

Originalni članak

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17534515>

KVANTITATIVNI MODEL ZA OPTIMIZACIJU PORTFOLIJA PROJEKATA KONTINUALNOG UNAPREĐENJA

QUANTITATIVE MODEL FOR PORTFOLIO OPTIMIZATION OF CONTINUOUS IMPROVEMENT PROJECT

MILENA GATIĆ¹, BISERA ANDRIĆ GUŠAVAC², BARBARA SIMEUNOVIĆ³, DRAGANA STOJANOVIĆ⁴

¹ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, milena.gatic@fon.bg.ac.rs,  0000-0002-7018-3370

² Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, bisera.andric.gusavac@fon.bg.ac.rs,  0000-0001-9438-5906

³ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, barbara.simeunovic@fon.bg.ac.rs,  0000-0003-1485-4552

⁴ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, dragana.stojanovic@fon.bg.ac.rs,  0000-0001-7381-9891

Rezime: Kontinualno unapređenje predstavlja značajan faktor u omogućavanju dugoročne konkurentnosti organizacije, ali izbor i prioritizacija projekata mogu biti izazovni zbog ograničenih resursa i različitih ciljeva projekata. U ovom radu razvijen je model za optimizaciju portfolija projekata kontinualnog unapređenja u organizacijama imajući u vidu razlike među kriterijumima koje se posmatraju prilikom donošenja odluka vezanih za različite tipove projekata. Kako bi se odredio značaj određenih kriterijuma korišćen je AHP. Model je testiran simulacijom u logističkoj industriji, gde je demonstrirana njegova primenljivost u realnim uslovima. Predloženi pristup omogućava bolje donošenje odluka u vezi sa inicijativama kontinualnog unapređivanja.

Cljučne reči: Kontinualno unapređivanje, Matematički model, Portfolio projekata.

Abstract: Continuous improvement is a significant factor in enabling long-term organizational competitiveness, but the selection and prioritization of continuous projects initiatives (projects) can be challenging due to limited resources and different project objectives. The paper proposes a model aimed at optimizing continuous improvement project portfolios in organizations, taking into account the differences in the criteria used for evaluating and selecting various types of projects. The AHP method was used to determine the importance of specific criteria. The model was tested through a simulation in the logistics industry, demonstrating its applicability in real-world conditions. The proposed approach enables better decision-making regarding continuous improvement initiatives.

Keywords: Continuous improvement, Mathematical model, Project portfolio.

1. UVOD

Kontinualno unapređivanje (KU) poslovanja predstavlja ključni preduslov za uspešno i održivo poslovanje u savremenim uslovima tržišne konkurencije (Scavarda et al., 2025). Iako je značaj KU široko prepoznat, mnoge organizacije se i dalje muče sa doslednom i sistematskom primenom KU inicijativa (Scavarda et al., 2025). U svakodnevnim obavezama, uz ograničene resurse i prioritete koji se stalno menjaju, često je teško pronaći prostor za aktivnosti koje ne donose brze rezultate, ali su od suštinskog značaja za održivi razvoj organizacija.

Jedan od ključnih preduslova za uspešnu implementaciju KU inicijativa jeste uključivanje zaposlenih, kao i sprovođenje inicijativa u svim delovima organizacije (Brajer-Marczak, 2014). Istovremeno je važno održavati uravnotežen portfolio projekata kontinualnog unapređenja, koji je retkost, a podrazumeva fokus na unapređenje svih aspekata poslovanja (Kornfeld & Kara, 2011). Organizacije se svakodnevno suočavaju sa različitim izazovima i prilikama, koje se razlikuju po veličini, značaju, trajanju i strateškoj vrednosti. Ako se svi naponi usmere samo na jedan cilj, recimo, smanjenje troškova, postoji rizik da se zanemare podjednako važna pitanja kao što su kvalitet, bezbednost, ekološka održivost ili zadovoljstvo korisnika. Zbog toga je neophodno da se prilikom izbora projekata obezbedi ravnoteža između kratkoročnih rezultata i dugoročnih ulaganja, kao i između tehničkih poboljšanja i promene organizacione kulture.

Jedan od izazova u ovom procesu jeste izbor i rangiranje KU projekata koje treba realizovati. Organizacije se često suočavaju sa velikim brojem predloga koji se razlikuju po obimu, potencijalnim efektima, potrebnim resursima i realnim mogućnostima za sprovođenje. Dodatnu složenost unosi i činjenica da odluka mora da uzme u obzir različite kriterijume, od troškova i kvaliteta, do usklađenosti sa strategijom, angažovanja zaposlenih i potencijalnih rizika.

Do sada su razvijene različite metode kako bi se pomoglo u rešavanju ovih ili sličnih problema. Autori su koristili AHP (Shaygan & Testik, 2019), DEA (Yu et al., 2022), radili su analizu koristi i napora (Chakravorty, 2012) ili se bavili modelovanjem šireg procesa odlučivanja (Salah, 2015). Iako su ovi pristupi doprineli razvoju oblasti, često im nedostaje fleksibilnost da obuhvate sve vrste projekata u različitim organizacionim jedinicama, ili ne omogućavaju objedinjeno odlučivanje u okviru jedinstvenog, optimizovanog sistema.

Zbog toga ovaj rad predlaže matematički model za izbor i prioritizaciju projekata kontinualnog unapređenja, koji se može primeniti u različitim delovima organizacije i na različite kategorije projekata. Za razliku od sličnih modela (Aqlan & Al-Fandi, 2018; Kral et al., 2019), model omogućava izbor optimalnog skupa projekata koji donose najveći ukupan benefit organizaciji, uzimajući u obzir razlike u prirodi samih projekata a samim tim i različite ciljeve koji se projektima ostvaruju. Kako bi se ilustrovala i potvrdila primenljivost modela u realnim uslovima, on je praktično testiran na projektima kompanije koja posluje u logističkom sektoru.

2. METODOLOGIJA

Razvijen je model celobrojnog programiranja čiji je cilj maksimizacija ukupne koristi (benefita) odabranih projekata, u okviru definisanih ograničenja i kriterijuma ocenjivanja.

2.1. Matematički model

Neka je:

N – Skup svih projekata koje je moguće realizovati

I – skup tipova projekata označenih sa i

J – skup odeljenja označenih sa j

P_{ij} – skup projekata tipa i koji se realizuju u odeljenju j

N^{mp} – skup obaveznih projekata, $N^{\text{mp}} \subseteq N$

N^{mx} – skup međusobno isključivih projekata, $N^{\text{mx}} \subset N \times N$

B – raspoloživi budžet za realizaciju projekata

C_{ij} – ukupan trošak projekta tipa i koji se realizuje u odeljenju j

x_{ij} – binarna promenljiva koja označava da li je projekat tipa i u odeljenju j izabran:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ako je projekat iz tipa } i \text{ i dodeljen odeljenju } j \\ 0 & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

b_{ij} – benefit projekta tipa i koji se realizuje u odeljenju j

Onda je funkcija cilja maksimizacije ukupnog benefita:

$$\max f(x) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \leq B \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1, \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \geq 1, \forall j \in J \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \forall i \in N^{mp} \quad (5)$$

$$x_i + x_j \leq 1, \forall (i, j) \in N^{mx} \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, j \in J \quad (7)$$

Prvo ograničenje (2) obezbeđuje da ukupni troškovi svih projekata ne prevazilaze budžet za KU inicijative koji definiše kompanija. Kako bi se obezbedila raznovrsnost tipova unapređenja u portfoliju, neophodno je da svaki tip projekta mora biti dodeljen bar jednom odeljenju (3). Takođe se zahteva da svako odeljenje implementira makar jedan projekat, čime se osigurava uključivanje svih delova organizacije u procese unapređivanja, što se obezbeđuje ograničenjem (4). Obavezni projekti, identifikovani kao strateški važni, moraju nužno biti uključeni u konačan izbor, što se obezbeđuje uvođenjem ograničenja koje garantuje njihovu selekciju (5). Zbog operativnih i resursnih preklapanja, pojedini projekti se međusobno isključuju, te se osiguranjem (6) osigurava da u takvim parovima može biti izabran najviše jedan projekat. Kako bi se omogućilo binarno odlučivanje (projekat je izabran ili nije) svaka promenljiva u modelu može poprimiti samo vrednosti 0 ili 1, što označava da li je odgovarajući projekat izabran ili ne (7).

2.2. Modeliranje benefita

Svaki projekat se ocenjuje na osnovu kriterijuma specifičnih za njegov tip:

$$b_{ij} = \sum_{k \in P_i} w_k \cdot s_{ijk} \quad (8)$$

gde su:

P_i – skup kriterijuma relevantnih za tip projekata i ,

w_k – težina kriterijuma k za tip projekta i

s_{ijk} – ocena projekta i u odeljenju j prema kriterijumu k

Projekti kontinualnog unapređivanja nisu nužno iste prirode i ciljevi im mogu biti veoma različiti. Na primer, projekat usmeren na smanjenje troškova ili povećanje produktivnosti ima drugačiju logiku, metriku uspeha i način vrednovanja u odnosu na projekat čiji je cilj poboljšanje bezbednosti na radu ili smanjenje količine otpada. Zbog ovih razlika, kriterijumi za ocenjivanje projekata ne mogu biti uniformno primenjeni na sve tipove projekata na isti način. Projekti imaju različite prioritete, rizike i očekivane koristi, pa se i njihova vrednost mora sagledavati u odgovarajućem kontekstu.

Zato je neophodno razviti univerzalnu skalu ocenjivanja tj. skup standardnih kriterijuma koji će se primenjivati na sve projekte. Međutim, kako bi se obezbedila pravičnost i relevantnost ocene, za svaki konkretan projekat se ocene po tim kriterijumima moraju ponderisati, odnosno prilagoditi značaju koji svaki kriterijum ima u kontekstu tog specifičnog projekta. Na taj način omogućava se uporedivost projekata, ali i preciznije i pravednije odlučivanje pri izboru i prioritizaciji.

Svaka organizacija treba sama da definiše relevantne kriterijume a potom i njihove težine primenom AHP metode, na osnovu svojih prioriteta i strategije. Skale za ocenjivanje kriterijuma treba formirati na osnovu logike koju primenjuju donosioci odluka, kako bi se ocene temeljile na realnim, istorijskim podacima i osigurala objektivnost u vrednovanju projekata.

3. REZULTATI

Da bi se demonstrirala primenljivost predloženog modela, razvijena je studija slučaja koja obuhvata logističku, špeditersku, kompaniju sastavljenu od pet odeljenja u kojoj je prepoznato osam tipova projekata kontinualnog unapređenja. Iako je slučaj ilustrativnog karaktera, i koristi kao simulacija za potrebe validacije modela, on odražava realnu organizacionu strukturu i raznovrsnost projekata tipičnu za preduzeća iz logističke industrije.

Studija slučaja je razvijena u saradnji sa pet eksperata iz industrije sa dugogodišnjim iskustvom u realizaciji projekata kontinualnog unapređenja u oblasti logistike. Njihovo iskustvo doprinelo je realističnosti prikazanog primera jer su eksperti učestvovali u definisanju potencijalnih projekata, formiranju evaluacionih kriterijuma, određivanju njihovih težina za različite tipove projekata primenom AHP metode, kao i u kreiranju skale ocena kriterijuma.

3.1. Studija slučaja

Kompanija sastoji se od sledećih odeljenja: Skladištenje, Unutrašnji transport, Međunarodni transport, Carina i Administracija. Svako odeljenje je predložilo potencijalne projekte, koji su svrstani u 8 različitih tipova projekata:

- Povećanje kapaciteta (Kapacitet)
- Poboljšanje efikasnosti (Efikasnost)
- Smanjenje troškova (Troškovi)
- Poboljšanje kvaliteta (Kvalitet)
- Povećanje bezbednosti na radu (Bezbednost)
- Poboljšanje korisničkog iskustva (K. iskustvo)
- Smanjenje otpada (Otpad)
- Smanjenje CO₂ emisija (Emisije)

Ukupno 42 projekata je uključeno u simulaciju. Svaki projekat pripada jednom od navedenih osam tipova i povezan je sa konkretnim odeljenjem.

3.2. Težine kriterijuma i ocenjivanje

Prethodno pomenuti eksperti su se prvo usaglasili oko kriterijuma koje treba posmatrati prilikom analize svakog projekta. Zaključeno je da je neophodno posmatrati: Početnu investiciju (PI), operativne troškove (OT) na godišnjem nivou, Ostvarene prihode, uštede ili izbegnute troškove (PUT), Povrat investicije (ROI), smanjenje otpada u tonama (OTP), smanjenje CO₂ emisija u tonama (EM), bezbednost na radu meren brojem predupređenih incidenata (BZR) i kvalitet izražen u ceni lošeg kvaliteta (*cost of poor quality*) koji je izbegnut (KV).

Kako se različiti projekti posmatraju iz različitih perspektiva određene su Težine kriterijuma primenom AHP metode (Tabela 1).

Tabela 1: Težine kriterijuma

Tip projekta	Težine kriterijuma [%]							
	PI	OT	PUT	ROI	OTP	EM	BZR	KV
Bezbednost	8	6	10	8	4	8	46	10
Emisije	4	8	10	8	16	31	14	10
Efikasnost	6	11	22	12	5	9	18	18
Kapaciteti	7	7	19	18	4	8	20	17
K. iskustvo	7	8	18	10	4	8	16	30
Kvalitet	7	7	15	8	8	7	14	34
Otpad	4	7	11	7	26	19	16	10
Troškovi	7	14	26	13	5	6	15	13

Kako bi se utvrdila skala ocenjivanja za svaki izabrani kriterijum, donosiocima odluka su postavljena kontrolisana pitanja u vezi sa vrednovanjem različitih kriterijuma (npr. za troškove: Kojom ocenom bi se

ocenili projekat čiji su operativni troškovi 50 €, 1000€, 200 €, 800,000 €), kako bi se prikupila njihova percepcija vrednosti u okviru konteksta projekta. Na osnovu odgovora donosioca odluka, ocene za različite vrednosti su uprosečene i korišćene za izgradnju matematičke funkcije koja aproksimira njihovu percepciju vrednosti. Rezultujuće funkcije su prikazane u Tabeli 2. Ova funkcija omogućava transformaciju bilo koje numeričke vrednosti (npr. uštede, troška ili investicije) u objektivnu, kontinuiranu ocenu, u skladu sa stavovima i iskustvom eksperata.

Tabela 2: Funkcije ocena

	Ocena kriterijuma							
	PI	OT	PUT	ROI	OT	EM	BZR	KV
$F(x)=$	$0.884\ln(x) + 14.401$	$0.956\ln(x) + 14.631$	$0.8553\ln(x) - 2.7868$	$2.2361\ln(x) - 2.4667$	$0.9786\ln(x) + 4.398$	$0.9353\ln(x) - 2.6307$	$1.2446\ln(x) + 3.4506$	$1.4211\ln(x) - 7.4993$

3.3. Izabrani portfolio

Na osnovu predstavljenih težina i skaliranih ocena, izračunate su vrednosti koristi (b_{ij}) za svaki od 42 predložena projekta. Problem je modelovan u *Microsoft Excel*-u, na osnovu prikazanog matematičkog modela i do rešenja se došlo korišćenjem *Microsoft Excel Solver-a* kroz celobrojno programiranje.

Ključna ograničenja modela uključivala su:

- Budžet od 150.000 evra godišnje;
- Svako odeljenje mora implementirati najmanje jedan projekat;
- Svaki tip projekta mora biti zastupljen najmanje jednom;
- Dva projekta su definisani kao međusobno isključivi (zbog istih resursa koje koriste).

Od ukupno 42 prijavljena projekta, na osnovu modela je selektovano 11 koji maksimizuju ukupan benefit, uz poštovanje svih postavljenih ograničenja. Tabela 3 prikazuje konfiguraciju izabranih projekata po odeljenjima i tipovima projekata. Vrednost „1“ označava da je projekat odgovarajućeg tipa izabran za dato odeljenje.

Tabela 3: Izabrani projekti

Odeljenje:	Tip projekta:							
	Kapacitet	Efikasnost	Troškovi	Kvalitet	Bezbednost	K. iskustvo	Emisije	Otpad
Skladištenje	0	0	1	1	0	0	0	1
Unutrašnji transport	0	0	0	0	0	0	0	1
Internacionalni transport	0	0	0	0	1	1	0	0
Carina	0	0	1	0	0	0	0	0
Prodaja	0	1	0	0	0	0	1	0
Administracija	1	0	0	0	0	0	0	1

Najviše projekata je izabrano za realizaciju u odeljenju Skladištenja, a ukupno bi trebalo realizovati čak tri projekta smanjenja otpada. Ukupan budžet za projekte nije iskorišćen u celosti, i iznosi 136.902 evra. Jedini projekat povećanja kapaciteta bi trebalo realizovati u Administraciji. Do ovakvog izbora je došlo usled niskih troškova realizacije projekta (koji su u ostalim odeljenjima značajno skuplji) i posledičnog velikog povrata investicije. Slična situacija se dogodila i kod projekta povećanja efikasnosti. Kako je jedna od ideja projekata kontinualnog unapređenja korišćenje što manje resursa, zanimljivo je primetiti da ukoliko bi se budžet prepolovio (na 75.000 evra), realizacija projekata pod ovim uslovima ne bi bila moguća. Sa druge strane, ukoliko bi se budžet smanjio na 100.000 evra realizovao bi se jedan manje projekat, a njihova distribucija bi se značajno promenila. Administracija bi realizovala najviše projekata, a samo u prodaji bi se realizovao isti projekat koji je izabran i u prvoj iteraciji.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je kvantitativni model celobrojnog programiranja za prioritizaciju projekata kontinualnog unapređivanja. Model je zasnovan na maksimizaciji ukupnog benefita projekata. Kako bi se

modelovao benefit kreirana je univerzalna skala ocena za relevantne kriterijume i primenjena je AHP metoda za određivanje težina istih kriterijuma. Iako je skala univerzalna, težine kriterijuma se razlikuju od tipa projekta do tipa projekta kako bi se u obzir uzele razlike među tipovima projekata kontinualnog unapređenja.

Model omogućava strukturisano i transparentno odlučivanje prilikom izbora portfolija projekata, uz uvažavanje organizacionih ograničenja i različitih tipova inicijativa. Kroz ilustrativni primer u logistici pokazana je njegova primenljivost u kompleksnim organizacionim strukturama. Krajnji portfolio obuhvata sve odeljenske i kategorijske zahteve, maksimizujući ukupnu korist uz ograničene resurse.

Za razliku od prethodnih pristupa koji tretiraju prioritizaciju KU projekata izolovano ili u uskim kontekstima, ovaj model nudi fleksibilan i skalabilan okvir primenjiv u različitim organizacionim okruženjima. Skale, kriterijume i težine kriterijuma svaka organizacija treba da definiše sama za sebe, što čini model prilagodljivim i pogodnim za bilo koje kompanije koje žele da institucionalizuju lin prakse i integrišu kontinualno unapređenje u sva područja poslovanja. U narednim istraživanjima bi se mogli porediti rezultati dobijeni predloženom metodom i drugim poznatim metodama. Na ovaj način bi se omogućilo prepoznavanje najboljeg modela za rešavanje definisanog problema.

Pored toga, potrebno je prepoznati i ograničenja istraživanja i samog modela. Model je testiran samo na simuliranom primeru logističke kompanije. Uprkos nastojanju da se uz pomoć industrijskih eksperata kreira realna studija slučaja, postoji mogućnost da nije oslikano činjenično stanje u kompanijama ove industrije. Pored toga, model ne uzima u obzir konflikte ili sinergiju između projekata (osim međusobnog isključivanja) dok u praksi, određene inicijative mogu pojačati ili ometati uticaj drugih. Matematički model u ograničenjima nije obuhvatio ljudske resurse koji bi trebalo da realizuju projekte. Upravo u ovim ograničenjima leže dodatni pravci budućih istraživanja. Potrebno je testirati ga na realnoj studiji slučaja i proširiti model tako da zaposleni koji sprovode ili upravljaju projektima budu uključeni.

Uprkos ovim ograničenjima, predloženi model predstavlja osnovu za strukturirano odlučivanje u procesu više kriterijumskog odlučivanja izbora portfolija KU inicijativa. Buduća unapređenja treba da teže ka uključivanju dinamičnih i interaktivnih elemenata, kako bi se bolje odrazila kompleksnost stvarnog organizacionog konteksta.

LITERATURA

- Aqlan, F., & Al-Fandi, L. (2018). Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, 196, 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.004>
- Brajer-Marczak, R. (2014). Employee engagement in continuous improvement of processes. *Management*, 18(2), 88–103. <https://doi.org/10.2478/manment-2014-0044>
- Chakravorty, S. S. (2012). Prioritizing Improvement Projects: Benefit & Effort (B&E) Analysis. *Quality Management Journal*, 19(1), 24–33. <https://doi.org/10.1080/10686967.2012.11918525>
- Kornfeld, B. J., & Kara, S. (2011). Project portfolio selection in continuous improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(10), 1071–1088. <https://doi.org/10.1108/01443571111172435>
- Kral, P., Valjaskova, V., & Janoskova, K. (2019). Quantitative approach to project portfolio management: Proposal for Slovak companies. *Oeconomia Copernicana*, 10(4), 797–814. <https://doi.org/10.24136/oc.2019.036>
- Salah, S. (2015). A project selection, prioritisation and classification approach for organisations managing continuous improvement (CI). *International Journal of Project Organisation and Management*, 7(1), 98. <https://doi.org/10.1504/IJPOM.2015.068006>
- Scavarda, L. F., Ceryno, P., Azevedo, T., & Goyannes Gusmão Caiado, R. (2025). A business process management lifecycle framework for continuous improvement towards operational excellence: Lessons learned from a longitudinal study in a Brazilian organisation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 16(2), 296–327. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2023-0218>
- Shaygan, A., & Testik, Ö. M. (2019). A fuzzy AHP-based methodology for project prioritization and selection. *Soft Computing*, 23(4), 1309–1319. <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2851-9>
- Yu, P., Yoo, B. Y., & Lee, J. H. (2022). A DEA-based comprehensive benchmarking approach for implementing continuous improvement. *Business Process Management Journal*, 28(3), 740–764. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2021-0368>