

Advantages of fuzzy optimization methods over conventional approaches to problem solving related to protection against groundwater

Milica Stepanović, Dragoljub Baijić, Dušan Polomčić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Advantages of fuzzy optimization methods over conventional approaches to problem solving related to protection against groundwater | Milica Stepanović, Dragoljub Baijić, Dušan Polomčić | Proceedings of the XVIII Serbian Geological Congress, Divčibare, Serbia, 01-04 June 2022 | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007198>

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

Srpsko geološko društvo

**Zbornik apstrakata
XVIII Kongres geologa Srbije**



**18 КОНГРЕС
ГЕОЛОГА СРБИЈЕ**

**Book of abstracts
of the XVIII Serbian Geological Congress**

**GEOLOGIJA REŠAVA PROBLEME
GEOLOGY SOLVES THE PROBLEMS**

Divčibare, 01-04. jun 2022.

XVIII Kongres geologa Srbije: Zbornik apstrakata

(Nacionalni kongres sa međunarodnim učešćem)

XVIII Serbian Geological Congress: Book of abstracts

(National Congress with International Participation)

Divčibare, 01-04.06.2022.

Organizator / Organised by

Srpsko geološko društvo / Serbian Geological Society

Suorganizator / Co-organised by

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet /
University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

Za izdavača / For the Publisher

Vladimir Simić

Predsednik Srpskog geološkog društva / President of the Serbian Geological Society

Glavni urednik / Editor-in-chief

Bojan Kostić

Uređivački odbor / Editorial Board

Danica Srećković-Batočanin, Nevenka Đerić, Dragoljub Bajić

Tehnička priprema / Technical Preparation

Bojan Kostić, Zoran Miladinović, Ana Zeković, Marija Petrović

Izdavač / Publisher

Srpsko geološko društvo / Serbian Geological Society

Kamenička 6, P.Box 227, 11001, Belgrade, Serbia

<http://www.sgd.rs>; e-mail: office@sgd.rs

ISBN-978-86-86053-23-7

Napomena: *Autori su odgovorni za sadržaj i kvalitet svojih saopštenja*

Note: *The authors are responsible for the content and quality of their contributions*

Organizacioni odbor / Organizing Committee

Vladimir Simić (predsednik), Danica Srećković-Batoćanin (potpredsednik), Dragoljub Bajić (sekretar), Zoran Miladinović (sekretar), Nevenka Đerić, Nenad Marić, Predrag Cvijić, Danijela Božić, Sonja Đokanović, Bojan Kostić, Nikoleta Aleksić, Stefan Petrović, Nemanja Krstekanić, Maja Maleš, Marija Vuletić, Natalija Batoćanin

Naučni odbor / Scientific Committee

Vladimir Simić, Danica Srećković Batoćanin, Nevenka Đerić, Dragana Životić, Rade Jelenković, Aleksandar Kostić, Uroš Đurić, Miloš Marjanović, Alena Zdravković, Suzana Erić, Meri Ganić, Uroš Stojadinović, Katarina Bogičević, Dejan Prelević, Jana Štrbački, Vesna Ristić-Vakanjac, Dušan Polomčić, Vesna Cvetkov, Nevena Andrić-Tomašević, Spomenko Mihajlović, Aleksandra Maran-Stevanović, Darko Spahić, Slobodan Radusinović, Lidija Galović, Kristina Šarić, Vesna Matović

Volonteri studenti / Students volunteers

Marija Petrović, Filip Arnaut

Sponzori / Sponsors

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet
"Jelen Do" Lime & Aggregates - Carmeuse Group
Rudarski institut d.o.o. Beograd
IBIS-INŽENJERING d.o.o. Banja Luka
Geoing Group
GeoProspect d.o.o.
VODAVODA
Knjaz Miloš
Kompanija Simex

PLENARNA PREDAVANJA / PLENARY LECTURES

Zoran Stevanović, Podzemne vode – ključni resurs budućnosti i najbolji indikator stanja životne sredine.

Zoran Stevanović, Groundwater – Key Resource for the Future and Best Indicator of Environmental Status

Oleg Mandić, Stratigrafija i paleogeografija neogena južnog Panonskog bazena.

Oleg Mandić, Neogene stratigraphy and paleogeography of the southern Pannonian basin.

Ivan Dulić, M. Dunčić, G. Bogićević, V. Gajić, S. Teslić, P. Cvijić, J. Sovilj, S. Marjanović, R. Ahmetzjanov, Regionalni naftno-geološki projekti na prostoru Panonskog basena, Dinarida i Karpatobalkanida.

Ivan Dulić, M. Dunčić, G. Bogićević, V. Gajić, S. Teslić, P. Cvijić, J. Sovilj, S. Marjanović, R. Ahmetzjanov, Regional oil and geological projects in the Pannonian Basin, Dinarides and Carpathian Balkan.

PREDAVANJA PO POZIVU / INVITED LECTURES

Nevena Andrić-Tomašević, Dinamika litosfere duž severoistočnog oboda Adrije zabeležena u sedimentnim basenima i magmatskim produktima

Nevena Andrić-Tomašević, Quantifying lithospheric dynamics along the north-eastern margin of Adria using magmatic and sedimentary signals

Dragoljub Bajić, Rešavanje problema odvodnjavanja primenom „fuzzy MCDM“ metoda pri inženjersko-geološkim istraživanjima

Dragoljub Bajić, Solving dewatering problems using fuzzy MCDM Methods for Engineering-geological Surveys

Katarina Bradić Milinović, Otoliti *in situ* sa teritorije Srbije (stratigrafski, paleoekološki i paleogeografski značaj)

Katarina Bradić Milinović, Otoliths *in situ* from Serbia (stratigraphic, paleoecological and paleogeographical significance)

Miloš Velojić, Geologija hidrotermalnog Cu-Au sistema Čukaru Peki

Miloš Velojić, Geology of the Čukaru Peki hydrothermal *Cu-Au* system

Violeta Gajić, Sedimentologija gornje krede jednog dela Unutrašnjih Dinarida (zapadna Srbija)

Violeta Gajić, Sedimentology of the Upper Cretaceous within a part of the Internal Dinarides (West Serbia)

Dragana Đurić, Primena SAR interferometrije za određivanje koseizmičkih deformacija: trendovi i dostignuća

Dragana Đurić, SAR interferometry for coseismic displacement determination: trends and achievements

Miloš Marjanović, Analiza odrona u stenskim kosinama: savremeni pristupi

Miloš Marjanović, Rockfalls analysis in rock slopes: state-of-the-art approaches

Aleksandar Pačevski, Nov pristup proučavanju tekstura minerala značajnih za istraživanje rudnih ležišta

Aleksandar Pačevski, New approaches to the study of mineral textures significant for ore deposits exploration

Dejan Radivojević, Evolucija jugoistočnog dela Panonskog basena i njene implikacije

Dejan Radivojević, Evolution of Southeastern part of the Pannonian Basin and its implications

Ranka Stanković, Harmonizacija geodata korišćenjem povezanih otvorenih podataka

Ranka Stanković, Harmonization of Geodata Using Linked Open Data

PREDNOSTI METODA FUZZY OPTIMIZACIJE U ODNOSU NA KLASIČNE METODE KOD REŠAVANJA PROBLEMA ZAŠTITE OD PODZEMNIH VODA

Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, milica.stepanovic@rgf.rs

Ključne reči: višekriterijumska optimizacija, fuzzy pristup, lingvistička promenljiva, fuzzy modeliranje

Višekriterijumska optimizacija (VKO) predstavlja sistem koji omogućava donošenje odluka prilikom rešavanja određenog problema, i to onda kada se suočava sa velikim brojem mogućih rešenja (alternativa). Da bi se vrednovala i razlikovala određena alternativa od druge, neophodno je uvesti određene kriterijume (i podkriterijume). Sa druge strane, navedeni kriterijumi moraju da zadovolje određene uslove (ograničenja). Na kraju, kao rezultat se dobija kompromisno rešenje, odnosno ono koje predstavlja kompromis između želja (kriterijumi) i mogućnosti (ograničenja). U hidrogeološkoj praksi je do sada svoju primenu našao veliki broj metoda, a među one najpoznatije spadaju: AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, FUZZY VIKOR, FAHP. Treba naglasiti, međutim, da nijedna od navedenih metoda nije superiorna sama po sebi, već će izbor iste zavistiti od mnogih faktora, kao npr. od: vrste podataka kojima se raspolaze, odnosno koji su sadržani u samom problemu, prioriteta koje definiše donosilac odluke, zahteva koje treba ispuniti prilikom rešavanja problema i slično. Tradicionalne metode optimizacije se generalno uspešno primenjuju već godinama unazad, u mnogim oblastima vezanim za hidrogeološku problematiku (menadžment kvaliteta podzemnih voda, upravljanje poplavama, kod sistema odbrane površinskih kopova od podzemnih voda, pri strateškom planiranju i razvoju vodne politike i slično). Problemi koji se razmatraju pomoću ovakvih, tradicionalnih metoda VKO, obično moraju biti precizno formulisani sa jasno definisanim kriterijumima i sistemima ograničenja. Međutim, problemi koji se javljaju u realnosti nisu uvek i do kraja jasno determinisani. To dalje znači da se često javljaju različite vrste neizvesnosti, koje se mogu odnositi i na ulazne podatke (npr. greške prilikom merenja) neophodne za donošenje odluka, kada se može javiti veliki uticaj subjektivnog faktora, zatim na nedovoljan broj podataka o određenoj pojavi i slično. U situacijama kada se suočava sa ovakvim ili sličnim izazovima, metode fuzzy optimizacije mogu predstavljati pogodno sredstvo za rešavanje istih. Naime, ovim metodama je moguće tretiranje i rešavanje onih problema koji imaju elemente neizvesnosti, nepreciznosti, nedovoljne jasnoće i slično. Navedeno implicira da fuzzy pristup razmatra i one pojave i događaje koji se ne mogu ili ne moraju opisati brojačno, već verbalno. Zbog toga je uveden pojam lingvističke promenljive, čije su dozvoljene vrednosti upravo jezičke. Prednost fuzzy pristupa sastoji se, dakle, u tome što se nestruktuirana heuristička tvrdnja (koja se opisuje lingvističkim izrazima) može prevesti u matematički algoritam. Ono što dalje razlikuje metode fuzzy optimizacije jeste to, što za razliku od klasičnih skupova kojima se koriste tradicionalne metode, fuzzy skup je bez oštih granica, odnosno prelaz između toga da li određena stavka pripada ili ne pripada istom je postepen. U hidrogeološkoj praksi, ova osobina je od izuzetne važnosti, jer je pomoću nje moguće izbeći isključivost sa kojom se inženjeri suočavaju onda kada moraju da opišu neku pojavu, ili neko njeno svojstvo u vidu matematičkog izraza, kako bi kreirali odgovarajući model. Kako bi se dakle rešio određeni problem, odnosno izabralo odgovarajuće alternativno rešenje pomoću metoda fuzzy optimizacije, neophodno je ispuniti dva zahteva: fuzzy modeliranje i fuzzy optimizaciju. Cilj fuzzy modeliranja jeste kreiranje odgovarajućeg modela zasnovanog na razumevanju samog problema kao i analiza fuzzy informacija koje će biti korišćene u toku ovog procesa. Fuzzy optimizacija sa druge strane, ima za cilj rešavanje fuzzy modela, „optimalno“ pomoću različitih metoda, na osnovu formulacije fuzzy informacija u smislu njihove (funkcije) pripadnosti određenom skupu. Generalno govoreći, ova dva zadatka predstavljaju međusobno odvojene procese, međutim u praksi se oni međusobno prožimaju.

Ovaj rad finansiran je po „Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2022. godini“, br. 451-03-68/2022-14/ 200126.

ADVANTAGES OF FUZZY OPTIMIZATION METHODS OVER CONVENTIONAL APPROACHES TO PROBLEM SOLVING RELATED TO PROTECTION AGAINST GROUNDWATER

Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia

E-mail: milica.stepanovic@rgf.rs

Key words: multicriteria optimization, fuzzy approach, linguistic variable, fuzzy modeling

Multicriteria optimization is a system that enables decision making about a certain problem for which there is a large number of possible solutions (alternatives). In order to evaluate an alternative and differentiate it from another, criteria (and subcriteria) have to be introduced. However, these criteria need to meet certain conditions (i.e. constraints). The end result is a compromise solution, which is a tradeoff between aspirations (criteria) and possibilities (constraints). Many methods have been used thus far in hydrogeological engineering, including AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, FUZZY VIKOR, and FAHP. It should be noted that none of these methods is superior by itself. The selection of the appropriate method will depend on multiple factors, such as the type of available data (or information inherent in the problem), priorities set by the decision maker, and requirements to be met. In general, conventional optimization methods have been used for years in many segments of hydrogeological engineering (e.g. groundwater quality management, flood management, protection of open-cast mines against groundwater, and strategic planning and policy making in the water sector). Problems considered by following conventional multicriteria optimization approaches usually have to be accurately formulated, with clearly identified criteria and constraints. However, real-life problems are not always fully and clearly defined. This means that there are often various uncertainties, which may also pertain to the input data necessary for decision making (e.g. measurement errors), where the subjective factor comes into play, as well as insufficient data about a certain phenomenon and the like. In situations that involve these or similar challenges, fuzzy optimization methods can be a convenient tool. Namely, such methods enable problems that include elements like uncertainty, imprecision and insufficient clarity to be addressed and solved. This implies that the fuzzy approach also considers phenomena and events that cannot or need not be described numerically, but verbally. So the linguistic variable concept was introduced, where permissible values are in fact linguistic. Therefore, the advantage of the fuzzy approach is that a non-structured heuristic statement (described by linguistic expressions) can be translated into a mathematical algorithm. Another difference of the fuzzy optimization method is that, compared to conventional sets used by traditional methods, a fuzzy set has no clear-cut boundaries. Whether a certain item belongs to a set or not is determined gradually. In hydrogeological engineering, this feature is extremely significant because it makes it possible to avoid the exclusiveness which engineers face when they have to describe a phenomenon or trait using a mathematical expression, in order to create a suitable model. Thus, to solve a problem or select an appropriate alternative through fuzzy optimization, two requirements need to be fulfilled – fuzzy modeling and fuzzy optimization. The objective of fuzzy modeling is the creation of an appropriate model based on the understanding of the problem itself, as well as analysis of the fuzzy information to be used in the process. On the other hand, the goal of fuzzy optimization is solving of the fuzzy model, “optimally” by using different methods, based on the formulation of the fuzzy information in terms of its set membership (function). Generally speaking, these two tasks are separate processes but they are intertwined in practice.

This paper has been financed by the „Contract on realisation and financing of scientific research of SRI in 2022“, Nr. 451-03-68/2022-14/ 200126