = 1$	1	s = 1	$x = 0,31 - 0,28 = 0,03$	0
s = 2	$x = 9 - 8 = 1$	1	s = 2	$x = 0,31 - 0,15 = 0,16$	0
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	1	s = 4	$x = 0,31 - 0,11 = 0,2$	0
s = 5	$x = 9 - 7 = 2$	1	s = 5	$x = 0,31 - 0,29 = 0,02$	0
a_4, a_s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	$P_3(a_4, a_s)$	a_4, a_s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	$P_4(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 8 = -2$	0	s = 1	$x = 0,11 - 0,28 = -0,17$	1
s = 2	$x = 6 - 8 = -2$	0	s = 2	$x = 0,11 - 0,15 = -0,04$	1
s = 3	$x = 6 - 9 = -3$	0	s = 3	$x = 0,11 - 0,31 = -0,2$	1
s = 5	$x = 6 - 7 = -1$	0	s = 5	$x = 0,11 - 0,29 = -0,18$	1
a_5, a_s	$x = k_3(a_5) - k_3(a_s)$	$P_3(a_5, a_s)$	a_5, a_s	$x = k_4(a_5) - k_4(a_s)$	$P_4(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 1	$x = 0,29 - 0,28 = 0,01$	0
s = 2	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 2	$x = 0,29 - 0,15 = 0,14$	0
s = 3	$x = 7 - 9 = -2$	0	s = 3	$x = 0,29 - 0,31 = -0,02$	1
s = 4	$x = 7 - 6 = 1$	1	s = 4	$x = 0,29 - 0,11 = 0,18$	0
K₅ - tip I (max):			K₆ - tip I (min):		
a_1, a_s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	$P_5(a_1, a_s)$	a_1, a_s	$x = k_6(a_1) - k_6(a_s)$	$P_6(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 3	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 4	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 4	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9 = -1$	0	s = 5	$x = 5 - 9 = -4$	1
a_2, a_s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	$P_5(a_2, a_s)$	a_2, a_s	$x = k_6(a_2) - k_6(a_s)$	$P_6(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 1	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 3	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 4	$x = 8 - 7 = 1$	1	s = 4	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9 = -1$	0	s = 5	$x = 5 - 9 = -4$	1
a_3, a_s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	$P_5(a_3, a_s)$	a_3, a_s	$x = k_6(a_3) - k_6(a_s)$	$P_6(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 1	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 2	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 2	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 4	$x = 7 - 7 = 0$	0	s = 4	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 5	$x = 7 - 9 = -2$	0	s = 5	$x = 7 - 9 = -2$	1
a_4, a_s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	$P_5(a_4, a_s)$	a_4, a_s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	$P_6(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 1	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 2	$x = 7 - 8 = -1$	0	s = 2	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 3	$x = 7 - 7 = 0$	0	s = 3	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 5	$x = 7 - 9 = -2$	0	s = 5	$x = 5 - 9 = -4$	1
a_5, a_s	$x = k_5(a_5) - k_5(a_s)$	$P_5(a_5, a_s)$	a_5, a_s	$x = k_6(a_5) - k_6(a_s)$	$P_6(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8 = 1$	1	s = 1	$x = 9 - 5 = 4$	0
s = 2	$x = 9 - 8 = 1$	1	s = 2	$x = 9 - 5 = 4$	0
s = 3	$x = 9 - 7 = 2$	1	s = 3	$x = 9 - 7 = 2$	0
s = 4	$x = 9 - 7 = 2$	1	s = 4	$x = 9 - 5 = 4$	0
K₇ - tip I (min):			K₈ - tip I (max):		
a_1, a_s	$x = k_7(a_1) - k_7(a_s)$	$P_7(a_1, a_s)$	a_1, a_s	$x = k_8(a_1) - k_8(a_s)$	$P_8(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0	s = 2	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 10 = -2$	1	s = 3	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 7 = 1$	0	s = 4	$x = 7 - 6 = 1$	1

s = 5	x = 8 - 12 = -4	1	s = 5	x = 7 - 7 = 0	0
a ₂ , a _s	x = k ₇ (a ₂) - k ₇ (a _s)	P ₇ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	x = k ₈ (a ₂) - k ₈ (a _s)	P ₈ (a ₂ , a _s)
s = 1	x = 8 - 8 = 0	0	s = 1	x = 7 - 7 = 0	0
s = 3	x = 8 - 10 = -2	1	s = 3	x = 7 - 7 = 0	0
s = 4	x = 8 - 7 = 1	0	s = 4	x = 7 - 6 = 1	1
s = 5	x = 8 - 12 = -4	1	s = 5	x = 7 - 7 = 0	0
a ₃ , a _s	x = k ₇ (a ₃) - k ₇ (a _s)	P ₇ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	x = k ₈ (a ₃) - k ₈ (a _s)	P ₈ (a ₃ , a _s)
s = 1	x = 10 - 8 = 2	0	s = 1	x = 7 - 7 = 0	0
s = 2	x = 10 - 8 = 2	0	s = 2	x = 7 - 7 = 0	0
s = 4	x = 10 - 7 = 3	0	s = 4	x = 7 - 6 = 1	1
s = 5	x = 10 - 12 = -2	1	s = 5	x = 7 - 7 = 0	0
a ₄ , a _s	x = k ₇ (a ₄) - k ₇ (a _s)	P ₇ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	x = k ₈ (a ₄) - k ₈ (a _s)	P ₈ (a ₄ , a _s)
s = 1	x = 7 - 8 = -1	1	s = 1	x = 6 - 7 = -1	0
s = 2	x = 7 - 8 = -1	1	s = 2	x = 6 - 7 = -1	0
s = 3	x = 7 - 10 = -3	1	s = 3	x = 6 - 7 = -1	0
s = 5	x = 7 - 12 = -5	1	s = 5	x = 6 - 7 = -1	0
a ₅ , a _s	x = k ₇ (a ₅) - k ₇ (a _s)	P ₇ (a ₅ , a _s)	a ₅ , a _s	x = k ₈ (a ₅) - k ₈ (a _s)	P ₈ (a ₅ , a _s)
s = 1	x = 12 - 8 = 4	0	s = 1	x = 7 - 7 = 0	0
s = 2	x = 12 - 8 = 4	0	s = 2	x = 7 - 7 = 0	0
s = 3	x = 12 - 10 = 2	0	s = 3	x = 7 - 7 = 0	0
s = 4	x = 12 - 7 = 5	0	s = 4	x = 7 - 6 = 1	1
K₉ - tip I (max):			K₁₀ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	x = k ₉ (a ₁) - k ₉ (a _s)	P ₉ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	x = k ₁₀ (a ₁) - k ₁₀ (a _s)	P ₁₀ (a ₁ , a _s)
s = 2	x = 7 - 6 = 1	1	s = 2	x = 6 - 6 = 0	0
s = 3	x = 7 - 8 = -1	0	s = 3	x = 6 - 7 = -1	0
s = 4	x = 7 - 7 = 0	0	s = 4	x = 6 - 7 = -1	0
s = 5	x = 7 - 9 = -2	0	s = 5	x = 6 - 9 = -3	0
a ₂ , a _s	x = k ₉ (a ₂) - k ₉ (a _s)	P ₉ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	x = k ₁₀ (a ₂) - k ₁₀ (a _s)	P ₁₀ (a ₂ , a _s)
s = 1	x = 6 - 7 = -1	0	s = 1	x = 6 - 6 = 0	0
s = 3	x = 6 - 8 = -2	0	s = 3	x = 6 - 7 = -1	0
s = 4	x = 6 - 7 = -1	0	s = 4	x = 6 - 7 = -1	0
s = 5	x = 6 - 9 = -3	0	s = 5	x = 6 - 9 = -3	0
a ₃ , a _s	x = k ₉ (a ₃) - k ₉ (a _s)	P ₉ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	x = k ₁₀ (a ₃) - k ₁₀ (a _s)	P ₁₀ (a ₃ , a _s)
s = 1	x = 8 - 7 = 1	1	s = 1	x = 7 - 6 = 1	1
s = 2	x = 8 - 6 = 2	1	s = 2	x = 7 - 6 = 1	1
s = 4	x = 8 - 7 = 1	1	s = 4	x = 7 - 7 = 0	0
s = 5	x = 8 - 9 = -1	0	s = 5	x = 7 - 9 = -2	0
a ₄ , a _s	x = k ₉ (a ₄) - k ₉ (a _s)	P ₉ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	x = k ₁₀ (a ₄) - k ₁₀ (a _s)	P ₁₀ (a ₄ , a _s)
s = 1	x = 7 - 7 = 0	0	s = 1	x = 7 - 6 = 1	1
s = 2	x = 7 - 6 = 1	1	s = 2	x = 7 - 6 = 1	1
s = 3	x = 7 - 8 = -1	0	s = 3	x = 7 - 7 = 0	0
s = 5	x = 7 - 9 = -2	0	s = 5	x = 7 - 9 = -2	0
a ₅ , a _s	x = k ₉ (a ₅) - k ₉ (a _s)	P ₉ (a ₅ , a _s)	a ₅ , a _s	x = k ₁₀ (a ₅) - k ₁₀ (a _s)	P ₁₀ (a ₅ , a _s)
s = 1	x = 9 - 7 = 2	1	s = 1	x = 9 - 6 = 3	1
s = 2	x = 9 - 6 = 3	1	s = 2	x = 9 - 6 = 3	1
s = 3	x = 9 - 8 = 1	1	s = 3	x = 9 - 7 = 2	1
s = 4	x = 9 - 7 = 2	1	s = 4	x = 9 - 7 = 2	1
K₁₁ - tip I (max):			K₁₂ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	x = k ₁₁ (a ₁) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	x = k ₁₁ (a ₁) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₁ , a _s)
s = 2	x = 8 - 2 = 6	1	s = 2	x = 8 - 2 = 6	1
s = 3	x = 8 - 9 = -1	0	s = 3	x = 8 - 9 = -1	0
s = 4	x = 8 - 5 = 3	1	s = 4	x = 8 - 5 = 3	1
s = 5	x = 8 - 8 = 0	0	s = 5	x = 8 - 8 = 0	0
a ₂ , a _s	x = k ₁₁ (a ₂) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	x = k ₁₁ (a ₂) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₂ , a _s)
s = 1	x = 2 - 8 = -6	0	s = 1	x = 2 - 8 = -6	0
s = 3	x = 2 - 9 = -7	0	s = 3	x = 2 - 9 = -7	0
s = 4	x = 2 - 5 = -3	0	s = 4	x = 2 - 5 = -3	0
s = 5	x = 2 - 8 = -6	0	s = 5	x = 2 - 8 = -6	0
a ₃ , a _s	x = k ₁₁ (a ₃) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	x = k ₁₁ (a ₃) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₃ , a _s)

s = 1	x = 9 - 8 = 1	1	s = 1	x = 9 - 8 = 1	1
s = 2	x = 9 - 2 = 7	1	s = 2	x = 9 - 2 = 7	1
s = 4	x = 9 - 5 = 4	1	s = 4	x = 9 - 5 = 4	1
s = 5	x = 9 - 8 = 1	1	s = 5	x = 9 - 8 = 1	1
a ₄ , a _s	x = k ₁₁ (a ₄) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	x = k ₁₁ (a ₄) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₄ , a _s)
s = 1	x = 5 - 8 = -3	0	s = 1	x = 5 - 8 = -3	0
s = 2	x = 5 - 2 = 3	1	s = 2	x = 5 - 2 = 3	1
s = 3	x = 5 - 9 = -4	0	s = 3	x = 5 - 9 = -4	0
s = 5	x = 5 - 8 = -3	0	s = 5	x = 5 - 8 = -3	0
a ₅ , a _s	x = k ₁₁ (a ₅) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₅ , a _s)	a ₅ , a _s	x = k ₁₁ (a ₅) - k ₁₁ (a _s)	P ₁₁ (a ₅ , a _s)
s = 1	x = 8 - 8 = 0	0	s = 1	x = 8 - 8 = 0	0
s = 2	x = 8 - 2 = 6	1	s = 2	x = 8 - 2 = 6	1
s = 3	x = 8 - 9 = -1	0	s = 3	x = 8 - 9 = -1	0
s = 4	x = 8 - 5 = 3	1	s = 4	x = 8 - 5 = 3	1
K₁₃ - tip I (min):			K₁₄ - tip I (max):		
a ₁ , a _s	x = k ₁₃ (a ₁) - k ₁₃ (a _s)	P ₁₃ (a ₁ , a _s)	a ₁ , a _s	x = k ₁₄ (a ₁) - k ₁₄ (a _s)	P ₁₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	x = 8 - 6 = 2	0	s = 2	x = 3,5 - 5 = -1,5	0
s = 3	x = 8 - 6 = 2	0	s = 3	x = 3,5 - 0,5 = 3	1
s = 4	x = 8 - 7 = 1	0	s = 4	x = 3,5 - 1 = 2,5	1
s = 5	x = 8 - 7 = 1	0	s = 5	x = 3,5 - 0,25 = 3,25	1
a ₂ , a _s	x = k ₁₃ (a ₂) - k ₁₃ (a _s)	P ₁₃ (a ₂ , a _s)	a ₂ , a _s	x = k ₁₄ (a ₂) - k ₁₄ (a _s)	P ₁₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	x = 6 - 8 = -2	1	s = 1	x = 5 - 3,5 = 1,5	1
s = 3	x = 6 - 6 = 0	0	s = 3	x = 5 - 0,5 = 4,5	1
s = 4	x = 6 - 7 = -1	1	s = 4	x = 5 - 1 = 4	1
s = 5	x = 6 - 7 = -1	1	s = 5	x = 5 - 0,25 = 4,75	1
a ₃ , a _s	x = k ₁₃ (a ₃) - k ₁₃ (a _s)	P ₁₃ (a ₃ , a _s)	a ₃ , a _s	x = k ₁₄ (a ₃) - k ₁₄ (a _s)	P ₁₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	x = 6 - 8 = -2	1	s = 1	x = 0,5 - 3,5 = -3	0
s = 2	x = 6 - 6 = 0	0	s = 2	x = 0,5 - 5 = -4,5	0
s = 4	x = 6 - 7 = -1	1	s = 4	x = 0,5 - 1 = -0,5	0
s = 5	x = 6 - 7 = -1	1	s = 5	x = 0,5 - 0,25 = 0,25	1
a ₄ , a _s	x = k ₁₃ (a ₄) - k ₁₃ (a _s)	P ₁₃ (a ₄ , a _s)	a ₄ , a _s	x = k ₁₄ (a ₄) - k ₁₄ (a _s)	P ₁₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	x = 7 - 8 = -1	1	s = 1	x = 1 - 3,5 = -2,5	0
s = 2	x = 7 - 6 = 1	0	s = 2	x = 1 - 5 = -4	0
s = 3	x = 7 - 6 = 1	0	s = 3	x = 1 - 0,5 = 0,5	1
s = 5	x = 7 - 7 = 0	0	s = 5	x = 1 - 0,25 = 0,75	1
a ₅ , a _s	x = k ₁₃ (a ₅) - k ₁₃ (a _s)	P ₁₃ (a ₅ , a _s)	a ₅ , a _s	x = k ₁₄ (a ₅) - k ₁₄ (a _s)	P ₁₄ (a ₅ , a _s)
s = 1	x = 7 - 8 = -1	1	s = 1	x = 0,25 - 3,5 = -3,25	0
s = 2	x = 7 - 6 = 1	0	s = 2	x = 0,25 - 5 = -4,75	0
s = 3	x = 7 - 6 = 1	0	s = 3	x = 0,25 - 0,5 = -0,25	0
s = 4	x = 7 - 7 = 0	0	s = 4	x = 0,25 - 1 = -0,75	0

Tabela B-3, Određivanje indeksa preferencije

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅	T ⁺	T	Rang
PK ₁	0,0000	0,0242	0,9500	0,9629	0,9543	0,7228	0,4661	2
PK ₂	0,9269	0,0000	0,9392	0,9613	0,9608	0,9470	0,9133	1
PK ₃	0,0446	0,0478	0,0000	0,0565	0,9634	0,2781	-0,4355	4
PK ₄	0,0231	0,0301	0,9349	0,0000	0,9349	0,4808	-0,0290	3
PK ₅	0,0323	0,0328	0,0301	0,0586	0,0000	0,0384	-0,9149	5
T ⁻	0,2567	0,0337	0,7136	0,5098	0,9534			

Tabela B-4, Određivanje svih parova potpunih poredaka [P⁺, I⁺] i [P, I]

	A ₁				A ₂				A ₃				A ₄				A ₅			
	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻
A ₁	--	--	--	--	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da
A ₂	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
A ₃	da	da	da	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da
A ₄	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--	ne	da	ne	da
A ₅	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	da	--	--	--	--

ELECTRE MODEL

Tabela B-5, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t													
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
<i>min / max</i>		max	max	max	min	max	min	min	max	max	max	max	max	min	max
Površinski kop	PK ₁	7	1,8	8	0,28	8	5	8	7	7	6	8	8	8	3,5
	PK ₂	8	0,15	8	0,15	8	5	8	7	6	6	2	8	6	5
	PK ₃	8	1,0	9	0,31	7	7	10	7	8	7	9	9	6	0,5
	PK ₄	4	0,1	6	0,11	7	5	7	6	7	7	5	6	7	1
	PK ₅	8	4,7	7	0,29	9	9	12	7	9	9	8	7	7	0,25
<i>Preferencije</i>		0,1	1	1	0,5	0,4	0,8	0,65	0,5	0,5	0,4	0,75	0,8	0,6	0,85

Tabela B-6, Normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
PK ₁	0,4366	0,3506	0,4666	0,5171	0,4566	0,3492	0,3899	0,4596	0,4191	0,3787	0,5186	0,4666	0,5230	0,5636
PK ₂	0,4990	0,0292	0,4666	0,2770	0,4566	0,3492	0,3899	0,4596	0,3592	0,3787	0,1296	0,4666	0,3922	0,8052
PK ₃	0,4990	0,1948	0,5249	0,5725	0,3995	0,4889	0,4874	0,4596	0,4789	0,4418	0,5834	0,5249	0,3922	0,0805
PK ₄	0,2495	0,0195	0,3499	0,2031	0,3995	0,3492	0,3412	0,3939	0,4191	0,4418	0,3241	0,3499	0,4576	0,1610
PK ₅	0,4990	0,9154	0,4082	0,5356	0,5137	0,6286	0,5848	0,4596	0,5388	0,5681	0,5186	0,4082	0,4576	0,0403

Tabela B-7, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
PK ₁	0,0049	0,0396	0,0527	0,0292	0,0206	0,0316	0,0286	0,0260	0,0237	0,0171	0,0439	0,0422	0,0355	0,0541
PK ₂	0,0056	0,0033	0,0527	0,0157	0,0206	0,0316	0,0286	0,0260	0,0203	0,0171	0,0110	0,0422	0,0266	0,0773
PK ₃	0,0056	0,0220	0,0593	0,0323	0,0181	0,0442	0,0358	0,0260	0,0271	0,0200	0,0494	0,0474	0,0266	0,0077
PK ₄	0,0028	0,0022	0,0395	0,0115	0,0181	0,0316	0,0251	0,0223	0,0237	0,0200	0,0275	0,0316	0,0310	0,0155
PK ₅	0,0056	0,1034	0,0461	0,0303	0,0232	0,0568	0,0430	0,0260	0,0304	0,0257	0,0439	0,0369	0,0310	0,0039

Tabela B-8, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

S ₁₂ = (2 3 5 6 7 8 9 10 11 12)	NS ₁₂ = (1 4 13 14)
S ₁₃ = (2 4 5 6 7 8 14)	NS ₁₃ = (1 3 9 10 11 12 13)
S ₁₄ = (1 2 3 5 6 8 9 11 12 14)	NS ₁₄ = (4 7 10 13)
S ₁₅ = (3 4 6 7 8 11 12 14)	NS ₁₅ = (1 2 5 9 10 13)
S ₂₁ = (1 3 4 5 6 7 8 10 12 13 14)	NS ₂₁ = (2 9 11)
S ₂₃ = (1 4 5 6 7 8 13 14)	NS ₂₃ = (2 3 9 10 11 12)
S ₂₄ = (1 2 3 5 6 8 12 13 14)	NS ₂₄ = (4 7 9 10 11)
S ₂₅ = (1 3 4 6 7 8 12 13 14)	NS ₂₅ = (2 5 9 10 11)
S ₃₁ = (1 3 8 9 10 11 12 13)	NS ₃₁ = (2 4 5 6 7 14)
S ₃₂ = (1 2 3 8 9 10 11 12 13)	NS ₃₂ = (4 5 6 7 14)
S ₃₄ = (1 2 3 5 8 9 10 11 12 13)	NS ₃₄ = (4 6 7 14)
S ₃₅ = (1 3 6 7 8 11 12 13 14)	NS ₃₅ = (2 4 5 9 10)
S ₄₁ = (4 6 7 9 10 13)	NS ₄₁ = (1 2 3 5 8 11 12 14)
S ₄₂ = (4 6 7 9 10 11)	NS ₄₂ = (1 2 3 5 8 12 13 14)
S ₄₃ = (4 5 6 7 10 14)	NS ₄₃ = (1 2 3 8 9 11 12 13)
S ₄₅ = (4 6 7 13 14)	NS ₄₅ = (1 2 3 5 8 9 10 11 12)
S ₅₁ = (1 2 5 8 9 10 11 13)	NS ₅₁ = (3 4 6 7 12 14)
S ₅₂ = (1 2 5 8 9 10 11)	NS ₅₂ = (3 4 6 7 12 13 14)
S ₅₃ = (1 2 4 5 8 9 10)	NS ₅₃ = (3 6 7 11 12 13 14)
S ₅₄ = (1 2 3 5 8 9 10 11 12 13)	NS ₅₄ = (4 6 7 14)

Tabela B-9, Matrica saglasnosti

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅
PK ₁		0,77	0,53	0,76	0,66
PK ₂	0,75		0,50	0,68	0,66
PK ₃	0,53	0,64		0,68	0,68
PK ₄	0,39	0,41	0,41		0,38
PK ₅	0,48	0,41	0,38	0,68	

Tabela B-10, Matrica nesaglasnosti

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅
PK ₁		0,6389	0,1910	0,4587	1,0000
PK ₂	1,0000		0,5525	0,2664	1,0000
PK ₃	1,0000	1,0000		0,9497	1,0000
PK ₄	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000
PK ₅	0,7876	0,7337	0,1619	0,2495	

Tabela B-11, Matrica saglasne dominacije PIS=0,5689

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅
PK ₁	0	1	0	1	1
PK ₂	1	0	0	1	1
PK ₃	0	1	0	1	1
PK ₄	0	0	0	0	0
PK ₅	0	0	0	1	0

Tabela B-12, Matrica nesaglasne dominacije PINS=0,7495

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅
PK ₁	0	1	1	1	0
PK ₂	0	0	1	1	0
PK ₃	0	0	0	0	0
PK ₄	0	0	0	0	0
PK ₅	0	1	1	1	0

Tabela B-13, Matrica agregatne dominacije

	PK ₁	PK ₂	PK ₃	PK ₄	PK ₅	Rang
PK ₁	0	1	0	1	0	1
PK ₂	0	0	0	1	0	2
PK ₃	0	0	0	0	0	3
PK ₄	0	0	0	0	0	3
PK ₅	0	0	0	1	0	2

AHP MODEL

Tabela B-14, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut						
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Min / max		max	max	max	min	max	min	min
Površinski kop	PK ₁	7	1,8	8	0,28	8	5	8
	PK ₂	8	0,15	8	0,15	8	5	8
	PK ₃	8	1,0	9	0,31	7	7	10
	PK ₄	4	0,1	6	0,11	7	5	7
	PK ₅	8	4,7	7	0,29	9	9	12
Preferencija		0,1	1	1	0,5	0,4	0,8	0,65

Tabela B-14(nastavak), Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut						
		K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
Min / max		max	max	max	max	max	min	max
Površinski kop	PK ₁	7	7	6	8	8	8	3,5
	PK ₂	7	6	6	2	8	6	5
	PK ₃	7	8	7	9	9	6	0,5
	PK ₄	6	7	7	5	6	7	1
	PK ₅	7	9	9	8	7	7	0,25
Preferencija		0,5	0,5	0,4	0,75	0,8	0,6	0,85

Tabela B-15, Konverzija min → max

		Atribut						
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Min / max		max	max	max	max	max	max	max
Površinski kop	PK ₁	7	1,8	8	3,571	8	0,2	0,125
	PK ₂	8	0,15	8	6,667	8	0,2	0,125
	PK ₃	8	1,0	9	3,226	7	0,143	0,1
	PK ₄	4	0,1	6	9,091	7	0,2	0,143
	PK ₅	8	4,7	7	3,448	9	0,111	0,083
Suma		35	7,75	38	26,003	39	0,854	0,576

Tabela B-15 (nastavak), Konverzija min → max

		Atribut						
		K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
Min / max		max	max	max	max	max	max	max
Površinski kop	PK ₁	7	7	6	8	8	0,125	3,50
	PK ₂	7	6	6	2	8	0,167	5,00
	PK ₃	7	8	7	9	9	0,167	0,50
	PK ₄	6	7	7	5	6	0,143	1,00
	PK ₅	7	9	9	8	7	0,143	0,25
Suma		34	37	35	32	38	0,745	10,25

Tabela B-16, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut						
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Min / max		max	max	max	max	max	max	max
Površinski kop	PK ₁	0,200	0,232	0,211	0,137	0,205	0,234	0,217
	PK ₂	0,229	0,019	0,210	0,256	0,205	0,234	0,217
	PK ₃	0,229	0,129	0,237	0,124	0,179	0,167	0,174
	PK ₄	0,114	0,013	0,158	0,350	0,179	0,234	0,248
	PK ₅	0,229	0,606	0,184	0,133	0,231	0,130	0,145
Preferencija		0,011	0,113	0,113	0,056	0,045	0,090	0,073

Tabela B-16 (nastavak), Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut							Rešenje	Rang
		K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄		
Min / max		max	max	max	max	max	max	max		
Površinski kop	PK ₁	0,206	0,189	0,171	0,25	0,211	0,168	0,341	0,22089875	1
	PK ₂	0,206	0,162	0,171	0,062	0,211	0,224	0,488	0,20432501	3
	PK ₃	0,206	0,216	0,200	0,281	0,237	0,224	0,049	0,18491712	4
	PK ₄	0,176	0,189	0,200	0,156	0,158	0,192	0,097	0,16743542	5
	PK ₅	0,206	0,243	0,257	0,250	0,184	0,192	0,024	0,22242369	2
Preferencija		0,056	0,056	0,045	0,085	0,090	0,068	0,096		

VIKOR MODEL

Tabela B-17, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		A t r i b u t													
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
Površinski kop	PK ₁	7	1,8	8	0,28	8	5	8	7	7	6	8	8	8	3,5
	PK ₂	8	0,15	8	0,15	8	5	8	7	6	6	2	8	6	5
	PK ₃	8	1,0	9	0,31	7	7	10	7	8	7	9	9	6	0,5
	PK ₄	4	0,1	6	0,11	7	5	7	6	7	7	5	6	7	1
	PK ₅	8	4,7	7	0,29	9	9	12	7	9	9	8	7	7	0,25
Min / Max		max	max	max	min	max	min	min	max	max	max	max	max	min	max
Preferencija		0,1	1	1	0,5	0,4	0,8	0,65	0,5	0,5	0,4	0,75	0,8	0,6	0,85
MGK strategija maksimalne grupne koristi (0<V ₁ <1)								0,5							
MINIMAKS strategija								$V_2=1-V_1$							

Tabela B-18, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
Max	8	0,15	8	0,15	8	5	8	7	6	6	2	8	6	5
Min	8	1,0	9	0,31	7	7	10	7	8	7	9	9	6	0,5
Max-Min	4	0,1	6	0,11	7	5	7	6	7	7	5	6	7	1

Tabela B-19, Meduvrednosti $\zeta_a: (f_{imax} - f_{ij}) / (f_{imax} - f_{imin}) \times W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄
PK ₁	0,0028	0,0712	0,0377	0,0480	0,0226	0,0000	0,0147	0,0000	0,0377	0,0452	0,0121	0,0301	0,0678	0,0303
PK ₂	0,0000	0,1118	0,0377	0,0113	0,0226	0,0000	0,0147	0,0000	0,0565	0,0452	0,0847	0,0301	0,0000	0,0000
PK ₃	0,0000	0,0909	0,0000	0,0565	0,0452	0,0452	0,0440	0,0000	0,0188	0,0301	0,0000	0,0000	0,0000	0,0910
PK ₄	0,0113	0,1130	0,1130	0,0000	0,0452	0,0000	0,0000	0,0565	0,0377	0,0301	0,0484	0,0904	0,0339	0,0808
PK ₅	0,0000	0,0000	0,0753	0,0509	0,0000	0,0904	0,0734	0,0000	0,0000	0,0000	0,0121	0,0603	0,0339	0,0960

Tabela B-20, Vrednosti $\zeta_a S_j$ u R_j

	S_j	R_j
PK ₁	0,4202	0,0712
PK ₂	0,4146	0,1118
PK ₃	0,4217	0,0910
PK ₄	0,6603	0,1130
PK ₅	0,4923	0,0960

Tabela B-21, Medurezultati

	$(S_j \min S_j) / (\max S_j - \min S_j)$	$(R_j \min R_j) / (\max R_j - \min R_j)$
PK ₁	0,0228	0,0000
PK ₂	0,0000	0,9713
PK ₃	0,0289	0,4737
PK ₄	1,0000	1,0000
PK ₅	0,3162	0,5933

Tabela B-22, Poredak alternativa $\zeta_a V_1=0,5$

	Q_j	Rang
PK ₁	0.0114	1
PK ₂	0.4856	4
PK ₃	0.2513	2
PK ₄	1.0000	5
PK ₅	0.4548	3

Tabela B-23, Zavisnost Q_j od V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q_j										
PK_1	0,0228	0,0205	0,0182	0,0160	0,0137	0,0114	0,0091	0,0068	0,0046	0,0023	0,0000
PK_2	0,0000	0,0971	0,1943	0,2914	0,3885	0,4856	0,5828	0,6799	0,7770	0,8742	0,9713
PK_3	0,0289	0,0734	0,1179	0,1623	0,2068	0,2513	0,2958	0,3402	0,3847	0,4292	0,4737
PK_4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PK_5	0,3162	0,3439	0,3717	0,3994	0,4271	0,4548	0,4825	0,5102	0,5379	0,5656	0,5933

Tabela B-24, Rang površinskih kopova u zavisnosti od variranja V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	R a n g										
PK_1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PK_2	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
PK_3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PK_4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PK_5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3

Prilog C

REZULTATI TEST EKSPERIMENTALNIH ANALIZA:
IZBOR TEHNOLOŠKOG SISTEMA POVRŠINSKOG KOPA MAJDAN III

PROMETHEE MODEL [100,106]

Tabela C-1, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Kriterijum					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min / Max:		min	min	max	max	max	max
Tip:		1	1	1	1	1	1
Težina:		0,30	0,30	0,1	0,1	0,15	0,05
Tehnološki sistem	A ₁	17,06	45,72	3,00	4,00	0,00	2,00
	A ₂	19,52	48,05	3,00	4,00	0,00	2,00
	B ₁	15,34	52,79	3,00	4,00	3,00	3,50
	B ₂	17,79	55,14	3,00	4,00	3,00	3,50
	C	17,67	34,16	5,00	5,00	5,00	2,00
	D	10,57	49,77	4,50	5,00	4,00	3,00
E		6,69	55,68	4,00	5,00	4,50	5,00

Tabela C-2, Evaluacija i tok

Tehnološko rešenje	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	Phi +	Phi -	Phi
	min	min	max	max	max	max			
A ₁	17.06	45.72	3,00	4.00	0.00	2.00	0.43	0.42	0.01
A ₂	19.52	48.05	3,00	4.00	0.00	2.00	0.23	0.62	-0.39
B ₁	15.34	52.79	3.00	4.00	3.00	3.50	0.36	0.51	-0,15
B ₂	17.79	55.14	3,00	4.00	3.00	3.50	0.16	0.71	-0,55
C	17.67	34.16	5,00	5.00	5.00	2.00	0.75	0.20	0,55
D	10.57	49.77	4.50	5.00	4.00	3.00	0.67	0.29	0,38
E	6.69	55.68	4.00	5.00	4.50	5.00	0.56	0.41	0,15

Tabela C-3, Rang tehnoloških rešenja

Tehnološko rešenje	Phi+	Rang	Phi-	Rang	Phi	Rang
	A ₁	0,433	4,0	0,425	4,0	0,08
A ₂	0,233	6,0	0,625	6,0	-0,392	6
B ₁	0,358	5,0	0,508	5,0	-0,150	5
B ₂	0,158	7,0	0,708	7,0	-0,550	7
C	0,750	1,0	0,200	1,0	0,550	1
D	0,675	2,0	0,292	2,0	0,383	2
E	0,558	3,0	0,408	3,0	0,150	3

ELECTRE MODEL

Tabela C-4, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min/max		min	min	max	max	max	max
Alternativa	A ₁	17,06	45,72	3	4	0	2
	A ₂	19,52	48,05	3	4	0	2
	B ₁	15,34	52,79	3	4	3	3,5
	B ₂	17,79	55,14	3	4	3	3,5
	C	17,67	34,16	5	5	5	2
	D	10,57	49,77	4,5	5	4	3
Preferencija		0,30	0,30	0,1	0,1	0,15	0,05

Tabela C-5, Normalizovana matrica odlučivanja

Alternativa		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₁		0,4147	0,3510	0,3042	0,3393	0,0000	0,2382
A ₂		0,4745	0,3688	0,3042	0,3393	0,0000	0,2382
B ₁		0,3729	0,4052	0,3042	0,3393	0,3370	0,4168
B ₂		0,4324	0,4233	0,3042	0,3393	0,3370	0,4168
C		0,4295	0,2622	0,5070	0,4241	0,5617	0,2382
D		0,2569	0,3820	0,4563	0,4241	0,4493	0,3573
E		0,1626	0,4274	0,4056	0,4241	0,5055	0,5955

Tabela C-6, Težinska normalizovana matrica odlučivanja

Alternativa		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₁		0,1244	0,1053	0,0304	0,0339	0,0000	0,0119
A ₂		0,1423	0,1107	0,0304	0,0339	0,0000	0,0119
B ₁		0,1119	0,1216	0,0304	0,0339	0,0505	0,0208
B ₂		0,1297	0,1270	0,0304	0,0339	0,0505	0,0208
C		0,1288	0,0787	0,0507	0,0424	0,0842	0,0119
D		0,0771	0,1146	0,0456	0,0424	0,0674	0,0179
E		0,0488	0,1282	0,0406	0,0424	0,0758	0,0298

Tabela C-7, Skupovi saglasnosti i nesaglasnosti

S ₁₂ = (1 2 3 4 5 6)	NS ₁₂ = ()	S ₃₄ = (1 2 3 4 5 6)	NS ₃₄ = ()	S ₅₆ = (2 3 4 5)	NS ₅₆ = (1 6)
S ₁₃ = (2 3 4)	NS ₁₃ = (1 5 6)	S ₃₅ = (1 6)	NS ₃₅ = (2 3 4 5)	S ₅₇ = (2 3 4 5)	NS ₅₇ = (1 6)
S ₁₄ = (1 2 3 4)	NS ₁₄ = (5 6)	S ₃₆ = (6)	NS ₃₆ = (1 2 3 4 5)	S ₆₁ = (1 3 4 5 6)	NS ₆₁ = (2)
S ₁₅ = (1 6)	NS ₁₅ = (2 3 4 5)	S ₃₇ = (2)	NS ₃₇ = (1 3 4 5 6)	S ₆₂ = (1 3 4 5 6)	NS ₆₂ = (2)
S ₁₆ = (2)	NS ₁₆ = (1 3 4 5 6)	S ₄₁ = (3 4 5 6)	NS ₄₁ = (1 2)	S ₆₃ = (1 2 3 4 5)	NS ₆₃ = (6)
S ₁₇ = (2)	NS ₁₇ = (1 3 4 5 6)	S ₄₂ = (1 3 4 5 6)	NS ₄₂ = (2)	S ₆₄ = (1 2 3 4 5)	NS ₆₄ = (6)
S ₂₁ = (3 4 5 6)	NS ₂₁ = (1 2)	S ₄₃ = (3 4 5 6)	NS ₄₃ = (1 2)	S ₆₅ = (1 4 6)	NS ₆₅ = (2 3 5)
S ₂₃ = (2 3 4)	NS ₂₃ = (1 5 6)	S ₄₅ = (6)	NS ₄₅ = (1 2 3 4 5)	S ₆₇ = (2 3 4)	NS ₆₇ = (1 5 6)
S ₂₄ = (2 3 4)	NS ₂₄ = (1 5 6)	S ₄₆ = (6)	NS ₄₆ = (1 2 3 4 5)	S ₇₁ = (1 3 4 5 6)	NS ₇₁ = (2)
S ₂₅ = (6)	NS ₂₅ = (1 2 3 4 5)	S ₄₇ = (2)	NS ₄₇ = (1 3 4 5 6)	S ₇₂ = (1 3 4 5 6)	NS ₇₂ = (2)
S ₂₆ = (2)	NS ₂₆ = (1 3 4 5 6)	S ₅₁ = (2 3 4 5 6)	NS ₅₁ = (1)	S ₇₃ = (1 3 4 5 6)	NS ₇₃ = (2)
S ₂₇ = (2)	NS ₂₇ = (1 3 4 5 6)	S ₅₂ = (1 2 3 4 5 6)	NS ₅₂ = ()	S ₇₄ = (1 3 4 5 6)	NS ₇₄ = (2)
S ₃₁ = (1 3 4 5 6)	NS ₃₁ = (2)	S ₅₃ = (2 3 4 5)	NS ₅₃ = (1 6)	S ₇₅ = (1 4 6)	NS ₇₅ = (2 3 5)
S ₃₂ = (1 3 4 5 6)	NS ₃₂ = (2)	S ₅₄ = (1 2 3 4 5)	NS ₅₄ = (6)	S ₇₆ = (1 4 5 6)	NS ₇₆ = (2 3)

Tabela C-8, Matrica saglasnosti

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E
A ₁		1,00	0,50	0,80	0,35	0,30	0,30
A ₂	0,40		0,50	0,50	0,05	0,30	0,30
B ₁	0,70	0,70		1,00	0,35	0,05	0,30
B ₂	0,40	0,70	0,40		0,05	0,05	0,30
C	0,70	1,00	0,65	0,95		0,65	0,65
D	0,70	0,70	0,95	0,95	0,45		0,50
E	0,70	0,70	0,70	0,70	0,45	0,60	

Tabela C-9, Matrica nesaglasnosti

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E
A ₁		0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A ₂	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B ₁	0,3221	0,2159		0,6110	1,0000	1,0000	1,0000
B ₂	0,4292	0,3230	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000
C	0,0528	0,0528	0,3960	0,1849		1,0000	1,0000
D	0,1384	0,0588	0,0856	0,0566	0,6943		1,0000
E	0,3025	0,1878	0,1055	0,0154	0,6190	0,4810	

Tabela C-10, Matrica saglasne dominacije PIS = 0,5476

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E
A ₁		1	0	1	0	0	0
A ₂	0		0	0	0	0	0
B ₁	1	1		1	0	0	0
B ₂	0	1	0		0	0	0
C	1	1	1	1		1	1
D	1	1	1	1	0		0
E	1	1	1	1	0	1	

Tabela C-11, Matrica nesaglasne dominacije PINS = 0,6270

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E
A ₁		1	0	0	0	0	0
A ₂	0		0	0	0	0	0
B ₁	1	1		1	0	0	0
B ₂	1	1	0		0	0	0
C	1	1	1	1		0	0
D	1	1	1	1	0		0
E	1	1	1	1	1	1	

Tabela C-12, Matrica agregatne dominacije

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C	D	E	Nadmašuje	Rang
A ₁		1	0	0	0	0	0	1	4
A ₂	0		0	0	0	0	0	0	5
B ₁	1	1		1	0	0	0	2	3
B ₂	0	1	0		0	0	0	1	4
C	1	1	1	1		0	0	4	2
D	1	1	1	1	0		0	4	2
E	1	1	1	1	0	1		5	1

AHP MODEL

Tabela C-13, Kvantifikovana matrica odlučivanja

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min/max		min	min	max	max	max	max
Tehnološko rešenje	A ₁	17,06	45,72	3	4	0	2
	A ₂	19,52	48,05	3	4	0	2
	B ₁	15,34	52,79	3	4	3	3,5
	B ₂	17,79	55,14	3	4	3	3,5
	C	17,67	34,16	5	5	5	2
	D	10,57	49,77	4,5	5	4	3
	E	6,69	55,68	4	5	4,5	5
Preferencija		0,3	0,3	0,1	0,1	0,15	0,05

Tabela C-14, Konverzija min → max

		Atribut					
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Min/max		max	max	max	max	max	max
Tehnološko rešenje	A ₁	0,058617	0,021872	3	4	0	2
	A ₂	0,051230	0,020812	3	4	0	2
	B ₁	0,065189	0,018943	3	4	3	3,5
	B ₂	0,056211	0,018136	3	4	3	3,5
	C	0,056593	0,029274	5	5	5	2
	D	0,094607	0,020092	4,5	5	4	3
	E	0,149477	0,017960	4	5	4,5	5
Suma		0,531924	0,147089	25,5	31	19,5	21

Tabela C-15, Normalizovana (konačna) matrica

		Atribut						Rešenje	Rang
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆		
Min/max		max	max	max	max	max	max		
Tehnološko rešenje	A ₁	0,110197	0,148701	0,117647	0,129032	0	0,095238	0,107099	6
	A ₂	0,096310	0,141490	0,117647	0,129032	0	0,095238	0,100770	7
	B ₁	0,122553	0,128786	0,117647	0,129032	0,153846	0,166667	0,131480	4
	B ₂	0,105676	0,123297	0,117647	0,129032	0,153846	0,166667	0,124770	5
	C	0,106393	0,199023	0,196078	0,161290	0,256410	0,095238	0,170585	2
	D	0,177859	0,136601	0,176471	0,161290	0,205128	0,142857	0,166026	3
	E	0,281012	0,122102	0,156863	0,161290	0,230769	0,238095	0,199269	1
Suma		1	1	1	1	1	1		
Preferencija		0,3	0,3	0,1	0,1	0,15	0,05		

VIKOR MODEL

Tabela C-16, Kvantifikovana matrica odlučivanja

Tehnološko rešenje	Atribut					
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₁	17,06	45,72	3	4	0	2
A ₂	19,52	48,05	3	4	0	2
B ₁	15,34	52,79	3	4	3	3,5
B ₂	17,79	55,14	3	4	3	3,5
C	17,67	34,16	5	5	5	2
D	10,57	49,77	4,5	5	4	3
E	6,69	55,68	4	5	4,5	5
Min/Max	min	min	max	max	max	max
Preferencija	0,30	0,30	0,1	0,1	0,15	0,05
MGK strategija maksimalne grupe koristi ($0 < V_1 < 1$)				0,5		
MINIMAKS strategija				$V_2 = 1 - V_1$		

Tabela C-17, Maksimumi i minimumi po atributima

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Max	6,69	34,16	5	5	5	5
Min	19,52	55,68	3	4	0	2
Max-Min	-12,83	-21,52	2	1	5	3

Tabela C-18, Međuvrednosti z_{ij} : $(f_{imax} - f_{ij}) / (f_{imax} - f_{imin}) \times W_i$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₁	0,2425	0,1612	0,1000	0,1000	0,1500	0,0500
A ₂	0,3000	0,1936	0,1000	0,1000	0,1500	0,0500
B ₁	0,2023	0,2597	0,1000	0,1000	0,0600	0,0250
B ₂	0,2596	0,2925	0,1000	0,1000	0,0600	0,0250
C	0,2567	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
D	0,0907	0,2176	0,0250	0,0000	0,0300	0,0333
E	0,0000	0,3000	0,0500	0,0000	0,0150	0,0000

Tabela C-19, Vrednosti z_{S_j} u R_j

	S _j	R _j
A ₁	0,8037	0,2425
A ₂	0,8936	0,3000
B ₁	0,7470	0,2597
B ₂	0,8371	0,2925
C	0,3067	0,2567
D	0,3966	0,2176
E	0,3650	0,3000

Tabela C-20, Međurezultati

	$(S_j \min S_j) / (\max S_j - \min S_j)$	$(R_j \min R_j) / (\max R_j - \min R_j)$
A ₁	0,8468	0,3022
A ₂	1,0000	1,0000
B ₁	0,7502	0,5109
B ₂	0,9037	0,9090
C	0,0000	0,4745
D	0,1532	0,0000
E	0,0993	1,0000

Tabela C-21, Poredek alternativa za $V_1=0,5$

	Q_j	Rang
A ₁	0,5745	4
A ₂	1,0000	7
B ₁	0,6306	5
B ₂	0,9064	6
C	0,2373	2
D	0,0766	1
E	0,5497	3

Tabela C-22, Zavisnost Q_j od V_1 po alternativama

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Q_j										
A ₁	0,8468	0,7924	0,7379	0,6834	0,6290	0,5745	0,5200	0,4656	0,4111	0,3566	0,3022
A ₂	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B ₁	0,7502	0,7263	0,7024	0,6784	0,6545	0,6306	0,6066	0,5827	0,5588	0,5349	0,5109
B ₂	0,9037	0,9043	0,9048	0,9053	0,9058	0,9064	0,9069	0,9074	0,9079	0,9085	0,9090
C	0,0000	0,0475	0,0949	0,1424	0,1898	0,2373	0,2847	0,3322	0,3796	0,4271	0,4745
D	0,1532	0,1379	0,1225	0,1072	0,0919	0,0766	0,0613	0,0460	0,0306	0,0153	0,0000
E	0,0993	0,1894	0,2795	0,3695	0,4596	0,5497	0,6397	0,7298	0,8199	0,9099	1,0000

Tabela C-23, Rang alternativa, varijabilno V_1

V_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
V_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	Rang										
A ₁	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2
A ₂	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
B ₁	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4
B ₂	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5
C	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
D	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
E	2	3	3	3	3	3	5	5	5	6	6

Biografija autora

Mr Marjan Hudej, dipl. inž. rudarstva, rođen je u Slovenj Gradecu 28.05.1957. godine. Studije rudarstva upisao je na Prirodno-tehničkom fakultetu Univerziteta u Ljubljani školske 1976/77. godine, a diplomirao 1983. Za vreme studija boravio je godinu dana na praksi u Ahenu, Nemačka. Tokom 1991. godine pohađao je školu Menadžmenta u Pitsburgu, SAD. Poslediplomske studije iz oblasti rudarskog inženjerstva na matičnom fakultetu upisao je 1991. godine, magistrirao je 1996. godine na temi „Vrednovanje projekata otkopavanja otkopnog polja” i stekao diplomu magistra rudarstva. Odlukom Univerziteta u Beogradu broj 06-613-2707/3 priznata mu je magistarska diploma Univerziteta u Ljubljani, kao diploma magistarskih studija sa zvanjem magistar tehničkih nauka u oblasti rudarstva, naučno područje podzemna eksploatacija.

Nakon završenih studija zaposlio se u Rudniku uglja Velenje. Kao inženjer radio je na različitim operativnim i rukovodnim zadacima u podzemnoj eksploataciji uglja, u razvoju i na inženjersko-kreativnim poslovima vezanim za rešavanja operativnih i dugoročnih rudničkih problema. Pet godina je radio na rukovodećim zadacima pripremnih radova u Rudniku. Od 1994. godine radio je na mestu direktora proizvodnje Rudnika uglja Velenje, a od 2003. godine rukovodi Rudarsko-građevinskim preduzećem Velenje.

Učestvovao je u stvaranju nastavnih planova i programa Više stručne škole za rudarsko inženjerstvo u Velenju. Od 2008. godine predaje na Višoj školi za rudarsko inženjerstvo i geotehniku u Velenju. Ima položen stručni ispit iz oblasti eksploatacije mineralnih sirovina i tehničkog rukovođenja i projektovanja, kao i iz oblasti podzemne gradnje.

Inženjerska znanja unapređivao je učešćem u radu na timskim projektima i studijama vezanim za tehnološke inovacije i uvođenje nove rudarske opreme u proizvodni proces. Obavljao je razne stručne zadatke u Rudniku uglja Velenje, posebno je značajno njegovo učešće u vođenju i rekonstrukciji podzemnih prostorija. Radio je i na pripremi dokumentacije za potrebe standardizacije, odnosno za sticanja sertifikata ISO 9001, ISO 14 001 i BS 88000, Rudnika uglja Velenje. Ovaj rad je doprineo širenju njegovih inženjerskih iskustava, posebno sa stanovišta ocene tehnoloških procesa i sa pravnih aspekata.

Bio je potpredsednik Inženjerske komore Slovenije i potpredsednik Saveza inženjera Slovenije. Jedan je od osnivača Balkanske asocijacije rudarskih stručnjaka i pokretača Balkanskog rudarskog kongresa. Član je njegovog Stalnog koordinacionog saveta. Bio je predsednik Organizacionog komiteta IV Balkanskog rudarskog kongresa održanog 2011. godine u Ljubljani.

Aktivno se bavio atletikom, bio je državni reprezentativac i potpredsednik Atletskog saveza Slovenije, predsednik Atletskog kluba Velenje, predsednik Organizacionog komiteta Sportskih igara tehnoloških fakulteta Jugoslavije, i predsednik Organizacionog komiteta Rudarijade Jugoslavije. Organizator je brojnih sportskih manifestacija.

Oženjen je i otac dve ćerke.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a **Marjan Hudej**
broj indeksa

Izjavljujem

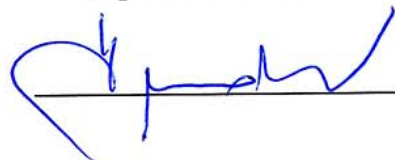
da je doktorska disertacija pod naslovom

MULTIVARIJABILNI MODELI UPRAVLJANJA U RUDARSTVU

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 02.09.2013.



Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora	Marjan Hudej
Broj indeksa	
Studijski program	Rudarsko inženjerstvo
Naslov rada	Multivarijabilni modeli upravljanja u rudarstvu
Mentor	prof. dr Slobodan Vujić

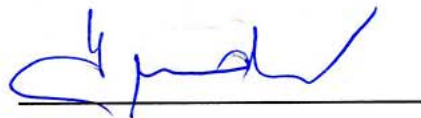
Potpisani/a Marjan Hudej

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada. Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 02.09.2013.



Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

MULTIVARIJABILNI MODELI UPRAVLJANJA U RUDARSTVU

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo

2. Autorstvo - nekomercijalno

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade

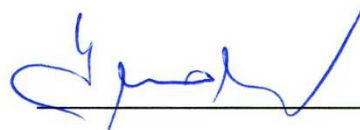
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima

5. Autorstvo – bez prerade

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

Potpis doktoranda

U Beogradu, 02.09.2013.



1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.