

ТЕХНИКА МРЕЖНОГ ПЛАНИРАЊА У УПРАВЉАЊУ ПРОЈЕКТИМА ШУМСКОГ ПУТНОГ ИНЖЕЊЕРСТВА

ДУШАН СТОЈНИЋ¹
МИЛОРАД ЗЛАТАНОВИЋ²

Извод: На цену градње шумских путева може се утицати током читавог циклуса пројекта: од планирања просторног распореда мреже шумских путева, израде пројектне документације за извођење шумских путева, па до саме реализације пројеката. Техника мрежног планирања је једна од најчешће коришћених метода у управљању реализацијом пројеката у грађевинарству, а уједно и најквалитетнија и најпоузданија. Значај примене технике мрежног планирања огледа се у могућности да се на најбољи начин, веома прегледно и са свим везама и зависностима изврши распоред ресурса пре почетка реализације пројекта, чиме се постижу уштеде у радној снази, механизацији, материјалу, финансијским средствима и времену. Циљ овог рада је истраживање могућности и значаја примене технике мрежног планирања у управљању реализацијом пројеката шумских путева у Србији, с обзиром на то да се до сада реализација оваквих пројеката одвијала без адекватне припреме, што је за последицу имало често продужење рокова градње и веће утрошке ресурса, а самим тим и већу цену градње шумских путева.

Кључне речи: шумски путеви, управљање пројектима, техника мрежног планирања, метода критичног пута

NETWORK PLANNING TECHNIQUE IN FOREST ROAD ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT

Abstract: The price of forest road construction can be influenced during the entire cycle of a project, starting from the planning of forest road network alignment. That price can further be modified during elaboration of the main project design of forest road construction, and finally throughout project implementation. The network planning technique is one of the most commonly used methodologies in project implementation management in the construction industry, while also being the best and the most reliable method. The application of the network planning technique is important as it enables the best possible allocation of available resources. That transparent allocation is performed by considering all relationships and dependencies before the beginning of the project, which leads to savings in labor, machinery, materials, financial resources and time. The aim of this paper is to explore the possibilities and importance of applying the network planning technique in the implementation management of forest road projects in Serbia. So far, the implementation of such projects took place without adequate preparation, which has often resulted in the extension of construction deadlines, high spending of resources, and hence costly forest road construction.

Keywords: forest roads, project management, network planning technique, critical path method

1 Душан Стојнић, мастер инжењер, асистент, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд

2 др Милорад Златановић, ред. проф., Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски факултет, Ниш

1. УВОД

Шумски путеви су најважнији инфраструктурни објекти за реализацију послова у шумарству (Çağlar, S. 2013), али њихова градња и одржавање уједно представљају и најскупље активности (Акау, А.Е. *et al.*, 2014; Ранковић, Н. *et al.*, 1998). Реализација пројеката изградње шумских путева оптерећена је изузетном сложености и неизвесношћу које су проузроковане све већом и растућом сложености самих пројеката и околине у којој се одвијају. Највећи утицај на сложеност и неизвесност пројеката имају дуго време трајања, велики трошкови и велики број учесника у реализацији. Све ове компоненте захтевају да се у оквиру сваког пројекта обавља рационално усклађивање свих ресурса, као и координација обављања појединих активности како би се пројекат реализовао на најефикаснији начин (Јовановић, Р. 2010). Реализација грађевинских пројеката, у које спадају и пројекти из области шумског путног инжењерства, одвијају се у условима континуираних промена које су резултат великог броја сложених и променљивих фактора који директно условљавају изградњу објеката. Имајући у виду сложеност и специфичност грађевинских пројеката, велики број организационих јединица које учествују у њиховој реализацији, као и дужину трајања и цену коштања истих, намеће се потреба за тачним и систематским одређивањем свих активности које је потребно спровести како би се омогућило квалитетно управљање пројектима (Lazarevska, M. 2014). Руководиоци пројеката често користе само своје искуство, техничке податке и „добар осећај“ за планирање и управљање процесима (Dawood, N. *et al.*, 2009). У свету се последњих година врше разна испитивања на тему увођења управљања пројектима као професије у све привредне гране и детаљно се прати значај утицаја повећаног степена управљања на успешност реализације пројекта (Petojević, Z. *et al.*, 2012). Прва фаза у управљању пројектима јесте планирање. Процес планирања пројекта почиње дефинисањем пројектног задатка, постављањем циљева, структурирањем пројекта, планирањем организационе структуре конкретног пројекта, израдом временских планова, планова потребних ресурса и трошкова по фазама за пројекат у целини (Avlijaš, R. 2009). Основни циљ планова је предвиђање реалног сценарија за посматране активности на пројекту, узимајући у обзир доступне ресурсе, бројна ограничења и потенцијалне промене током реализације пројекта (Zlatanović, M. *et al.*, 2011a).

2. ТЕХНИКА МРЕЖНОГ ПЛАНИРАЊА

За успешну реализацију грађевинског пројекта потребно је имати квалитетно урађене динамичке планове извођења радова и укључења ресурса. У зависности од врсте и величине објекта зависи врста динамичког плана која ће се применити (Zlatanović, M. *et al.*, 2011a). Грађевински објекти углавном се завршавају касније него што је првобитно планирано, са знатно већим укупним трошковима, због чега је врло важна израда квалитетних динамичких планова са оптималним решењем извођења радова и иско-

ришћења ресурса (Zlatanović, M. *et al.*, 2011b). Техника мрежног планирања је једна од најчешће коришћених метода у управљању реализацијом пројеката у грађевинарству, а уједно и најквалитетнија и најпоузданија. Значај примене технике мрежног планирања огледа се у могућности да се на најбољи начин, веома прегледно и са свим везама и зависностима изврши распоред ресурса пре почетка реализације пројекта, чиме се постижу уштеде у радној снази, механизацији, материјалу, финансијским средствима и времену.

Метод мрежног планирања реализацију пројекта представљају графички, помоћу дијаграма (плана). Израда мрежног плана представља процес уређења свих активности у пројекту у логичну мрежу, у складу са ограничењима и везама између активности, и одређивања времена изградње пројекта (Stanković, M. *et al.*, 2013). Значајна карактеристика ТМП је раздвајање анализе структуре од анализе времена, које су у класичним техникама планирања доста круто повезане и истовремено се анализирају (Kurij, K. *et al.*, 2011a).

3. МЕТОД КРИТИЧНОГ ПУТА

Метод критичног пута (Critical Path Method - CPM), као један од видова мрежног планирања, користи се у случајевима када је време појединих активности у пројекту познато и може се једнозначно одредити, односно, она време трајања третира као егзактну мерљиву величину. Метод критичног пута је погодан за извођачке пројекте где постоје утврђени нормативи или су се такви пројекти већ неколико пута реализовали, као што је случај са грађевинским пројектима (Radulović, A. 1981). Метод критичног пута кориснику омогућава да одреди минимално време за које пројекат може бити завршен, да одреди активности које се могу извршити у исто време, да одреди критичне активности (кашњење у свакој од њих изазива кашњење целог пројекта) и да одреди које активности нису критичне (активности код којих постоји одређена временска резерва за њихово извршење) (Wisniewski, M. *et al.*, 2001).

Поступак планирања методом критичног пута спроводи се кроз следеће фазе:

- I фаза – анализа структуре – обухвата одређивање логичког, технолошког редоследа активности и формирања почетног мрежног плана;
- II фаза – анализа времена – обухвата утврђивање времена потребног за извршење сваке активности, након чега се рачунају почеци, завршеци и временске резерве за сваку активност и одређује критичан пут у мрежи, тј. рачуна се време трајање пројекта;
- III фаза – оптимизација почетног мрежног плана, подразумева усклађивање ресурса, времена, трошкова и квалитета пројекта.

3.1. Анализа структуре

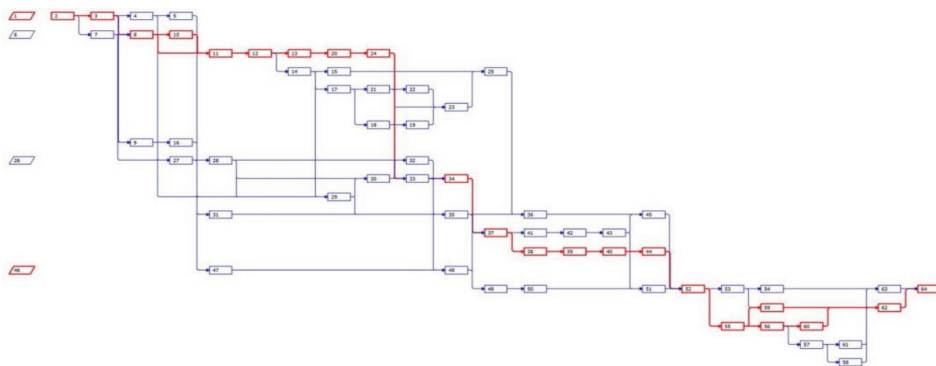
Прва фаза методе критичног пута је анализа структуре, која започиње

састављањем списка активности и утврђивањем редоследа извођења радова и њихове логичне међузависности (Andrijanić, T. *et al.*, 2012). Код састављања мрежног дијаграма пројекта не треба истовремено планирати редослед извршења операција у пројекту и потребне ресурсе. У почетној фази треба се концентрисати на логику пројекта – редослед операција (Драгашевић, А. 2013). Анализа структуре мрежног дијаграма представља почетну и основну фазу рада на изради мрежног дијаграма, а она обухвата (Kurij, K. *et al.*, 2011a):

1. формирање листе активности,
2. дефинисање међусобних зависности активности, односно формирање шеме односа,
3. цртање и нумерисање мрежног дијаграма (слика 1) и
4. проверу поступака коришћених у анализи структуре.

Анализа структуре утврђује технолошку концепцију реализације пројекта која се изражава мрежним дијаграмом. Мрежни дијаграм представља графички приказ технолошког процеса реализације пројекта, са свим потребним активностима и њиховим међусобним зависностима. Основни елементи мрежног дијаграма су: пројекат, активност и догађај. У техници мрежног планирања под пројектом се подразумева подухват, задатак, проблем или процес који треба планирати и извести (Jovanović, P. 2004). Активност представља јасно одређену етапу радног процеса која захтева време и средства, односно ресурсе (Драгашевић, А. 2013). Мрежни дијаграм се састоји од низа активности логично повезаних у једну технолошку целину, а свака активност је елементарни саставни део мрежног дијаграма (Најду, М. 1997). Ако активност представља одређену количину рада, онда су за њено извршење потребни и време и средства, а ако представља утврђено стање, онда је за њено извршење потребно само време. Догађај је временска координата, тј. тренутак када почиње једна или више активности, односно тренутак када се оне завршавају.

Поузданост динамичких планова у грађевинарству углавном зависи од детаљности и тачности анализе структуре плана и прецизности података о времену трајања активности у мрежном плану (Kurij, K. *et al.*, 2011b).



Слика 1. Дефинисање међусобних зависности активности у мрежном дијаграму
Figure 1. Defining the interdependent activities in network diagram

3.2. Анализа времена

Анализа времена активностима дефинисаним у оквиру анализе структуре даје временску димензију (Zlatanović, M. *et al.*, 2012). Анализа времена по методи критичног пута врши се тако што се прво одреде времена трајања активности, прорачуна најранији почетак и најкаснији завршетак активности, одреди критичан пут и временске резерве. За сваку активност одређује се:

1. најраније време почетка активности $u-j - t_i^{(0)}$
2. најкасније време завршетка активности $u-j - t_j^{(1)}$
3. најкаснији почетак активности $u-j - t_i^{(1)}$
4. најранији завршетак активности $u-j - t_j^{(0)}$

Метода критичног пута ставља акценат на активност. Најдужи пут у мрежном дијаграму представља критичан пут.

Активност може да траје колико и расположиво време за извршење те активности или да траје мање од расположивог времена. Ако активност траје колико и расположиво време, активност је критична. Таква активност нема временских резерви, а свако одлагање почетка извршења критичне активности или продужење времена трајања активности, доводи до временског поремећаја у извршењу наредних активности и до продужења рока реализације пројекта (Radulović, A. 1981).

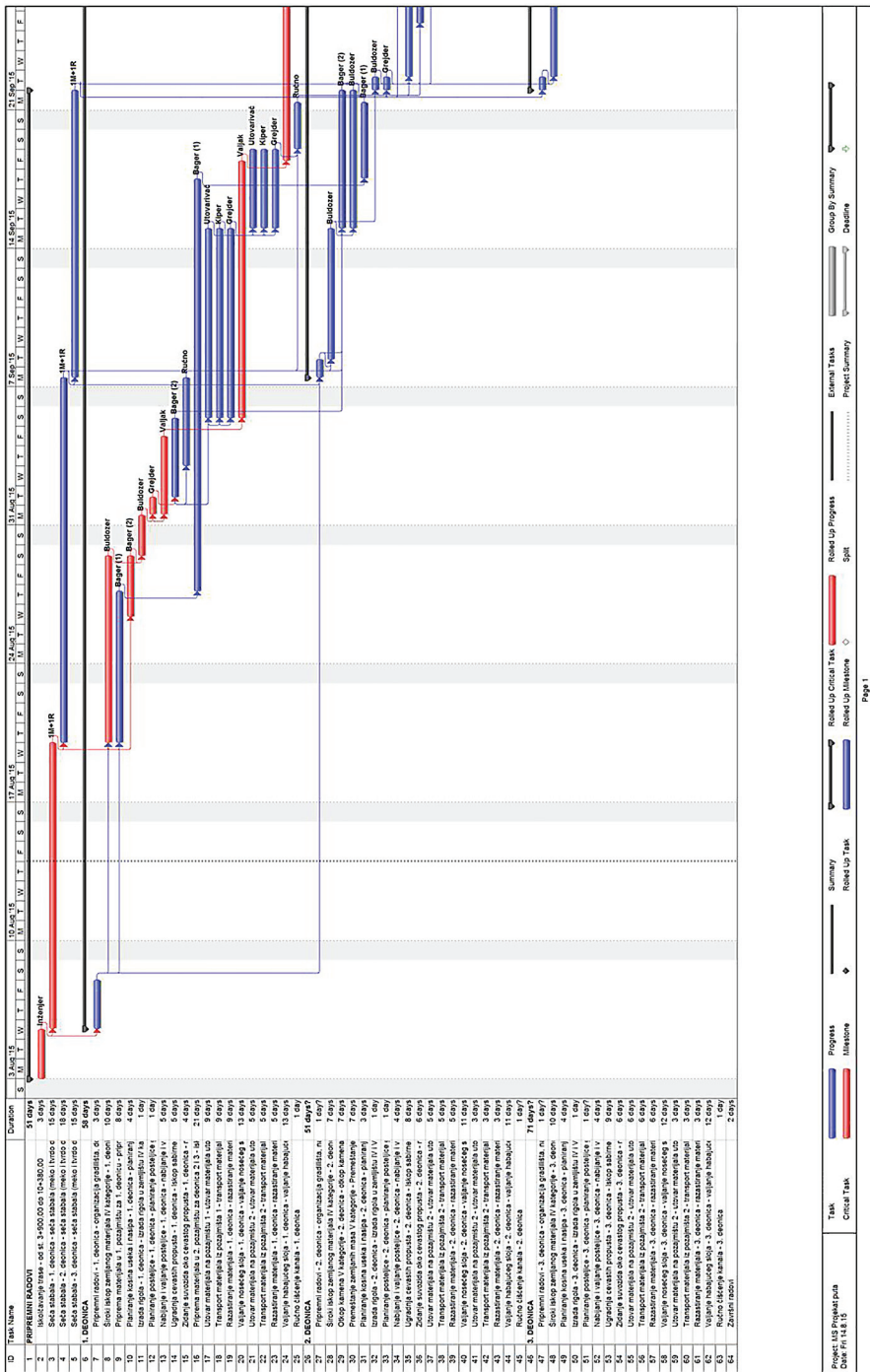
Критичан пут повезује почетни са завршним догађајем пројекта, а састављен је од непрекидног низа критичних активности. Овај низ представља најдуже време трајања од свих путева у мрежи, а самим тим и дефинише време трајања пројекта (Twort, A. *et al.*, 2004).

Током праћења реализације пројекта, критичним активностима и критичном путу потребно је посветити највећу пажњу. Одржавање планираних рокова могуће је само уколико на критичним активностима и критичном путу не дође ни до одлагања ни продужења рокова.

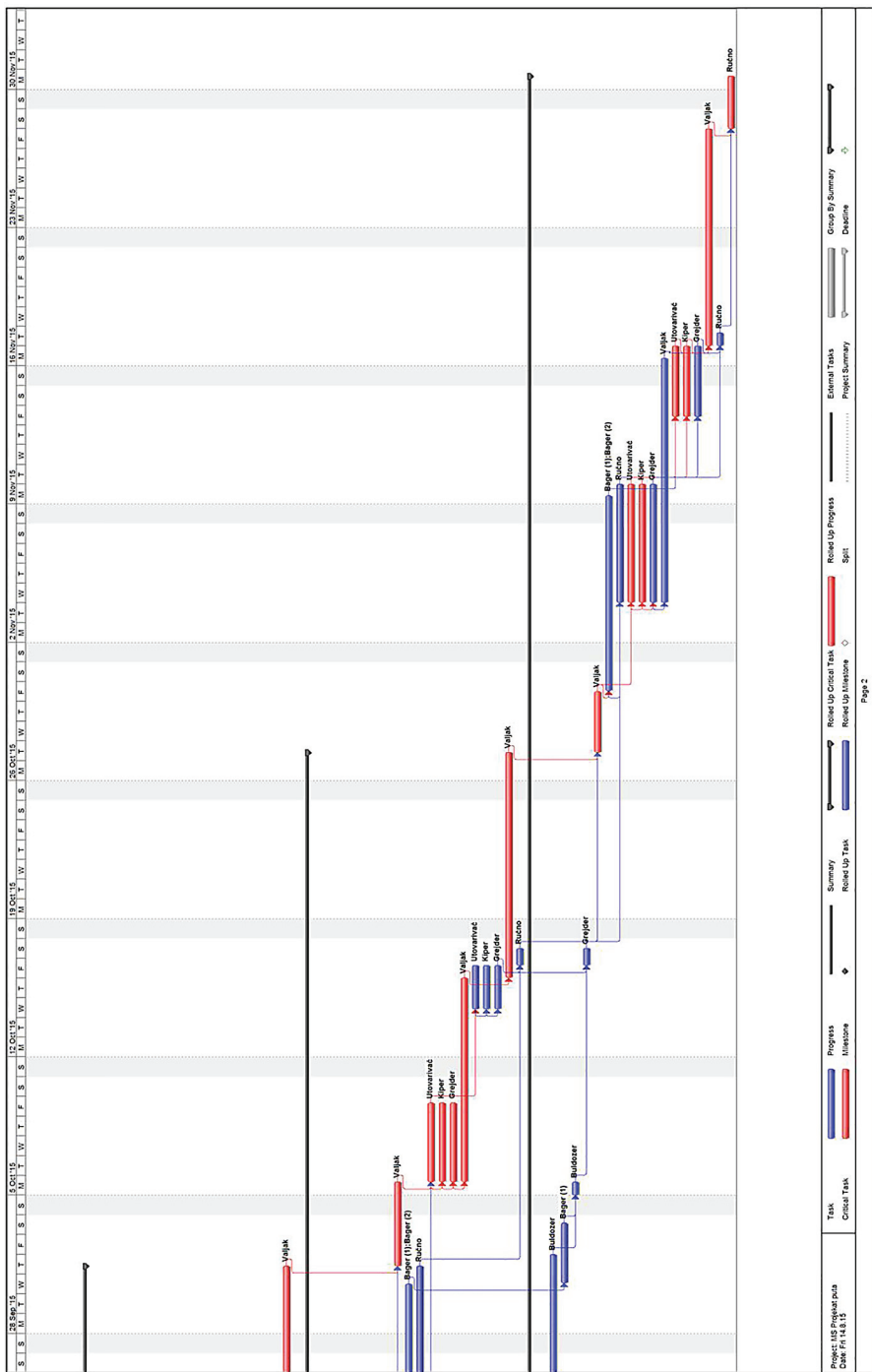
На сликама 2а и 2б, дат је пример паралелног динамичког плана – гантограма, урађеног по методу критичног пута у програму Microsoft Project 2007. Активности означене црвеном бојом представљају критичне активности, док су некритичне активности представљене плавом бојом. Наведени гантограм урађен је за потребе управљања реализацијом пројекта реконструкције шумског пута „Расадник – Пустинац“ у наставној бази Шумарског факултета „Мајданпечка домена“.

3.3. Оптимизација почетног мрежног плана

Првоизрађени планови ретко представљају најбољу опцију, па је стога потребно вршити њихову прераду у смислу добијања бољег решења, тј. вршити оптимизацију по неком критеријуму. Оптимизација може да се врши по различитим критеријумима: рок грађења, трошкови грађења, квалитет изведеног објекта, искоришћење ресурса у току изградње објекта, при чему није могуће постићи максималне резултате за сва три услова – максималан квалитет уз најниже трошкове у најкраћем времену (Zlatanović, M. *et al.*, 2011b).



Слика 2а. Метод критичног пута на примеру реконструкције шумског пута (1. део)
Figure 2a. Critical Path Method in case of reconstruction of the forest road (Part 1)



Слика 2b. Метод критичног пута на примеру реконструкције шумског пута (2. део)
Figure 2b. Critical Path Method in case of reconstruction of the forest road (Part 2)

4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧЦИ

Управљање пројектима обухвата све организацијске способности и технике, које су усмерене ка остваривању неког пројекта. Применом тих техника на пројекту постиже се елиминисање или смањење ризика услед неизвесности и промена, повећање ефикасности, усмеравање пажње на критичне и важне проблеме и стварање основе за управљање и контролисање пројекта. Примена технике мрежног планирања у управљању реализацијом пројекта је незаменљива, јер мрежна техника омогућава, поред графичког представљања и праћење пројекта, прибављање великог броја потребних информација неопходних за управљање реализацијом пројекта (Јовановић, Р. 2004).

Пројекти изградње путева су веома скупи, неизвесни и под великим утицајем непредвидивих фактора, попут временских прилика, категорије земљишта, заштите животне средине и друго (Dawood, N. *et al.*, 2009). Пробијање рокова узроковано је великим бројем фактора као што су: недостатак финансија, недостатак материјала, застоји машина, лоша организација рада, односи између инвеститора, извођача, подизвођача, непостојање динамичких планова и сл. (Zlatanović, M. *et al.*, 2011a). Тачна процена трајања пројекта утиче на уштеде у времену и трошковима и смањује ризик реализације пројекта (Stanković, M. *et al.*, 2013). Трајање активности у градитељству углавном се одређује на основу званичних норматива. Међутим, Куриј, К. *et al.*, (2011b) наводе да још увек нема званичних норматива добијених научно-истраживачким приступом, чија би вредност, у складу са дефиницијом норматива, била изражена неком средњом вредности и одговарајућим интервалом поверења израженим стандардном девијацијом.

Проблематици мрежног планирања у управљању пројектима шумског путног инжењерства до сада није посвећено довољно пажње. Анализирајући доступну домаћу и међународну литературу, уочава се да се појављују само појединачне публикације које се баве овом тематиком. Abeli, W.S. *et al.*, (1988) методу критичног пута применили су на пројекту уградње цевастих пропуста на шумском путу, при чему су установили побољшање укупног времена уградње цевастих пропуста за 28%, и то 7% због побољшања у начину рада и 21% због преклапања активности.

Динамичко планирање, и поред великог значаја, до сада није нашло ширу примену у реализацији пројеката изградње шумских путева у Србији, већ се време трајања пројеката најчешће одређује на бази искуства и субјективним проценама пројектанта или руководиоца пројекта изградње путева. При планирању реализације пројеката изградње шумских путева, углавном су коришћени само статички планови који укључују план материјала, а евентуално и план радних сати (према грађевинским нормама), али не и време. Статички планови у грађевинарству у пракси су познатији као економске калкулације у грађевинарству, односно као предмер и предрачун (Kurij, K. *et al.*, 2011a). Увођењем времена у статичке планове приказује се временски распоред ресурса из статичких планова и логички распоред активности којима ти ресурси припадају, чиме ови планови постају динамич-

ки. Метода критичког пута (CPM) већ више од 50 година представља главно средство за планирање пројеката и израду мрежног плана, као и за контролу пројекта током реализације (Stanković, M. *et al.*, 2013). Популарност је стекла јер је једноставна и лака за употребу, тј. може лако да идентификује критичан пут (путеве), укупно трајање пројекта и рана и касна времена (датум почетка и завршетка) сваке активности у мрежном дијаграму.

ЛИТЕРАТУРА

- Abeli, W.S., Dykstra, D.P. (1988): Improving Work Efficiency through the Application of a Critical Path Method. *Forestry*, Vol. 61(1):73-78.
- Akay, A.E., Wing, M.G., Sessions, J. (2014): Estimating sediment reduction cost for low-volume forest roads using a Lidar-derived high-resolution DEM. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, Vol. 9, No. 1, pg 52-57, DOI 10.3846/bjrbe.2014.07.
- Andriјanić T., Dragović N., Todosijević M. (2012): Labour engagement optimization in planning the execution of river regulation works on the Jelašnička river. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 106: 29- 40.
- Avlijaš, R. (2009): Upravljanje projektom – upravljanje rizikom na projektu. Univerzitet Singidunum, Beograd, str. 153.
- Dawood, N., Castro, S. (2009): Automating road construction planning with a specific-domain simulation system. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 14: 556-573.
- Драгашевић, А. (2013): Методолошки аспекти оптимизације ресурса у мрежном дијаграму. Докторска дисертација. Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку, стр. 222.
- Zlatanović, M., Matejević, B. (2011): Usage of Dynamic Plans in Civil Engineering of Serbia. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 9(1): 57-75.
- Zlatanović, M., Matejević, B., Perić, D. (2011): Cost related comparison of optimum construction time via network planning methods. *Technics Technologies Education Management*, Volume 6(2): 344-354.
- Zlatanović, M., Matejević, B. (2012): Tehnologija i organizacija građenja. Zbirka rešenih zadataka sa izvodima iz teorije, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, str. 289.
- Jovanović, P. (2010): Upravljanje projektom. Deveto izdanje, Visoka škola za projektni menadžment, Beograd, str. 378.
- Kurij, K., Beljaković, D. (2011): Izrada planova u graditeljstvu. Građevinska knjiga, str. 239.
- Kurij, K., Jovanović, S. (2011): Primena fazi teorije u izradi dinamičkih planova građenja po metodi kritičnog puta. *Tehnička dijagnostika* (1):59-67.
- Lazarevska, M. (2014): Modelovanje upravljanja građevinskim projektima uz primenu fazi-neuralnih mreža. Doktorska disertacija, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, str. 214.
- Petojević, Z., Mikić, M. (2012): Standardizacija u upravljanju projektima – kratak prikaz standarda ANSI/PMI 99-001-2008. Četvrti internacionalni naučno-stručni skup „Građevinarstvo – nauka i praksa“, GNP 2012, 03.-07.03.2012., Podgorica, Crna Gora, str. 8.
- Radulović, A. (1981): Tehnika mrežnog planiranja. Privredna štampa, Beograd, str. 256.
- Ranković, N., Butulija, S. (1998): Prilog utvrđivanju finansijskih merila za procenu isplativosti investiranja u gradnju šumskih puteva – primer G. J. „Brodica“, severni Kučaj = Contribution to the fixing of financial criteria for appraisal of investments payability in forest roads construction. *Šumarstvo*, LI (5-6): 19-26.

- Stanković, M., Čirović, G., Mitrović, S., Popović-Miletić, N. (2013): Pregled metoda i tehnika planiranja i replaniranja građevinskih projekata, AGG+ časopis za arhitekturu, građevinarstvo, geodeziju i srodne naučne oblasti, 1(1):214-225, DOI 10.7251/AGGPLUS1301214S.
- Twort, A. C., Gordon Rees, J. (2004): Civil Engineering Project Management, Fourth Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, str. 294.
- Hajdu, M. (1997): Network Scheduling Techniques for Construction Project Management. Springer-Science+Business Media, B.V. str. 339.
- Çağlar, S. (2013): An Evaluation of the Estimated and Realized Cost of Forest Road: (Examples of Artvin Regional Directorate of Forestry). in Proceeding of International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October 2013, Artvin, Turkey, str. 18-25.
- Wisniewski, M., Klein, J. H. (2001): Linear Programming and Critical Path Analysis. Palgrave. str. 205.

NETWORK PLANNING TECHNIQUE IN FOREST ROAD ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT

*Dušan Stojnić
Milorad Zlatanović*

Summary

Forest roads are the most expensive infrastructure facilities in forestry, and their construction is accompanied by risk, uncertainty and imprecision. Given the complexity and specificity of forest infrastructure projects, a large number of organizational units that participate in their implementation, as well as their duration and cost, there is a need for accurate and systematic definition of all activities to be undertaken in order to enable high-quality project management. For a successful implementation of construction projects it is necessary to have well-designed dynamic plans of works implementation and resources involvement.

The network planning technique is one of the most commonly used methods in the management of project implementation in construction and also the best and most reliable one. The critical path method, as one of the ways of network planning, is used in cases when duration of certain activities in the project is known, and can be unambiguously determined, i.e. the duration is treated as an exact and measurable size. The critical path method is suitable for performing projects with established norms, or if such projects have already been implemented several times, as is the case with construction projects.

In spite of its great significance, so far dynamic planning has not been widely applied in the realization of forest road construction projects in Serbia. The duration of a project is commonly determined on the basis of experience and subjective evaluations of the designer or manager of a road construction project. The method of critical path can be applied to easily identify the critical path (paths), total duration of the project, and early and late times (date of beginning and ending) of each activity in the network diagram.