

IZBOR OPTIMALNE GRUPE MAŠINA ZA ZEMLJANE RADOVE

SELECTION OF THE OPTIMAL GROUP OF THE GROUNDWORK MACHINES

Marija Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je razmatran izbor optimalne grupe mašina za zemljane radove. Analiza je sprovedena na stambeno-poslovnim objektu u Ulcinju. Primenom višekriterijumske optimizacije, od četiri kombinacije mašina, izabrana je optimalna.

Ključne reči: *Kombinacija mašina, kriterijumi, višekriterijumska optimizacija*

Abstract – *This paper analysis selection of the optimal group of groundwork machines. The analysis is carried out on residential and commercial building in Ulcinj. Applying multi-criteria optimization, from four combinations of machines, optimal combination is selected.*

Keywords: *combinations of machines, criteria, multi-criteria optimization*

1. UVOD

Građevinarstvo je jedna od najstarijih i najznačajnijih grana tehnike kojom ljudi od prirodnih ili veštačkih materijala sastavljaju nove tvorevine povezane s tlom. Svaka novo-gradnja, kako u visokogradnji, tako i u niskogradnji započinje sa zemljanim radovima u tlu ili steni. U oba navedena područja izvođenja zemljanih radova je najvećim delom mehanizovana, dok je udeo ljudskog rada relativno mali.

Predmet ovog rada jeste izbor mašina za zemljane radove za potrebe izgradnje objekta na katastarskoj parceli UP101 KO Ulcinj, sa ciljem da se predstavi kompletan postupak izbora i tok odlučivanja.

Na osnovu raspoloživosti mehanizacije posmatrane građevinske firme metodom analize i sinteze formirane su četiri kombinacije mašina za obavljanje neophodnih zemljanih radova. Zatim, na osnovu postavljenih kriterijuma (pokazatelj praktičnog učinka (vreme potrebno za skidanje humusa i iskop zemlje), cena časa rada i pouzdanost u odnosu na starost mašina) primenom višekriterijumske optimizacije vrednovane su iste i izabrana optimalna kombinacija.

2. MEHANIZACIJA ZA ZEMLJANE RADOVE

Savremena organizacija građenja, a posebno zemljani radovi, izvode se uz najveću moguću primenu mašinskog rada. Mašine koje se koriste za zemljane radove mogu se podeliti u tri grupe:

- mašine za iskop i/ili utovar zemljanih materijala;
- mašine za sabijanje zemljanih materijala i
- mašine za transport zemljanih materijala.

Mašine za iskop i/ili utovar zemljanih materijala obavljaju iskop, utovar, transport, istovar, razastiranje i planiranje materijala. U ovu grupu mašina spadaju: dozeri, bageri, skreperi, grejderi i utovarivači.

Mašine za utovar – utovarivači se koriste za utovar iskopanog materijala u transportna sredstva, ali i za iskop ukoliko se radi o rastresitom materijalu.

Sabijanje zemljanog materijala radi se radi postizanja projektovane čvrstoće i veće kompaktnosti od one koju je materijal imao pre kopanja. Tlo se može zbijati valjanjem i sabijanjem. Mašine za zbijanje tla mogu se podeliti na:

- mašine za zbijanje sa statičkim dejstvom i
- mašine za zbijanje sa dinamičkim dejstvom.

Mašine za transport materijala se koriste za transport iskopanog materijala na gradilištu ili odvoz van gradilišta, kao i dovoz zemlje, šljunka i drugih materijala za potrebe nasipa. Najveću primenu imaju kamioni, ali se koriste i traktori sa prikolicama i tegljači sa poluprikolicama.

3. PRIMER – OPIS OBJEKTA

Analiza za izbor optimalne grupe mašina za zemljane radove sprovedena je na stambeno-poslovnim objektu spratnosti Po+P+4+Pk, koji se nalazi u Ulcinju na katastarskoj parceli UP101 KO Ulcinj, površine 1001m². U pitanju je slobodnostojeći objekat, nepravilne osnove i zatvorenog tipa. Za potrebe izgradnje objekta potrebno je obaviti sledeće operacije zemljanih radova:

- skidanje humusa;
- iskop zemlje;
- utova zemlje;
- transport zemlje;
- nasipanje i
- nabijanje zemlje.

Skidanje humusa se vrši u sloju od 30cm i skinuti humus se skladišti na privremenu deponiju koja se nalazi na susednoj parceli. Iskop zemlje III kategorije vrši se mašinski i deo iskopane zemlje odvozi se na privremenu deponiju i koristi se, kasnije, za nasipanje, dok se višak zemlje odvozi na deponiju u Baru.

Deponija je udaljena 25 km od gradilišta. Nakon završetka temeljnih traka potrebno je prostor između traka napuniti iskopanom zemljom i izvršiti zbijanje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Trivunić.

4. UČINAK GRAĐEVINSKIH MAŠINA

Učinak građevinskih mašina možemo definisati kao količina kvalitetom zadovoljavajućem radom odnosno proizvoda izražena u mernim jedinicama, koja se obavlja u jediničnom vremenu, najčešće po satu. Za primene u građevinskoj praksi koristimo dve vrste učinaka: teorijski i praktični.

Teorijski učinak su definisali proizvođači mašina, tj odnosi se na rad mašina u optimalnim uslovima eksploatacije i predstavlja maksimalni učinak mašine pri radu bez zastoja.

Praktični učinak je stvarni učinak građevinske mašine na određenom gradilištu i u određenim uslovima eksploatacije, predstavljajući umanjeni teorijski učinak. Umanjene teorijskog učinka obavlja se pomoću koeficijentata korekcije, koji zavise od konkretne mašina i konkretne uslove.

5. POUZDANOST SASTAVA GRAĐEVINSKIH MAŠINA

Pouzdanost mašina ima više značenja u zavisnosti od namena mašina i njihovog rada i može značiti rad bez kvarova, trajnost, prilagodljivost, pogodnost održavanja i dr. Pouzdanost se uzima u obzir pomoću koeficijenta korekcije k_{ds} , koji se još naziva i „koeficijent eksploatacijske pouzdanosti“ ili „koeficijent spremnosti“. Koeficijent spremnosti pokazuje verovatnoću s kojom je mašina, u zavisnosti od godina njene starosti, spremna odnosno pouzdana za rad. Ovaj koeficijent zavisi od godina starosti mašina, pa je nazvao koeficijent dotrajalosti. Koeficijent dotrajalosti predstavlja se izrazom (1), što ujedno označava pouzdanost:

$$P_e = \frac{m}{l+m} = k_{ds} \quad (1)$$

$$l = \frac{1}{t_{ks}}$$

$$m = \frac{1}{t_{ps}}$$

gde je:

l – intenzitet rada

m – intenzitet popravke

t_{ks} – očekivano vreme rada

t_{ps} – očekivano vreme potrebno za popravku mašine.

Vrednosti koeficijentata dotrajalosti dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Koeficijent dotrajalosti građevinskih mašina

Stanje mašine	Sati u eksploat.	Koeficijent k_{ds}
nova mašina	do 2000	1
očuvana mašina	od 2000 do 4000	0,91
dotrajala mašina	preko 4000	0,8

Koeficijent dotrajalosti za više od jedne mašine računa se u zavisnosti da li je u pitanju serijska, paralelna ili složena povezanost mašina.

6. CENA ČASA RADA GRAĐEVINSKE MEHANIZACIJE

Cena časa rada građevinske mehanizacije je jedan od presudnih elemenata za izbor mašina za obavljanje pojedinih radova i obuhvata:

- troškove osnovnog sredstva;

- eksploatacione troškove i
- troškove režije i dobiti.

Troškovi osnovnog sredstva obuhvataju sve troškove koju su vezani za mašinu kao imovinu i obavezni su, bez obzira na uslove rada, ne zavise od vremena, a ni od toga da li mašina radi ili ne: troškovi amortizacije, troškovi investicionog održavanja, troškovi kamate na osnovna sredstva i osiguranje i jednokratni troškovi.

Eksploatacioni troškovi obuhvataju sve one troškove koji su neposredno u vezi sa mašinom tokom njenog proizvodnog rada : troškovi tekućeg održavanja, troškovi habajućih delova, troškovi pogonske energije i maziva i troškovi radne snage.

Troškovi režije i dobiti dobijamo kao zbir troškova osnovnog sredstva i eksploatacionih troškova umnoženo koeficijentom „ k “, koji predstavlja koeficijent režije i dobiti i ima vrednost od 0,4 do 0,6 i ta vrednost zavisi od preduzeća.

7. ŠIRI IZBOR MEHANIZACIJE

Širi izbor i planiranje primene izabrane mehanizacije predstavlja izbor vrste građevinskih mašina i ostale mašinsko-tehnološke opreme za potrebe građenja.

Na gradilištu u Ulcinju je potrebno izvršiti skidanje humusa, iskop zemlje, utovar, transport, nasipanje zemljom između temeljnih traka i oko zidova podruma i nabijanje zemlje.

U tabeli 2 je prikazan širi izbor mehanizacije za zemljane radove na osnovu raspoloživih mašina izvođačke firme za zemljane radove.

8. VIŠEKRITERIJUMSKA OPTIMIZACIJA

Zadatak višekriterijumske optimizacije je traženje rešenja koje je najbolje po svim razmatranim kriterijumima. U konkretnom slučaju je potrebno izvršiti izbor mašina za obavljanje operacija zemljanih radova. Postupak rešavanja optimizacionog problema sastoji se iz sledećih faza:

- formulisanje varijantnih rešenja;
- definisanje kriterijuma;
- vrednovanje varijanti i
- izbor najbolje alternative.

Metode višekriterijumske optimizacije koje se koriste u ovom radu su:

- metoda kompromisnog programiranja i
- metoda višekriterijumskog rangiranja alternativnih rešenja.

9. PRIMER IZBORA OPTIMALNE GRUPE MAŠINA ZA ZEMLJANE RADOVE

9.1. Baza mašina

U tabeli 3 dat je prikaz baze mašina sa brojem mašina i radnim satima mašina.

9.2. Cena časa rada kombinacije mašina

Cena časa rada kombinacije mašina data je u tabeli 4.

9.3. Proračun pouzdanosti mašine u odnosu na starost za kombinaciju mašina

Za date kombinacije mašina usvojena je složena povezanost. Vrednosti pouzdanosti mašina za sve četiri kombinacije date su u tabeli 5.

Tabela 2. Širi izbor mehanizacije

Kombinacija mašina	Radna operacija					
	Skidanje humusa	Iskop zemlje	Utovar zemlje	Transport zemlje	Nasipanje zemlje	Zbijanje zemlje
I	Dozer Caterpillar D4GXL	Bager Caterpillar M313d	Bager Caterpillar M313d	Kamion kiper Mercedes Actros4141	Bager Caterpillar M313d	Vibrožaba Honda GX100
II	Dozer Komatsu d65ex-15	Bager Caterpillar 320CL	Bager Caterpillar 320CL	Kamion kiper Mercedes Actros4141	Bager Caterpillar 320CL	Vibrožaba Honda GX100
III	Grejder Caterpillar 160H	Dozer Caterpillar D4GXL	Utovarivač Caterpillar 924G	Kamion kiper Mercedes Actros4141	Dozer Caterpillar D4GXL	Vibrožaba Honda GX100
IV	Dozer Komatsu d65ex-15	Dozer Komatsu d65ex-15	Utovarivač Volvo L60E	Kamion kiper Mercedes Actros4141	Dozer Komatsu d65ex-15	Vibrožaba Honda GX100

Tabela 3. Baza mašina

Naziv mašine	Br. mašina	Broj radnih sati mašine [h]
1.Bager Caterpillar M313d	1	2395
2.Bager Caterpillar 320CL	1	7719
3.Dozer Caterpillar D4G XL	1	3286
4.Dozer Komatsu d65ex-15	1	4823
5.Grejder Caterpillar 160H	1	6500
6.Utovarivač Caterpillar 924G	1	7510
7.Utovarivač Volvo L60E	1	6343
8.Kamion kiper Mercedes Actros 4141	2	6700
9.Vibrožaba Honda GX100	2	4570

9.4. Višekriterijumska optimizacija

Kriterijumi:

f1 – pokazatelj praktičnog učinka [h]

f2 – cena časa rada kombinacije mašina [din/m³]

f3 – pouzdanost kombinacija mašina u odnosu na starost.

Alternative:

A₁ – prva kombinacija mašina

A₂ – druga kombinacija mašina

A₃ – treća kombinacija mašina

A₄ – četvrta kombinacija mašina

Kao pokazatelj praktičnog učinka uzeto je vreme (T) potrebno za skidanje humusa sa 1000m² površine i iskopa 3m u dubinu. Koristeći praktični učinak može se odrediti vreme (T) za obavljane određene količina rada (Q):

$$T = \frac{Q}{\sum v_p} [h] \quad (2)$$

U tabeli broj 6 biće dat prikaz ukupnog vremena za obavljane navedenih operacija zemljanih radova.

Tabela 4. Cena časa rada kombinacije mašina

broj kombinacije	cena [din/m ³]
I	13658,33
II	9472,62
III	11353,24
IV	10050,72

Tabela 5. Pouzdanost kombinacija mašina

broj kombinacije	pouzdanost
I	0,75
II	0,58
III	0,53
IV	0,58

Tabela 6. Vrednosti vremena neophodnog za skidanje humusa i iskop zemlje

broj kombinacije	vreme [h]
I	51,85
II	42,26
III	123,93
IV	65,11

Prilikom sprovedjena analize višekriterijumske optimizacije izvedene su dve strategije odlučivanja. U prvoj strategiji su sva tri kriterijuma jednako vrednovani (isti težinski koeficijenti), dok je u drugoj prednost data ceni časa rada kombinacija mašina (različiti težinski koeficijenti: w₁=0,3 w₂=0,4 i w₃=0,3). Primenom metoda kompromisnog programiranja i kompromisnog rangiranja dobija se redosled alternativnih rešenja, pri čemu je kao optimalno rešenje dobijena druga kombinacija mašina. U tabeli broj 7 biće prikazana izabrana kombinacija mašina.

Tabela 7. Rezultat višekriterijumske optimizacije

Kombinacija mašina	Radna operacija					
	Skidanje humusa	Iskop zemlje	Utovar zemlje	Transport zemlje	Nasipanje zemlje	Zbijanje zemlje
II	Dozer Komatsu d65ex-15	Bager Caterpillar 320CL	Bager Caterpillar 320CL	Kamion kiper Mercedes Actros4141	Bager Caterpillar 320CL	Vibrožaba Honda GX100

10. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je bio da se analizom izabere optimalna kombinacija mašina za zemljane radove, za potrebe izgradnje objekta u Ulcinju.

Analizirane su četiri kombinacije mašina za obavljanje operacija zemljanih radova (skidanje humusa, iskop, utovar, transport, nasipanje i nabijanje zemlje), koje su vrednovane i upoređivane na osnovu tri usvojena kriterijuma:

- f1 – pokazatelj praktičnog učinka [h]
- f2 – cena časa rada kombinacije mašina [din/m³]
- f3 – pouzdanost kombinacija mašina u odnosu na starost.

Primenjene metode višekriterijumske optimizacije u ovom radu su:

- metoda kompromisnog programiranja i
- metoda višekriterijumskog rangiranja alternativnih rešenja.

Prilikom sprovođenja optimizacije korišćene su dve strategije odlučivanja. Prva strategija sa istim težinskim koeficijentima, kod koje su svi kriterijumi ravnopravni i druga sa različitim težinskim koeficijentima ($w_1=0,3$, $w_2=0,4$ i $w_3=0,3$), gde je prednost data ceni časa rada kombinacije mašina.

Na kraju, primenjena metode daju za rezultat drugu kombinaciju mašina kao optimalnu kombinaciju za obavljanje operacija zemljanih radova. U drugoj kombinaciji za skidanje humusa koristi se dozer (Komatsu d65ex-15), a bager (Caterpillar 320CL) se upotrebljava za iskop, utovar i nasipanje zemlje. Transport zemlje vrši se kamionima kiperima (Mercedes Actros 4141), dok se zbijanje zemlje obavlja vibrožabom (Honda GX100).

11. LITERATURA

- [1] Trivunić M., Matijević Z. „Tehnologija i organizacija građenja“, praktikum, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2004.
- [2] Trivunić M., Dražić J., Matijević Z. „Modeliranje procesa građenja“, FTN Institut za građevinarstvo, Novi Sad 2005.
- [3] Đorđević D, „Izvođenje radova u visokogradnji“, Arhitektonski fakultet, Beograd 2005.
- [4] Slobodan Mirković „Građevinska mehanizacija“, Građevinska knjiga, Beograd 2005.
- [5] Ratko S. Čulibrk, Momir M. Plavšić „Mehanizacija u građevinarstvu“, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici
- [6] Bogdan Trbojević „Građevinske mašine“, Građevinska knjiga, Beograd 1985.
- [7] Kurij K., Kostić Lj., Hadžić D. „Programiranje u istraživanju pouzdanosti građevinskih mašina“, Naučna knjiga, Beograd 1987.
- [8] Opricović S. „Optimizacija sistema“, Građevinski fakultet, Beograd 1992.
- [9] Opricović S. „Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu“, Građevinski fakultet, Beograd

Kratka biografija:



Marija Jovanović rođena je u Jagodini 1992. god. Septembra 2016. stiče zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2019.