

PRIMENA CPM TEHNIKE MREŽNOG PLANIRANJA U ZAPOŠLJAVANJU I OPTIMIZACIJI RADA*

Jelena Kovačević

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment
Bor, Srbija

Izvod

U radu je definisan problem optimizacije radne snage pomoću tehnike mrežnog planiranja. U tu svrhu je korišćena CPM tehnika mrežnog planiranja koja je primenjena prilikom razmeštanja i optimizacije radne snage. Optimizacija resursa izvršena je kroz dva pristupa: izračunavanjem najranijih početaka aktivnosti i izračunavanjem najkasnijih početaka aktivnosti. Takođe, rešenje problema je prikazano grafički koristeći gantograme i histograme. Nakon proračuna i analize zaključeno je da se projekat može realizovati u roku od 35 dana sa 10 radnika koji će biti angažovani u realizaciji projekta. Cilj ovog rada bio je prikazati primenu tehnika mrežnog planiranja kao uspešnu tehniku za efikasnu realizaciju projekata i optimizaciju radne snage.

Ključne reči: Tehnike mrežnog planiranja (TPM), Metoda kritičnog puta (CPM), Raspoređivanje radne snage, Optimizacija radne snage

1. UVOD

Kada su u pitanju veliki projekti sa obimnim brojem aktivnosti pojavile su se potrebe kontrolisanja i nadgledanja svih segmenata u projektu. Samim tim, došlo je do potrebe za osmišljavanjem načina koji bi potpomogao efikasnijem izvođenju projekata. U skladu sa navedenom problematikom formirane su metode kritičnog puta kao i tehnike za procenu i reviziju programa (Vukoša, 2016).

U današnje vreme kompanije se na tržištu suočavaju sa sve agresivnijim konkurentskim okruženjem. Samim tim planirane projekte je potrebno završiti u što kraćem periodu sa što manjim angažovanjem resursa (Mazlum & Guneri, 2015). Kako bi postigli konkurentnost na tržištu, kompanije moraju da projektima upravljaju efikasno i završe ih bez odlaganja. U ovu svrhu tehnika mrežnog planiranja se pokazala kao jedna od najefikasnijih. CPM kao tehnika mrežnog planiranja je veoma koristan alat je pomaže u efikasnom planiranju, zakazivanju, nadzoru tj. kontrolisanju. Ova tehnika određuje ukupnu količinu potrebnog vremena za obavljanje celokupnog posla. CPM definiše sve potrebne sekvencijalne staze rada kroz mrežu i označavanje najviše važnih putanja tzv. kritičnih putanja (Tatterson & Wood, 1974). Predložena CPM tehnika je od pomoći u određivanju trajanja i rokova izvršavanja zadataka pod uslovima određenog krajnjeg roka (Radziszewska-Zielinaa & Sroka, 2017).

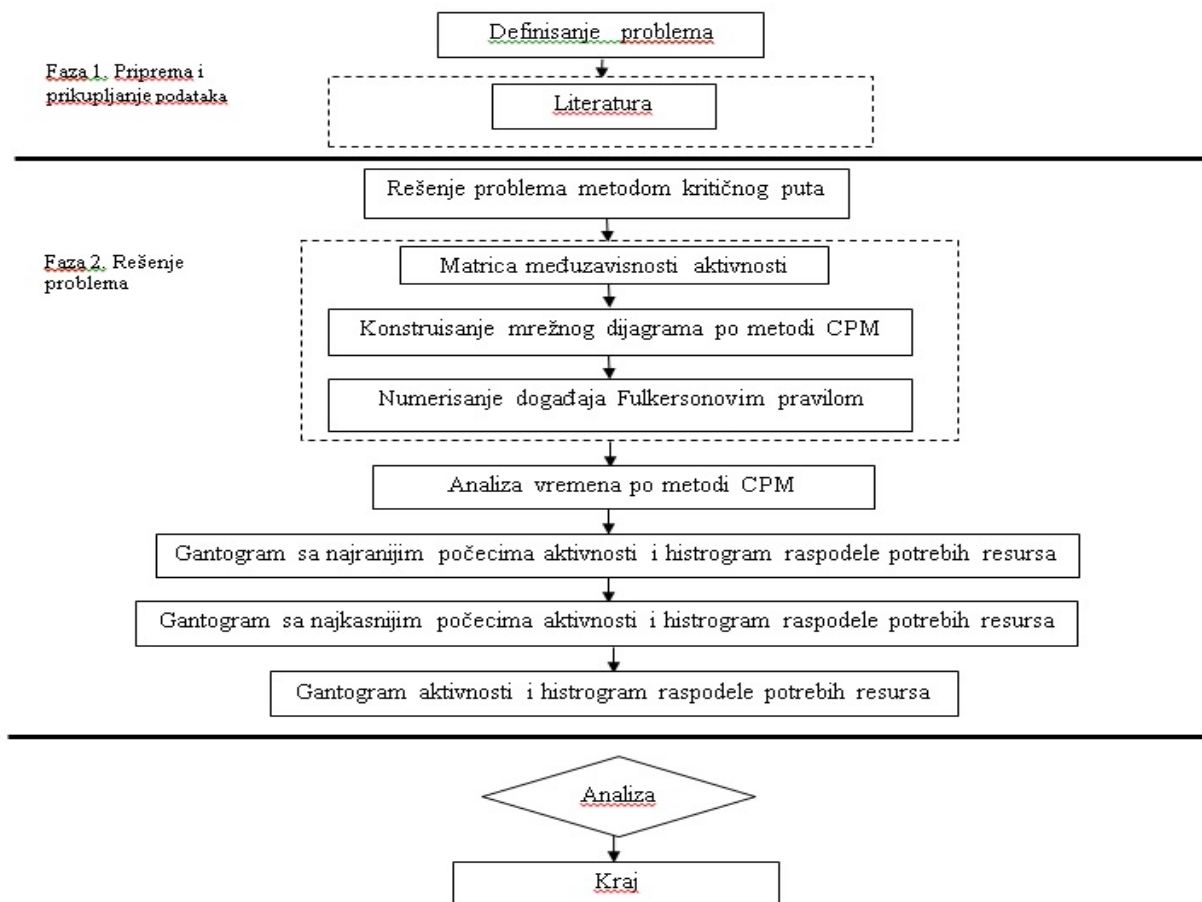
U ovoj studiji, primenjena je klasična CPM tehnika, koja je ujedno i tehnika projektnog menadžmenta. Na kraju studije, rezultati će biti analizirani. U studiji je takođe odrađeno i raspoređivanje i optimizacija radne snage .

* Rad saopšten na XV Studentskom simpozijumu o strategijskom menadžmentu

2. TEORIJSKO-METODOLOŠKE POSTAVKE RADA

2.1. Tok istraživanja i metodološka zasnovanost

U ovom istraživanju primenjena je tehnika mrežnog planiranja u analizi resursa i optimizaciji radne snage. Samo istraživanje razvijeno je u nekoliko osnovnih koraka, koji sistematično opisuju tok primene predložene tehnike. Šema istraživačkog toka rada data je na Slici 1.



Sika 1. Faze primene CPM tehnike

2.2. Teorijske postavke rada

Razvoj metoda mrežnog planiranja počeo je pedesetih godina prošlog veka u svrhu lakšeg i pouzdanijeg praćenja odvijanja projekta, predviđanja projekta kao i predviđanja mogućih izvora problema i koordiniranja aktivnosti u projektu kako bi se izbeglo kašnjenje (Vukoša, 2016). Jedna od takvih tehnika je i CPM tehnika (*engl.* Critical Path Method), koja se koristi u analizi projekta. Ova tehnika daje vizualnu informaciju menadžeru u smislu procenjenog trajanja aktivnosti, pravca realizacije projekta i same kontrole projekta tj. pregleda delova koji funkcionišu kao i načina za rešavanje problema nefunkcionalnih delova (Tatterson & Wood, 1974). Može se reći da je CPM tehnika korisna kada god proces zahteva veliki broj odvojenih ali integrisanih informacija, i kao takva daje sliku o celokupnom procesu (Lester, 2017). Jedna od najvažnijih prednosti determinističke pretpostavke CPM tehnike je olakšavanje upotrebe modela optimizacije za trgovanje vremenom i troškovima i ukoliko nije pojačan modulom rizika, CPM zahteva dosta jednostavniji unos od PERT metode (Trietsch & Baker, 2012). Srž CPM tehnike se sastoji

u pronalaženju kritičnog puta ujedno i najdužeg puta u mrežnom dijagramu projekta, iz razloga što taj put sadrži informacije o tome koliko je vremena potrebno da se završi projekat (Monhor, 2011). Metoda kritičnog puta se primenjuje onda kada je vreme trajanja pojedinih aktivnosti u projektu poznato i može se jednoznačno odrediti (Vukoša, 2016).

Kritični put predstavlja put koji (Kurić, 2011):

- je niz kritičnih aktivnosti koje polaze od prvog događaja u mrežnom dijagramu i idu do poslednjeg događaja;
- ima najduže vreme trajanja od svih puteva u mreži;
- nema vremenske rezerve i definiše trajanje celog projekta.

Analiza kritičnog puta daje sledeće informacije (Wong, 1964):

- pokazuje veze između aktivnosti (zadataka);
- predviđa očekivano vreme trajanja svake pojedine aktivnosti u projektu;
- izračunava verovatnost završetka u roku;
- određuje optimalno vreme trajanja projekta, količinu troškova;
- ukazuje na opravdanost realizacije projekta;
- procenjuje alternativne strategije i pristupe;
- proverava napredak aktivnosti, kako bi uočila odstupanja od originalnih planova i ciljeva;
- prognozira uska grla;
- izvodi simulaciju testnog rada sistema;
- preoblikuje i redizajnira projekt s revidiranim podacima.

CPM tehnika ima sledeću svrhu (Kurić et al., 2014):

- Da izračunate datum završetka projekta;
- Identifikovati u kojoj meri svaka aktivnost u rasporedu se može pomeriti (plutati) bez odlaganja projekta;
- Identifikovati aktivnosti sa najvećim rizikom, tj. one koji ne mogu da se pomere a da ne utiču na rok za završetak projekta.

3. PRIMENA TEHNIKE MREŽNOG PLANIRANJA U ANALIZI RESURSA I OPTIMIZACIJI RADNE SNAGE

3.1. Definisane probleme

Analizom projekta, sačinjena je sledeća strukturna tabela:

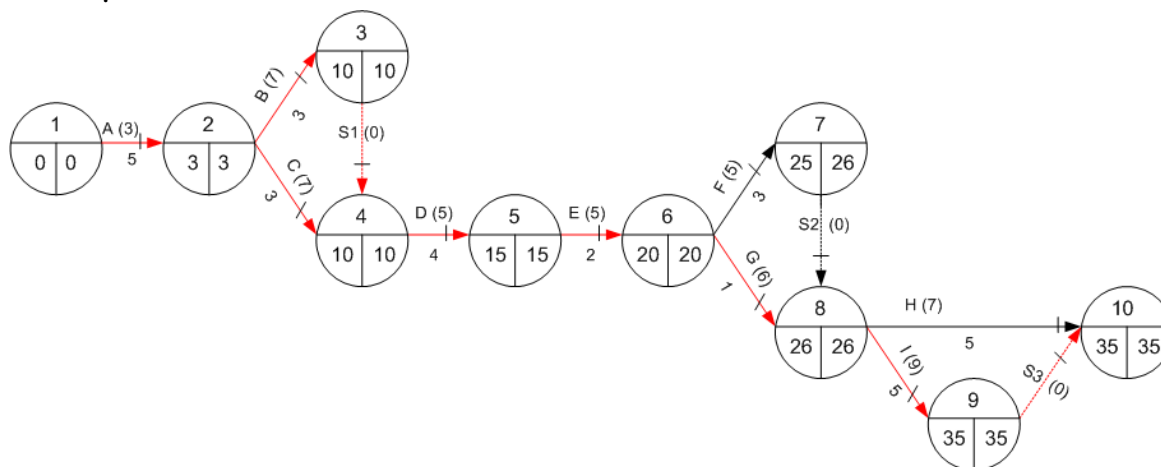
Tabela 1. Strukturna tabela

Posmatrane aktivnosti	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Prethodne aktivnosti	/	A	A	B,C	D	E	E	F,G	F,G
Vreme trajanja (dan)	3	7	7	5	5	5	6	7	9
Resursi (radnici)	5	3	3	4	2	3	1	5	5

4. REŠENJE PROBLEMA METODOM KRITIČNOG PUTA

4.1. Konstruisanje mrežnog dijagrama po metodi CPM

U sledećem koraku, nakon formirane strukturne tabele aktivnosti konstruisan je mrežni dijagram (Slika 2) pomoću CPM metode.

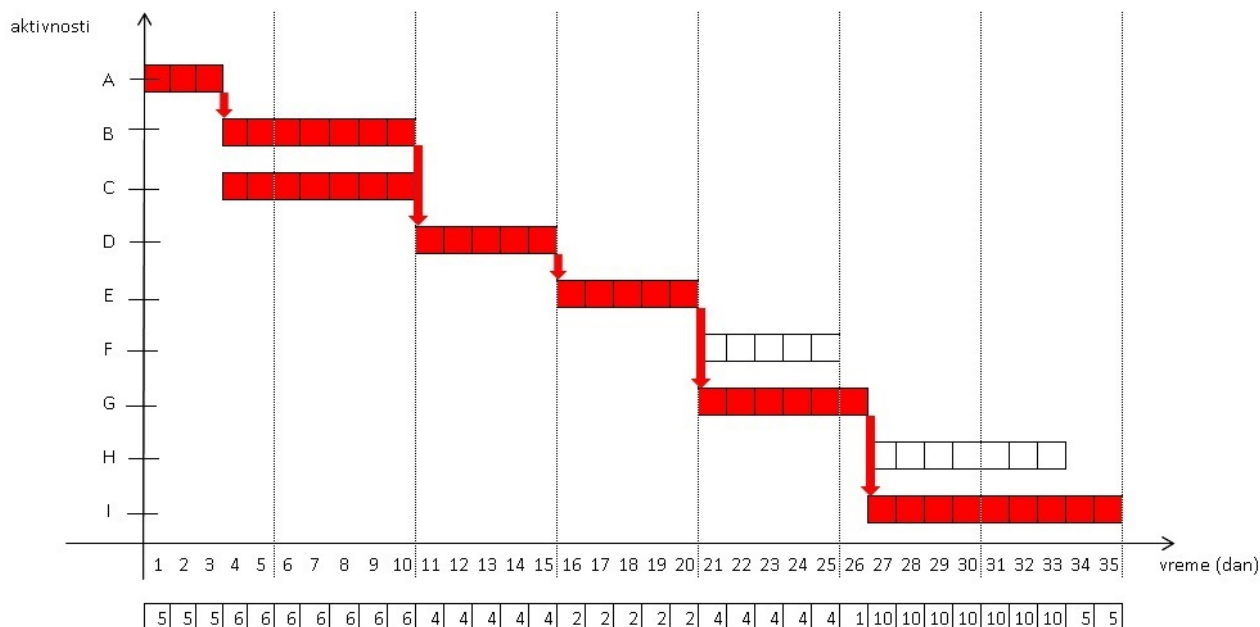


Slika 2. Mrežni dijagram i CPM

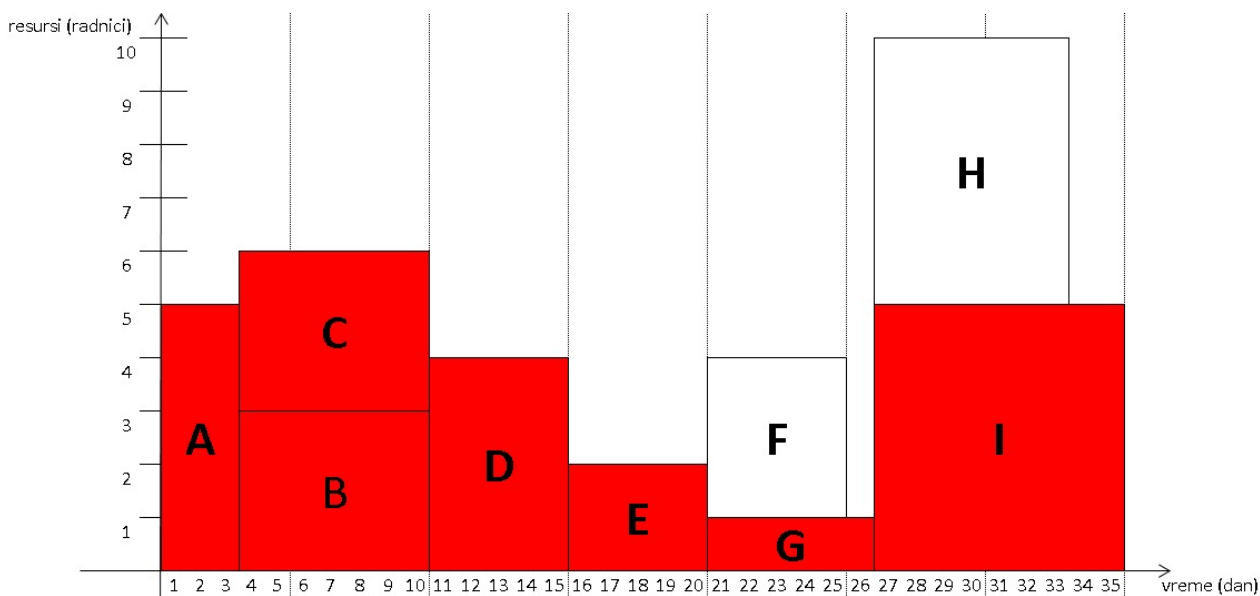
Na mrežnom dijagramu prikazane su aktivnosti sa njihovim najranijim/najkasnijim počecima/završecima. Aktivnosti su numerisane retrospektivno slovnim oznakama od A-I, vreme trajanja datih aktivnosti prikazan je u zagradama pored naziva aktivnosti dok je ispod putanja prikazan broj radnika koji je neophodan da se data aktivnost uspešno završi. Nakon odrađenog proračuna najranijeg/najkasnijeg početka/završetka aktivnosti određen je kritični put (π_c) u mrežnom dijagramu, koji ujedno predstavlja i najduži put koji sačinjavaju aktivnosti koje nemaju vremenskih rezervi, kao i vreme za koje se može realizovati prikazani projekat (T_p). Na osnovu Slike 2 može se zaključiti da postoje dva kritična puta: $\pi_c = A-B-D-E-G-I$ i $\pi_c = A-C-D-E-G-I$, a ukupno trajanje projekta iznosi $T_p = 35$ dana.

4.2. Gantogram sa najranijim/najkasnijim počecima aktivnosti i histogram raspodele potrebnih resursa

Podatke dobijene proračunom najranijeg/najkasnijeg početka/završetka aktivnosti i određenog kritičnog puta (π_c), možemo pokazati i grafičkim putem. Na Slici 3 prikazani su a) gantogram sa najranijim počecima aktivnosti i b) histogram raspodele radne snage sa najranijim počecima aktivnosti.



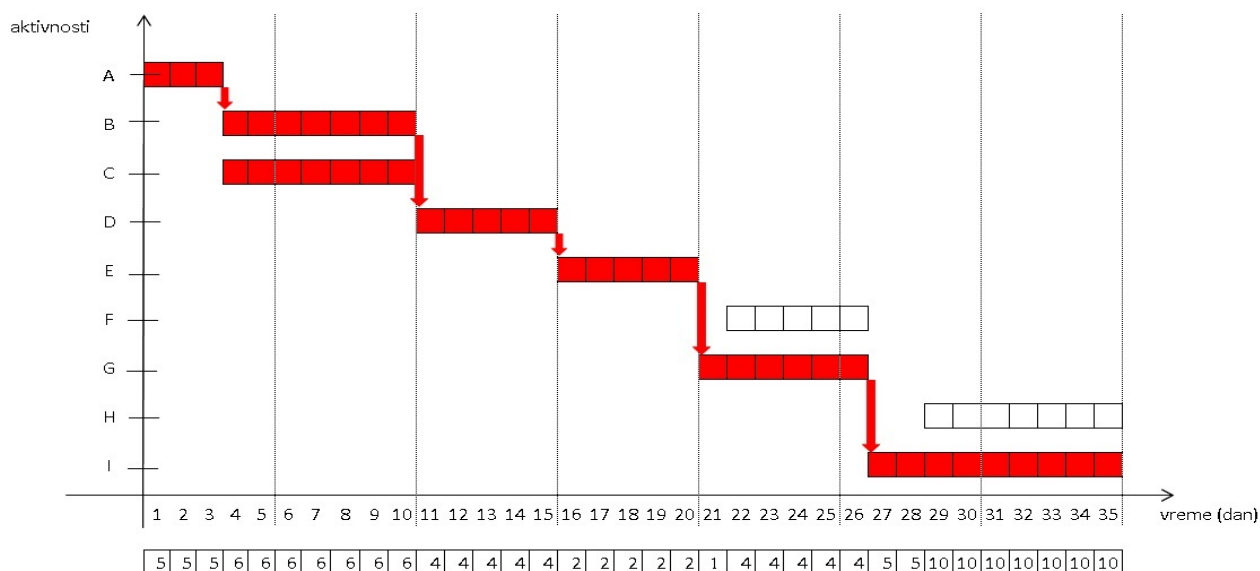
Slika 3. a) Gantogram sa najranijim počecima aktivnost



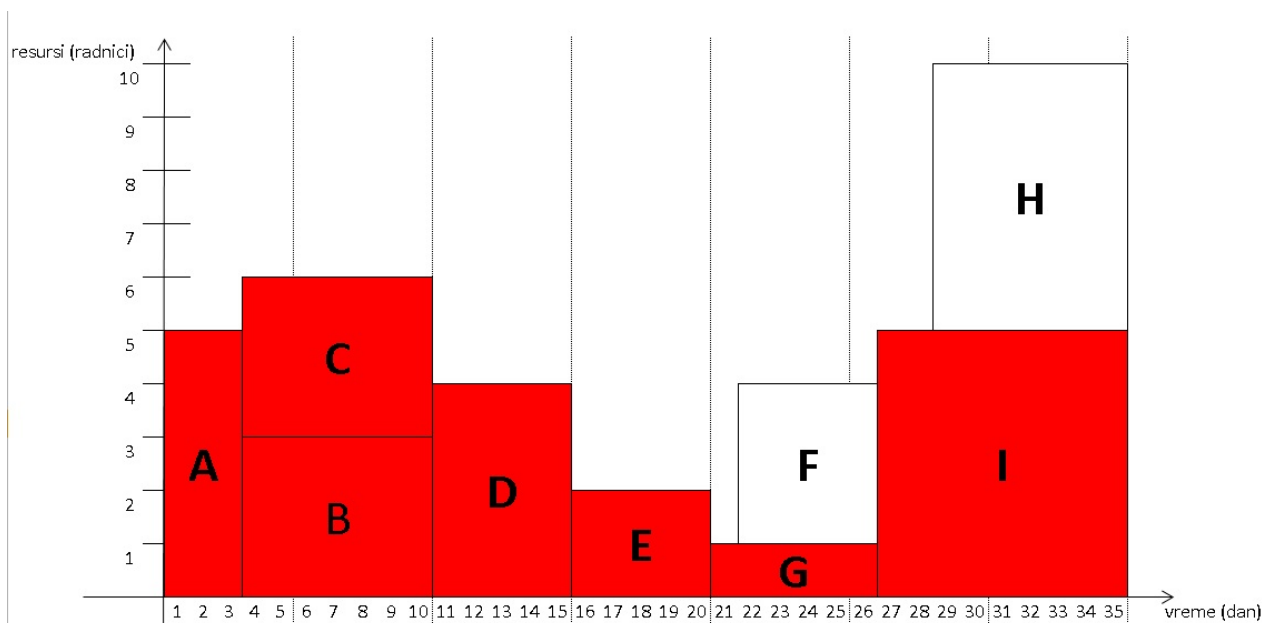
Slika 3. b) Histogram raspodele radne snage sa najranijim počecima aktivnosti.

4.3. Gantogram sa najkasnijim počecima aktivnosti i histogram raspodele potrebnih resursa

Pored grafičkog prikaza podataka na osnovu najranijih početaka aktivnosti možemo prikazati podatke i na osnovu najkasnijih početaka aktivnosti. Na Slici 4 prikazani su **a)** gantogram sa najkasnijim počecima aktivnosti i **b)** histogram raspodele radne snage sa najkasnijim počecima aktivnosti.



Slika 4. a) Gantogram sa najkasnijim počecima aktivnosti



Slika 5. b) Histogram raspodele radne snage sa najkasnijim počecima aktivnosti.

5. DISKUSIJA REZULTATA

Prema proračunu najranijih aktivnosti, na osnovu Slike 3, može se zaključiti da je broj radnika koje treba angažovati 10, da bi se projekat realizovao u periodu od 35 dana, prema najranijim počecima aktivnosti. U prva tri dana potrebno je angažovati 5 radnika. U periodu od četvrtog do desetog dana potrebno je angažovati 6 radnika. Narednih pet dana potrebno je angažovati 4 radnika. Od šesnaestog do dvadesetog dana neophodno je angažovati svega dva radnika. Nakon toga od dvadesetprvog do dvadesetpetog dana potrebno je angažovati ukupno četiri radnika. Dvadesetšestog dana potrebno je angažovati samo jednog radnika. U narednih sedam dana neophodno je angažovati svih 10 radnika, dok je u zadnja dva dana trajanja projekta neophodno angažovati po 5 radnika dnevno.

Na osnovu Slike 3 i Slike 4 može se zaključiti da ne postoji velika razlika između dva prikaza jer je broj radnika koje treba angažovati da bi se projekat realizovao u periodu od 35 dana, prema najkasnijim počecima aktivnosti, takođe 10. Prema proračunu najkasnijih aktivnosti, na osnovu Slike 4, može se zaključiti da je u prva tri dana potrebno je angažovati 5 radnika. U periodu od četvrtog do desetog dana potrebno je angažovati 6 radnika. Narednih pet dana potrebno je angažovati 4 radnika. Od šesnaestog do dvadesetog dana neophodno je angažovati svega dva radnika. Dvadeset prvog dana potrebno je angažovati svega jednog radnika. Nakon toga u periodu od dvadesetdrugog dana do dvadesetšestog dana potrebno je angažovati ukupno četiri radnika. Dvadesetsedmog i dvadesetosmog dana potrebno je angažovati 5 radnika. U poslednjih sedam dana projekta neophodno je angažovati svih 10 radnika.

6. ZAKLJUČAK

Do rešenja datog problema došli smo uz pomoć mrežnog dijagrama, na osnovu koga smo odredili potrebno vreme realizacije projekta koje iznosi 35 dana. Takođe određen je i kritični put koji ujedno predstavlja i najduži put koga sačinjavaju aktivnosti bez vremenskih rezervi. Treba napomenuti da postoje dva kritična puta. Putanja kritičnih puteva odvija se preko sledećih aktivnosti : $\pi_c = A-B-D-E-G-I$ i $\pi_c = A-C-D-E-G-I$. Realizacija ovog projekta može se izvršiti angažovanjem 10 radnika, korišćenjem oba pristupa, kako raspodelom radne snage prema najranijim počecima aktivnosti tako i raspodelom radne snage prema najkasnijim počecima aktivnosti. Analizom histograma najranijih/najkasnijih početaka aktivnosti možemo zaključiti da je projekat moguće realizovati sa 10 radnika. Međutim, prema raspodeli resursa prema najranijim počecima aktivnosti, u periodu od šesnaestog do dvadesetog dana i dvadesetšestog dana postoji velika neiskorišćenost resursa. Slična situacija je i prema raspodeli resursa prema najkasnijim počecima aktivnosti gde u periodu od šesnaestog do dvadesetprvog dana, takođe, postoji velika neiskorišćenost resursa.

APPLICATION OF CPM NETWORK PLANNING TECHNIQUES IN DEPLOYMENT AND OPTIMIZATION OF WORKFORCE

Jelena Kovačević

*University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department
Bor, Serbia*

Abstract

In this paper, the problem of workforce optimization is defined using the network planning technique. For this purpose, the CPM technique of network planning was used, which was applied in the deployment and optimization of the workforce. The resource optimization was carried out through two approaches: through the calculation of the earliest beginnings of the activity and through the calculation of the most recent beginnings of the activity. Also, the solution of the problem is shown graphically using gantry maps and histograms. After the calculations and the analysis, it was concluded that the project can be realized within a period of 35 days with 10 workers who will be engaged in the realization of the project. The aim of this paper was to demonstrate the application of network planning techniques as a successful technique for efficient project realization and optimization of workforce.

Keywords: *Network planning technique (NPT), Critical Path Method (CPM), Deployment of labor force, Workforce optimization*

LITERATURA / REFERENCES

- Kurij, K. (2011). Alogrith of analysis critical path with defuzzification total float time of each activities, Fakultet za građevinski menadžment, Beograd.
- Kurij, V.K., Milajić, V.A., Beljaković, D. (2014). Analysis of Construction Dynamic Plan Using Fuzzy Critical Path Method, *Tehnika – naše građevinarstvo*, 69(2), 209-215.
- Lester, A. (2017). *Project Management, Planing and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards*, Butterworth-Heinemann.
- Mazlum, M., Güneri, A.F. (2015). CPM, PERT and project management with fuzzy logic technique and implementation on a business, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210, 348-357.
- Monhor, D. (2011). A new probabilistic approach to the path criticality in stochastic PERT, *Central European Journal of Operations Research*, 19(4), 615-633.
- Radziszewska-Zielina, E., Sroka, B. (2017). Linearised CPM-COST model in the planning of construction projects, *Procedia engineering*, 208, 129-135.
- Tatterson, J.W., Wood, D.F. (1974). PERT, CPM and the Export Process, *Omega*, 2(3), 421-426.

Trietsch, D., Baker, K.R. (2012). PERT 21: Fitting PERT/CPM for use in the 21st century, *International journal of project management*, 30(4), 490-502.

Vukoša, L. (2016). Računanje trajanja projekta CPM i PERT metodama, University of Zadar, Department of Economics.

Wong, Y. (1964). Critical Path Analysis for New Product Planning, *Journal of Marketing*, 28(4), 54.