

Идентификација и значај критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

Identification and importance of criteria for soil erosion risk assessment

Тихомир Шошкић¹, Тијана Вулевић², Нада Драговић², Бошко Благојевић³

¹ Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

² Универзитет у Београду, Шумарски факултет

³ Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

e-mail: soskict@imsi.bg.ac.rs

Извод: У овом раду је указано на значај изучавања ерозије земљишта као најзаступљенијег вида деградације у нашој земљи, а посебно је истакнут значај моделирања ерозије земљишта применом методе вишекритеријумског одлучивања. У раду су анализирани улазни параметри емпиријских модела и идентификовани су најзначајнији фактори који доприносе појави и развоју ерозионих процеса. У те факторе се убрајају: топографија, педологија, геологија, структура земљишног покривача, клима и антропогене активности. Применом Best Worst методе вишекритеријумског одлучивања одређене су тежине (значај) ових критеријума на основу преференција једног експерата из области заштите од ерозије и уређења бујица. Према резултатима, највећу тежину има структура земљишног покривача, па антропогене активности, еродибилност земљишта, топографија, клима п најмањег значаја су геолошке карактеристике терена. Од посебног значаја би била имплементација овог модела у интеграцији са ГИС-ом у циљу просторног приказа површина угрожених ерозијом и дефинисања мера и радова у превенцији ерозије.

Кључне речи: критеријуми за процену ерозије, вишекритеријумско одлучивање, Best Worst метода

Abstract: In this paper, the importance of studying soil erosion as the most common form of degradation in our country is pointed out, and the importance of soil erosion modeling applying multi criteria decision analysis is highlighted. The paper analyzed the input parameters of empirical models and identified the most significant factors that contribute to the occurrence and development of erosion processes. These factors include: topography, pedology, geology, land cover structure, climate and anthropogenic activities. By applying the Best Worst multi-criteria decision-making method, the weights (importance) of these criteria were determined based on the preferences of one experts in the field of soil erosion protection and flood management. According to the results, land cover has the greatest weight, followed by the anthropogenic factor, soil erodibility, topography, climate, and with the least importance is geology. Of particular importance would be the implementation of this model in integration with GIS in order to spatially display surfaces threatened by erosion and define measures and works in the prevention of erosion. The paper presents a flowchart of multi-criteria analysis and GIS methodology application considering the proposed criteria.

Keywords: criteria for erosion assessment, multicriteria decision analysis, Best Worst method

УВОД

Земљиште је необновљив ресурс, који је у већој или мањој мери изложен деградационим процесима. Велики проблем представља и његово обнављање који у условима наше земље износи 0,1 mm годишње (Ristić et al., 2012). Деградација земљишта је резултат бројних природних процеса, као антропогених притисака на животну средину (урбанизација, крчење шума, интензивна обрада земљишта и др.) у циљу задовољена потреба становништва (Dragović, Vulević, 2021). Главни узроци деградације земљишта у Србији су перманентан губитак пољопривредног земљишта услед ширења насеља, индустријских, и рударских активности, ерозије земљишта, салинизације, хемијског загађења и компакције земљишта и др. (<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapcglclefindmkaj/https://www.setof.org/wp-content/uploads/2019/09/WP1.1-SERBIA-1.pdf>). Деградација директно утиче на прехранбену индустрију, биодиверзитет и климатске промене са чиме се доводи у питање опстанак и постојање људи на нашој планети (Белановић–Симић, 2022).

Ерозија је главни и један од најраспрострањенији облика деградације земљишта како у Србији тако и у читавој југоисточној Европи (Dragović, Vulević, 2021). Под ерозијом се подразумева одношење површинског слоја земљишта, чији је продукт ерозиони нанос који бистре водотоке претвара у мутне токове где је повећан ризик од изливања воде из корита (Kostadinov, 1996). Око 86% територије наше земље је угрожено ерозионим процесима (Kostadinov et al. 2018). У Србији су заступљене еолска ерозија и водна ерозија, у подручјима јужно од Саве и Дунава. Разни параметри (променљиви и непроменљиви) имају утицај на процес ерозије. Неки од најзначајнијих параметара су: рељеф, клима, хидролошки услови средине, осцилације подземних вода, геолошке и педолошке карактеристике подручја итд. (Половина, 2022). Поред набројаних природних фактора велики утицај има и антропогени фактор. Утицај антропогеног фактора на земљиште огледа се кроз процесе урбанизације и неадекватног коришћења дате површине и то најчешће конверзијом пољопривредног земљишта у грађевинско, неконтролисаном испашом и неодговарајућим техникама обраде. Овим процесима долази до интензивирања ерозије на читавој планети (Половина, 2022).

Постоје два начина процене интензитета ерозије земљишта: директно мерење, на нивоу поља или парцеле, као и процена на нивоу предела, слива или веће површине. Други начин подразумева моделирање ерозионих процеса. Са развојем ерозионих модела започело се 1930-их година 20. века. Модели се могу поделити на емпиријске, концептуалне и физички засноване моделе (De Vente, 2009). Научници на челу са Hajigholizadeh (2018) су предложили и формирање тзв. „хибридних“ модела који обједињују све наведене концепте. Одабир модела за конкретну намену подразумева разматрање следећих параметара као што су: потребан број улазних података, концептуални оквир применљивости модела, тачност и валидност модела, компоненте модела и др. (Hajigholizadeh et al., 2018). Према GASEMT бази података најзаступљенији модели су USLE, RUSLE, SWAT, WaTEM/SEDEM, MUSLE, WEPP, LISEM и др. (Borrelli et al. 2021). Поред наведених, широко примњу имају и модели вишекритеријумске анализе као што су AHP (Analytic Hierarchy Process), ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality), PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation) и WSM (Weighted Sum Method) (Вулевић, 2017). Најпримењиванија међу методама је АНП метода, која је коришћена за избор најпожељније стратегије управљања шумама (Kangas, 1994), за рангирање површина према опасности од сушења шума у зависности од нивоа воде (Nikolić Jokanović et al. 2020), за оцену погодности земљишта за инсталацију иригационих система (Blagojević et al. 2016), идентификацију ерозијом угрожених површина (Vulević et al. 2015, Вулевић, 2017) и др. Преглед примене метода вишекритеријумске анализе у области

коришћења и управљања земљиштем, као и процене његове деградације у последњих 15 година дали су Вулевић и Драговић (2022). Када говоримо о моделима, не можемо а да не споменемо Метод потенцијала ерозије (EPM - Erosion Potential Method) или још називан Метод професора Гавриловића, метод који представља емпиријску методу за процену губитка земљишта, ерозиону продукцију и пронос наноса у сливу. Метод је развијен на основу дугогодишњих теренских истраживања, осматрања и мерења, на бујичним сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Gavrilović, 1972).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Циљ овог рада је идентификација параметара који имају највећи утицај на појаву и развој ерозионих процеса, као и утврђивање њиховог значаја што би се могло применити за просторну идентификације површина које су најугроженије ерозионим процесима применом метода виšekритеријумске анализе у ГИС окружењу.

Одређивање тежине критеријума је од велике важности у процесу решавања проблема виšekритеријумског одлучивања У ту сврху се може користити велики број субјективних, објективних или метода које комбинују ова два наведена приступа.

Best-Worst метода

Best-Worst метода је метода виšekритеријумске анализе која се заснива на поређењу у паровима. Примена методе подразумева следеће кораке (Rezaei, 2016):

- 1) Одређивање скупа критеријума ($c_1, c_2, \dots, c_n$);
- 2) Дефинисање најбољег и најлошијег критеријума;
- 3) Упоредивање најбољег критеријума са осталим критеријумима. Резултат је вектор $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$, где је a_{Bj} оцена најбољег критеријума В у односу на критеријум ј.
- 4) Упоредивање најлошијег критеријума са осталим критеријумима. Резултат је вектор $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$, где је a_{jW} оцена критеријума ј у односу на најгори критеријум W.
- 5) Израчунавање оптималних тежина критеријума ($w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$).

Ако је дефинисан скуп од n критеријума, доносилац одлука се прво изјашњава који је критеријум из групе најбољи, а који је најлошији (Rezaei J, 2014). Затим помоћу скале у Табели 4 врши поређење најбољег и најлошијег критеријума са свим осталим критеријумима.

Табела 1. Сатијева скала за поређење у паровима (Saaty, 1980)

Table 1. Saaty's pairwise comparison scale (Saaty, 1980)

Нумерички еквиваленти	Дефиниција
1	Исти значај
3	Слаба доминантност
5	Јака доминантност
7	Врло јака доминантност
9	Апс. доминантност
2,4,6,8	Међувредности

Израчунавање тежина критеријума се врши помоћу линеарног оптимизационог метода описаног у Rezaei (2016):

$$\min \varepsilon$$

уз ограничења:

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \varepsilon, \text{ за свако } j$$

$$|w_j - a_{jw}w_w| \leq \varepsilon, \text{ за свако } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ за свако } j.$$

где је:

w_B, w_w, w_j	- тежина најбољег, најлошијег и j -тог критеријума;
a_{Bj}	-оцена значаја најбољег критеријума у односу на j -ти критеријум;
a_{jw}	-оцена значаја j -тог критеријума у односу на најлошији критеријум;
ε	-индикатор конзистентности поређења.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултати и дискусија се односе на два битна сегмента рада, а то су идентификација критеријума за процену ризика од ерозије земљишта и одређивање значаја критеријума за процену ризика од ерозије земљишта.

Идентификација критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

Дефинисање критеријума за процену ризика од ерозије земљишта је извршено анализом најзначајнијих емпиријских модела које се користе за процену ризика од ерозије (Табела 2). Одабране су емпиријски модели јер имају мање захтева за улазним подацима у односу на физичке и концептуалне моделе, као и због широке примене у свету и код нас.

Табела 2. Емпиријски модели за процену ризика од ерозије земљишта
Table 2. Empirical models for soil erosion risk assessment

Име модела	Акроним	Улазни параметри (критеријуми)	Референце
Universal Soil Loss Equation	USLE	- фактор еродибилности земљишта - фактор ерозивности падавина - топографски фактори - фактори управљања усецима	Wishmeier, Smith, 1978

Pacific Southwest Agency Committee	PSIAC	- геолошки фактор - климатски фактор - фактор коришћења земљишта - топографски фактор - фактор отицања - фактор покривености тла - фактор ерозије земљишта на нагибу - фактор ерозије канала и транспорт земљишта	PSIAC, 1968
Revised Universal Soil Loss Equation	RUSLE	- фактор ерозивне снаге кише - фактор еродибилности земљишта - топографски фактор - фактор вегетације и начина коришћења земљишта	Renard et al. 1991
Soil Loss Estimation Model for Southern Africa	SLEMSA	- фактор дужине нагиба - фактор еродибилности - фактор исцрпљености земљишта	Stocking, 1981
Метод потенцијала ерозије	EPM	- климатски фактор (падавине и температура) - геолошки фактор - педолошки фактор - топографски фактор - земљишни покривач - трагови ерозије	Gavrilović, 1972
Sediment Delivery Distributed	SEDD	- фактор коришћења земљишта - топографски фактор - фактор карактеристике тла - климатски фактор	Ferro, Porto, 2000
Geoland2	G2	- средњи годишњи губитак земљишта - топографски фактор - фактор ерозионе снаге кише - вегетациони фактор ретенције - фактор еродибилности земљишта - фактор ефекта предеоног обрасца	Karydas and Panagos 2012

Анализом модела и њихових улазних параметара, детерминисани су критеријуми који се могу користити за идентификацију и издвајање ерозијом угрожених подручја, и то:

- 1) топографија
- 2) еродибилност земљишта

- 3) геолошке карактеристике подручја
- 4) структура земљишног покривача
- 5) клима и
- 6) антропогене активности.

Топографија је критеријум који представља утицај рељефа на појаву ерозионих процеса. Један од примарних топографских карактеристика је нагиб и дужина падине, који утичу на брзину површинског отицања воде и еродираниог материјала. Остале значајне карактеристике су надморска висина, експозиција и закривљеност терена.

Геолошке карактеристике подручја се огледају у геолошкој грађи у којој учествују стене различите старости. Бројне врсте стена имају различит утицај пре свега на генезу земљишта, а касније и на његове особине, које су значајне за појаву и развој ерозионих процеса.

Еродибилност земљишта је осетљивост земљишта на ерозију и може се проценити анализом различитих параметара. Особине земљишта које имају највећи утицај на еродибилност су: текстура, структура, порозност, дубина земљишта, садржај органске материје и др. Земљишта која су грубље текстуре (нпр. песковита земљишта) су еродибилнија од земљишта финије текстуре (глиновито-иловаста земљишта).

Структура земљишног покривача се односи на покривеност површине земљишта вегетацијом, водом, урбаном инфраструктуром и др. Земљиште које је прекривено вегетацијом је много мање изложено ерозионим процесима него оно које је без вегетације (голо).

Најбитнији климатски фактори за процес ерозије су температура ваздуха и падавине. На подручју где су више средње годишње температуре ваздуха, при исти осталим условима (вегетација, падавине, тип земљишта), интензивнији су ерозиони процеси. Падавине су један од важних фактора за појаву и развој ерозионих процеса, при чему су од посебног значаја укупна годишња висина падавина и максималне дневне падавине као и њихова учесталост у току године.

Антропогене активности се односе на утицај човека кроз неконтролисану урбанизацију, интензивну пољопривредну производњу, крчење шума и др. што има негативан утицај на појаву и развој ерозионих процеса. Поред негативног утицаја, човек извођењем противерозионих радова и мера, поготово по принципу интегралног уређења слива, доприноси редукацији ерозионих процеса и бујичних поплава. Метода потенцијала ерозије је пример методе која узима у обзир примену противерозионих радова.

Одређивање значаја критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

Значај критеријума за процену ризика од ерозије земљишта је одређен применом Best Worst методе вишекритеријумског одлучивања применом excel солвера (BWM Solvers - Best Worst Method). Коришћена је линеарна верзија методе. Ова метода је изабрана јер број поређења у паровима знатно редукован у односу на АНР методу.

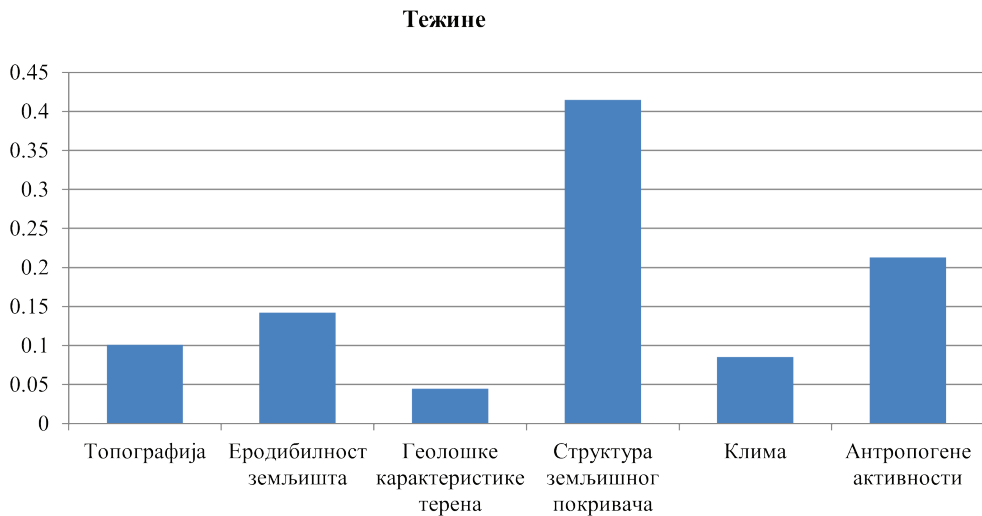
Изабрана су 6 критеријума за процену ризика од ерозије земљишта. У следећем кораку је одређен најбољи критеријум и најлошији критеријум. Најбољи критеријум је онај који има највећи утицај на појаву и развој ерозионих процеса, и за тај критеријум је изабрана структура начина коришћења земљишта. За најлошији критеријум, који има најмањи утицај на ерозионе процесе, изабране су геолошке карактеристике посматраног подручја, даље назване геологија.

У наредном кораку је извршено поређење најбољег и најлошијег критеријума са осталим критеријума уношењем преференција доносиоца одлука (Табела 3) које су дефинисане коришћењем Saaty-јеве скале дате у Табели 1.

Табела 3. Поређење најбољег и најлошијег критеријума са осталим критеријумима
Table 3. Comparison of the best and worst criteria with other criteria

Поређење најбољег критеријума са осталима		Поређење најлошијег критеријума са осталима	
Најбољи критеријум: C1	Преференција	Најлошији критеријум: C3	Преференција
C1	5	C1	2
C2	4	C2	2
C3	9	C3	1
C4	1	C4	9
C5	3	C5	3
C6	2	C6	5

C1 –топографија; C2- еродибилност земљишта; C3- геолошке карактеристике подручја; C4-структура земљишног покривача; C5-клима и C6-антропогене активности
Тежине критеријума су добијене на основу методологије описане у Поглављу Best Worst Method, помоћу солвера у excelу (BWM Solvers | Best Worst Method) и приказане су на Слици 1.



Слика 1. Тежине критеријума
Figure 1. Criteria weights

Анализом преференција доносиоца одлука (Табела 3) највећу тежину има структура земљишног покривача (0,414), затим следе антропогене активности (0,213), еродибилност земљишта (0,142), клима (0,085), топографија (0,1000) и са најмањим значајем су геолошке карактеристике терена (0,045). Променом преференција, која би уследила променом доносиоца одлука, промениле би се и тежине критеријума. Из тог разлога је значајно добро проучити конкретно подручје истраживања и за поређења у паровима затражити мишљене већег броја екперата из области заштите од ерозије.

У раду Vulević et al. (2015) разматрана су три критеријума и њихов утицај на ерозију земљишта, где је начин коришћења земљишта такође најзначајнији критеријум (0,714), након чега следе тип земљишта и нагиб терена који су подједнаког значаја (0,143). Геолошке карактеристике терена су критеријум који и у другим радовима има најмањи значај (Aslam et al. 2021).

Оно што је предност Best Worst методе је мањи број поређења у паровима у односу на АНР методу, али је недостатак то што не дозвољава да се два или већи број критеријума извоје као најбољи или најгори. Односно, метода не дозвољава да два или више критеријума имају исту тежину. Такође, примењена верзија методе није применљива за групно одлучивање разматрањем преференција већег броја доносиоца одлука. За то је развијена посебна верзија методе.

Код нас је ова метода коришћена за решавање проблема у области водопривреде (Srđević et al, 2019), али је у овом раду први пут примењена у области заштите земљишних и водних ресурса од ерозије. Препорука је да се дефинисани и отежани критеријуми (уз проверу тежина критеријума укључењем већег броја доносилаца одлука) примене за идентификацију ерозијом угрожених површина применом неке од метода вишекритеријумске анализе у ГИС окружењу.

ЗАКЉУЧАК

Водна ерозија је најзаступљенији вид деградације у нашој земљи. За идентификацију ерозијом угрожених површина и процену губитака земљишта могу се користити бројни емпиријски, физички и концептуални модели. Модели су развијени за одређена подручја и разликују се по комплексности и захтевима за улазним параметрима. Поред наведених модела, на располагању су статистичке методе и методе вишекритеријумског одлучивања.

У раду су идентификовани улазни параметри емпиријских модела и одабрани су следећи критеријуми: топографија, еродибилност земљишта, геолошке карактеристике терена, структура земљишног покривача, клима и антропогене активности. Одређене су тежине ових критеријума на основу преференција једног стручњака из области ерозије и превенције бујичних поплава, применом Best Worst методе. Највећу тежину има структура земљишног покривача, затим следе антропогене активности, еродибилност земљишта, клима, топографија и са најмањим значајем су геолошке карактеристике терена. Променом преференција, која би уследила променом доносиоца одлука, промениле би се и тежине критеријума. Из тог разлога је значајно добро проучити конкретно подручје истраживања и за поређења у паровима затражити мишљене већег броја екперата из области заштите од ерозије. Овако отежани критеријуми би се могли користити за идентификацију ерозијом угрожених површина применом метода вишекритеријумске анализе у ГИС окружењу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aslam B., Maqsoom A., Alaloul W.S., Musarat M.A., Jabbar T., Zafar A. (2021): Soil erosion susceptibility mapping using a GIS-based multi-criteria decision approach: Case of district Chitral, Pakistan.
2. Blagojević, B., Srdjevic, Z., Bezdan, A., Srdjevic, B. (2016): Group decision making in land evaluation for irrigation: A Case study from Serbia. *Journal of Hydroinformatics* 18(3), 579–598.
3. Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., et all. (2021): Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of The Total Environment*, Volume 780, 146494.
4. De Vente J. (2009): Soil Erosion and Sediment Yield in Mediterranean Geoecosystems - Scale issues, modelling and understanding. PhD Thesis, ISBN 978-90-8649-233-6 Faculteit Wetenschappen, Geel Huis, Kasteelpark Arenberg 11, 3001.
5. Dragović, N., Vulević, T. (2020): Soil Degradation Processes, Causes, and Assessment Approaches. In: *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals-Life of Land* (Eds. L. Filho, A.M. Azul, L. Brandli, A.L. Salvia T. Wall), Springer Nature Switzerland.
6. Ferro V., Porto P. (2000): Sediment Delivery Distributed (SEDD) Model. *J. Hydrol. Eng.* 2000, 5, 411–422.
7. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Izgradnja, Specijalno izdanje, Beograd.
8. Hajigholizadeh M., Melesse A.M., Fuentes H.R. (2018): Erosion and Sediment Transport Modelling in Shallow Waters: A Review on Approaches, Models and Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (3), 518.
9. Kangas, J. (1994): An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest Ecology and Management* 70, 75–88.
10. Karydas C.G., Panagos, P. (2012): The G2 erosion model: An algorithm for month-time step assessments, *Environmental Research*, 161. 256-267.
11. Kostadinov, S. (1996): Bujični tokovi i erozija. Beograd.
12. Kostadinov, S., Braunović, S., Dragičević, S., Zlatić, M., Dragović, N., Rakonjac, N. (2018): Effects of Erosion Control Works: Case Study—Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia). *Water*, 10(8), 109.
13. Nikolić Jokanović, V., Vulević, T., Lazarević, K. (2020): Risk assessment of forest decline by application of geostatistics and multi-criteria analysis. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 68, 2020, 3, 285–292.
14. PSIAC-Pacific Southwest Inter-Agency Committee (1968): Report „Factors Affecting Sediment Yield and Measures for the Reduction of Erosion and Sediment Yield”. Pacific Southwest Inter-Agency Committee.
15. Renard, K.G., Foster G.R., Weesies G.A, Porter, J.P.(1991): RUSLE: Revised universal soil loss equation *Journal of Soil and Water Conservation* January 1991, 46 (1) 30-33.
16. Rezaei J., (2014): Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method. Faculty of Technology Policy and Management, Delft University of Technology Delft, The Netherlands
17. Rezaei, J. (2016): Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130.
18. Ristić R., Kostadinov S., Abolmasov B., Dragičević S., Trivan G., Radić B., Trifunović M., Radosavljević Z. (2012): Torrential floods and town and country planning in Serbia, *Natural Hazards and Earth System Sciences* (ISSN: 1561-8633), No. 1, Vol. 12, pg. 23-35 (DOI: 10.5194/nhess-12-23-2012).

19. Saaty T.L. (1980): *The Analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
20. Srđević Z., Srđević B., Bubulj S., Ilić M. (2019): *Primenljivost i efikasnost Best- Worst metoda pri donošenju odluka u vodoprivredi*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad.
21. Vulević, T., Dragovic, N., Kostadinov, S., Belanovic Simic, S., Milovanovic, I. (2015): *Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas Using Multi-Criteria Decision Analysis Methods*. Polish Journal of Environmental Studies 24 (1), 317–323.
22. Wischmeier W.H, Smith D.D (1978): *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537, 285–291. <http://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>.
23. Белановић – Симић С. (2022): *Процена деградације земљишта – методе и модели*. Комисија за земљиште и животну средину, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
24. Вулевић Т. (2017): *Вишекритеријумско одлучивање у функцији конзервације земљишних и водних ресурса брдско-планинских подручја централне Србије*. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
25. Вулевић, Т., Драговић, Н. (2022): *Примена метода вишекритеријумског одлучивања у процени деградације земљишта*. У: *Процена деградације земљишта – методе и модели* (уредник Снежана Белановић Симић), Универзитет у Београду Шумарски факултет, Српско друштво за проучавање земљишта, Комисија за земљиште и животну средину, 116-145, Београд 2022.
26. Половина С. (2022): *Компарација метода за квантификацију интензитета ерозионих процеса – студија случаја подручја генералног плана Београда*. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
27. Gavrilović, S. (1972): *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Izgradnja, Specijalno izdanje, Beograd.