

Катарина Лазаревић^{1*}, Тијана Вулевић¹, Нада Драговић¹

ОПТИМИЗАЦИЈА ТРАЈАЊА РЕАЛИЗАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА НА ПРИМЕРУ РЕГУЛАЦИЈЕ ЈЕЛАШНИЧКЕ РЕКЕ

OPTIMIZATION OF PROJECT DURATION, CASE OF JELAŠNIČKA RIVER REGULATION PROJECT

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава бр.1, 11030 Београд;

*katarina.lazarevic@sfb.bg.ac.rs

Апстракт

Овај рад се бави оптимизацијом (минимизацијом) времена трајања пројекта на примеру регулације Јелашничке реке. Трајање градње и динамички план пројектних активности су одређени помоћу СРМ методе мрежног планирања. Проблем оптимизације времена трајања пројекта, решен је применом линеарног програмирања и софтвера Matlab-a. Линеарном функцијом представљена је веза између трајања активности и трошкова, са претпоставком да скраћење времена трајања активности доводи до повећања трошкова. Резултати показују да се применом метода мрежног планирања и линеарног програмирања може оптимизовати (минимизовати) време трајања пројекта уз минимално повећање трошкова.

Кључне речи: линеарно програмирање, минимизација времена, СРМ метода, Matlab, уређење бујица

Abstract

This paper deals with the optimization (minimization) of the time duration of the project on the example of the regulation of the Jelašnicka River. The duration of the construction and the dynamic plan of project activities is determined using the CMP method of network planning. The problem of optimizing the time duration of the project was solved using linear programming and software Matlab. Linear function is presented as the link between the duration of activities and the costs, with the assumption that shortening the time duration of the activity leads to increased costs. The results show that using the method of network planning and linear programming, the duration of the project can be optimized (minimized) with minimal cost increase.

Keywords: linear programming, time minimization, CPM method, Matlab, torrent control

УВОД

Пројекти заштите земљишних и водних ресурса, као дуготрајни инвестициони пројекти, захтевају велике количине финансијских средстава, ресурса и велики број учесника. Ради успешне реализације ових пројеката потребно је функционално управљати истима, одржавајући равнотежу између времена извршавања, трошкова и квалитета.

Одвијање радова на уређењу бујичних водотока прате бројни недостаци који за последицу имају дуже трајање реализације пројекта, а самим тим повећавају се и трошкови. Технологија одвијања радова за уређење бујичних сливова и заштиту земљишта од ерозије условљена је пре свега конфигурацијом терена и карактеристикама бујичног тока. Преглед техника и метода које се могу користити за планирање реализације пројеката дају **Станковић и др. (2013)**.

Досадашњу праксу уређења бујичних сливова карактеришу одређени недостаци, као што су: лоша организација радова, пробијање рокова изградње објеката, не стављање објекта у функцију за коју је намењен, повећање трошкова (**Драговић, 1993**). Планирање реализације пројекта за уређење бујичних сливова доприноси да изградња објеката буде благовремена и економична, а постиже се применом одговарајућих метода Технике мрежног планирања (ТМП). На располагању су бројне методе ТМП које омогућују планирање, праћење и контролу реализације пројеката израдом мрежног плана, од којих су највише коришћене Метода критичног пута (Critical Path Method - CPM) и Метода оцене и ревизије програма (Program Evaluation and Review Technique - PERT).

Техника мрежног планирања је нашла своју примену у планирању реализације пројеката у грађевинарству, шумарству, водопривреди, пољопривреди и другим гранама. У области шумарства ТМП је примењена за планирање реализације изградње шумских путева у Србији (**Стојнић и Златановић, 2015**), у грађевинарству је коришћена за планирању изградње објеката високоградње (**Ћировић, 2002**), у пољопривреди за планирање заснивање дугогодишњих засада (**Милић, 1997**) а у области заштите земљишних и водних ресурса, ТМП је нашла примену код планирања изградње објеката (најчешће преграда и регулација) у бујичним сливовима (**Драговић, 1994**).

Основне фазе ТМП су анализа структуре, анализа времена, планирање ресурса и анализа трошкова. Анализа структуре се заснива на графичком приказу редоследа извршења активности пројекта (условљен технологијом радова) и њихове међузависности у виду мрежног дијаграма или мрежног плана (**Драговић, 1995**). Анализа времена на основу планираног времена извршења активности t_{ij} омогућује одређивање најранијег и најкаснијег почетка активности (t_i^0 , t_i^1) и најранијег и најкаснијег завршетка активности (t_j^0 и t_j^1), као и рока реализације пројекта (T_p) применом формула датих у **Петрић (1987)**. Планирање ресурса обухвата планирање радне снаге, материјала и механизације потребне при планирању реализације одређеног пројекта. Анализа трошкова на основу односа време трајања - трошкови, омогућује скраћење трајања пројекта уз одређену вредност минималних трошкова, односно минимизацију трошкова пројекта тако да се не прекорачи планирани рок реализације радова.

У нашој земљи, у области заштите и земљишних и водних ресурса до сада је

највеће интересовање истраживача имала примена СРМ методе као и расподела радне снаге у циљу минимизације трајања пројекта при ограниченом ангажовању радне снаге. У раду **Драговић (2002)** врши минимизацију трајања изградње попречних објеката у случају ограниченог ангажовања радне снаге применом модификованог Gray-Kidd-овог алгоритма на примеру изградње преграда у Луковској реци. Исту анализу **Андрејанић и др. (2012)** спроводе за регулацију Јелашничке реке. **Dragović et al. (2017)** врше минимизацију трошкова реализације радова на изградњи регулација и преграда у бујичним сливовима наше земље. Бројни примери примене СРМ методе са планирањем ресурса као и анализом трошкова анализирани су код **Драговић (2001)**.

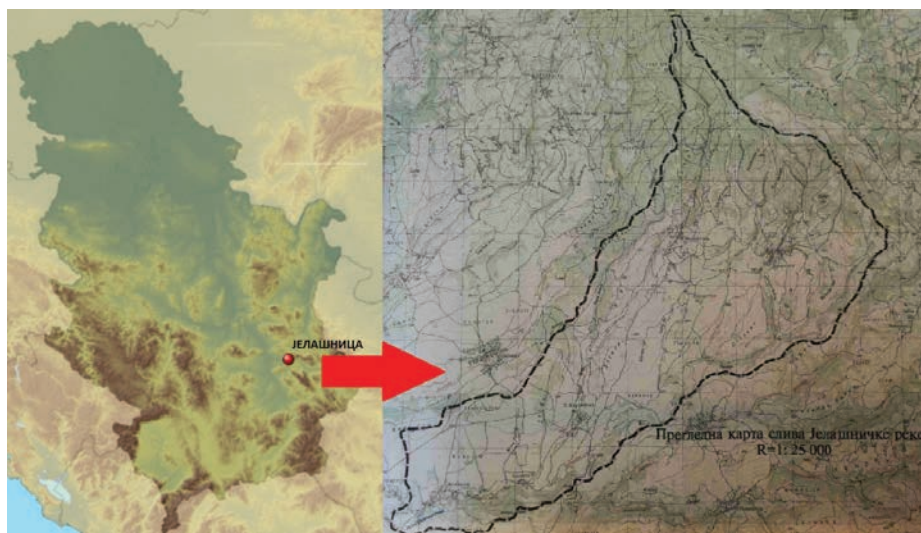
Минимизација времена трајања радова као и минимизација трошкова може се извршити применом линеарног програмирања (**Прашчевић, 1995**). Линеарно програмирање је поуздана и корисна метода за оптимизацију циљева пројекта и производње у рударској индустрији, где се циљеви остварују у условима ограничених природних ресурса и високог степена ризика (**Магдалиновић и др., 2009**), у шумарству за избор оптималне производње, експлоатације, транспорта и промета код шумских газдинстава (**Ranković, 1985**) и у области уређења бујичних сливова и заштите земљишта од ерозије за минимизацију трошкова реализације пројекта, минимизацију времена трајања радова (**Драговић, 2001**). Ова детерминистичка метода веома је применљива у пракси, јер многе проблеме немогуће је адекватно линеаризовати, а да се притом драстично не изгуби на тачности. Ова детерминистичка метода је корисна за решавање практичних проблема јер даје јасан увид у проблематику (циљеве, ограничења) и омогућава изналасење оптималних решења.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Проучавано подручје

Положај слива

Река Јелашница настаје спајањем Купиновачке и Каменичке реке. Слив реке Јелашнице (слика 1.) има правац простирања југозапад-североисток према долини Јужне Мораве у коју се као доминантан водоток у сливу улива на око 5km североисточно од Лесковца.



Слика 1. Изучавано подручје
Figure 1. Study Area

Метеоролошко - климатски услови у сливу

Анализа метеоролошко-климатских услови у сливу Јелашничке реке базирана је на коришћењу података са кишомernih станица Градишница и Лесковац, као и главне метеоролошке станице Лесковац. Просечна годишња количина падавина (период осматрања: 1965-1995) на сливу Јелашничке реке износи $P_{\text{sgod}}=649 \text{ mm}$. Просечна годишња температура ваздуха (период осматрања: 1965-1995) износи $t_{\text{sgod}}=10,7^{\circ}\text{C}$. Инсолација је одређена на основу обраде података осматрања у периоду 1979-1995, а просечна годишња вредност износи $In_{\text{sgod}}=2005 \text{ h}$ (сати).

Геолошке и педолошке карактеристике

Геолошку подлогу овог подручја чине углавном пешчари, серије шкриљаца, са спорадичним појавама еруптивних гранитних маса. На територији слива заступљена су земљишта карактеристична за брдско-планинско подручје: еутрично смеђе земљиште (типична гајњача), илимеризовано еутрично смеђе земљиште (лесивирана гајњача), хумусно-силикатно дистрично литично и реголитично (ранкер и дистрични ранкер), сирозем силикатни и силикатно карбонатни и смоница на језерским седиментима. Ова земљишта имају мали водно-ваздушни капацитет и релативно низак садржај хумуса.

Ерозиони процеси у сливу

Ерозиони процеси на сливу Јелашничке реке анализирани су на основу карте ерозије Србије и теренског обиласка слива. На сливу доминирају ерозиони процеси III категорије (осредња ерозија).

- I категорија – 1,47 km²
- II категорија – 7,39 km²
- III категорија – 8,74 km²
- IV категорија – 12,44 km²

Просечна вредност коефицијента ерозије износи $Z=0,555$

Метод рада

Метода критичног пута (CPM – Critical Path Method), развијена крајем 1950-их од стране Вокера и Келија (*Morgan R. Walker and James E. Kelley Jr.*), је детерминистичка метода мрежног планирања која омогућава анализу структуре пројекта (**Kelley et al., 1989**). Обухвата следеће кораке: састављање листе активности, утврђивање логичног редоследа и начина повезаности активности према технологији одвијања радова, и конструкцију мрежног дијаграма. Након спроведене анализе структуре, спроводи се анализа времена која плази од нормираног времена трајања активности t_{ij} . Уз подршку софтвера Microsoft Project®, динамика одвијања активности приказује се графички у виду гантограма.

Поред времена трајања радова, потребно је одредити и трошкове реализације пројекта, при чему сума трошкова свих група радова (припремних, претходних, главних и завршних) представља укупне трошкове пројекта. За анализу укупних трошкова реализације пројекта користе се јединичне цене добијене анализом цена и предмером радова. Предмер радова обухвата све врсте радова које се одвијају при уређењу бујичних сливова, њихова позиција, јединица мере и тачна количина.

Оптимизација времена трајања реализације пројекта може се извршити применом линеарног програмирања и софтвера Matlab-а.

Решавање разних конкретних проблема захтева прво математичко моделирање датих проблема па затим тражење њиховог решења (**Kulej, 2011**). При моделирању конкретних проблема, ради се са великим бројем величина (променљивих) при чему се намећу одговарајућа ограничења. Скуп оних вредности датих величина које задовољавају постављени систем ограничења назива се скуп допустивих решења и он може имати велики број елемената, чак и бесконачно много допустивих решења. Да би се изабрало допустиво решење, мора се знати критеријум на основу кога се може закључити да ли је једно допустиво решење боље од другог (**Крчевинац и др., 2004**).

У зависности од природе проблема који се решава, оптимално решење представља минимум или максимум функције F (организација производње → максимум; организација транспорта → минимум). Функција F се назива функција циља (**Петрић, 1987**). Уколико је систем ограничења (1) систем линеарних једначина или неједначина и ако је функција циља (2) линеарна функција непознатих величина – променљивих, тада се ради о делу математичког програмирања који се назива линеарно програмирање (**Прашчевић, 1992; Крчевинац и др., 2004**). На основу наведеног, приликом решавања

проблема ЛП потребно је одабрати једну или више оптимизационих променљивих, одабрати функцију циља и формирати скуп ограничења.

ЛП се развијало упоредо са две научне гране – међусекторском анализом и теоријом игара. По садржају се ове три гране битно разликују, али са становишта употребљених математичких средстава су веома сличне, па се и методолошки међусобно преплићу (**Taha Hamdy, 2007**). Математичку основу све три гране чини линеарна алгебра. ЛП је примењивано за максимизирање корисити као што су профит, производња хидроенергије (**Yoo, 2009; Sadeghi, 2009**), односно за минимизацију: трошкова, губитака узрокованих ерозијом земљишта, површинског отицаја, седиментације (**Khorsandi, 2014; Dragović et al., 2017; Owji et al., 2013**).

Оптимизација (минимизација) времена трајања пројекта

Решавање проблема оптимизације времена трајања реализације пројекта подразумева дефинисање функције циља која се може приказати применом формуле:

$$\min Z = T_n$$

при ограничењима

$$\begin{aligned} T_j - T_i - t_{ij} &\geq 0 \\ 0 \leq (t_u)_{ij} &\leq t_{ij} \leq (t_n)_{ij} \\ T_1 &= 0 \\ \sum_{(i-j)} (-a_{ij}t_{ij} + b_{ij}) &\leq C \end{aligned}$$

Овако формулисан задатак путем минимизације функције са датим ограничењима, решава се помоћу методе линеарног програмирања. За времена трајања активности пројекта $t_{ij} = (t_n)_{ij}$ могу се наћи одговарајући трошкови пројекта C_M . За било које $C > C_n$ задатак није решив, али ако се стави да је $T_n = m$ (m је усиљено трајање пројекта) и ако се нађе одговарајуће C_m које одговара усиљеном трајању пројекта, онда ће за $C \geq C_m, T = m = T_n$ бити минимално време (**Петрић, 1987**).

Одређивање нормалног и усиљеног трајања активности и трошкова

Оптимизација трајања реализације пројекта зависи од трошкова и расположивих ресурса.

Пре саме оптимизације трајања пројекта битно је одредити: нормалне трошкове (C_n), усиљене трошкове (C_u), нормално време трајања (t_n), усиљено време трајања (t_u), просечан прираст трошкова (ΔC), као и коефицијенте a_{ij} и b_{ij} који само од њих зависе (**Петрић, 1987**).

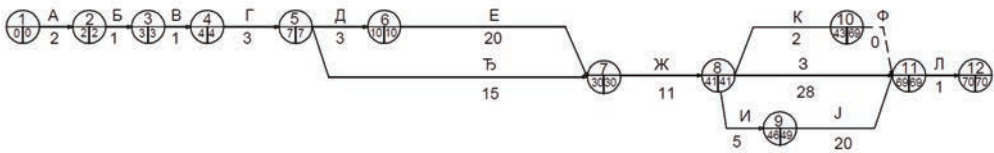
$$a_{ij} = (\Delta C)_{ij} = \frac{(C_u)_{ij} - (C_n)_{ij}}{(t_n)_{ij} - (t_u)_{ij}}$$

$$b_{ij} = \frac{(C_u)_{ij} (t_n)_{ij} - (C_n)_{ij} (t_u)_{ij}}{(t_n)_{ij} - (t_u)_{ij}}$$

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

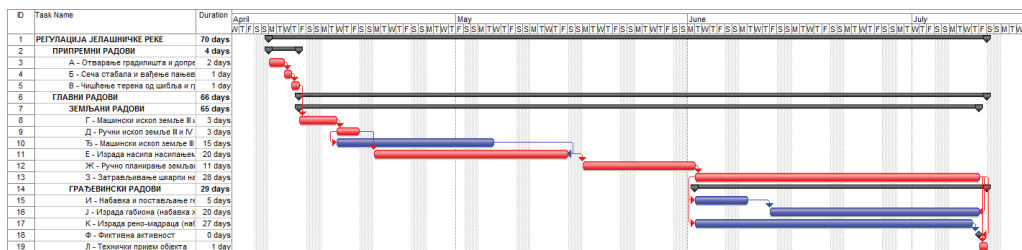
Једна од најчешће примењиваних техника је ТМП која има бројне предности: јасан увид у процес реализације пројекта односно извршења активности пројекта на основу њихове технолошке зависности; дефинисање почетка и завршетка активности пројекта, и праћење одступања стварног стања од планираног; утврђивање критичних активности чије извршење највише утиче на рок реализације пројекта; могућност анализе више варијанти мрежног плана и избор оптималног решења (Чубра, 1982).

На основу “Главног пројекта регулације Јелашничке реке у селу Јелашица – општина Лесковац”, извршена је анализа времена детерминистичком методом мрежног планирања (СРМ – Critical Path Method) (Андрејанић и др., 2012). Анализом структуре састављена је листа активности, утврђен је логичан редослед и начин повезаности активности према технологији одвијања радова, а затим је формиран мрежни дијаграм (слика 2.). Уз подршку софтвера Microsoft Project, динамика одвијања активности приказана је графички у виду гантограма (слика 3.). Овај пројекат састоји се од 12 активности које захтевају средства и време за извршење (А,Б,...Л) и једне фиктивне активности (Ф), које припадају групи радова - приремним и главним (земљани и грађевински радови).



Слика 2. Мрежни план
Figure 2. Network plan

Мрежни план има 6 путева: 1. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-К-Ф-Л; 2. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-З-Л; 3. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-И-Ј-Л; 4. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-К-Ф-Л; 5. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-З-Л; и 6. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-И-Ј-Л. Сабирањем трајања активности које се налазе на најдужем путу у мрежи (2. пут – критичан пут), добија се трајње пројекта од $Tr=70$ дана (слика 2.).



Слика 3. Динамички план одвијања радова (гантограм) на уређењу Јелаšничке реке применом MS Projecta (пре оптимизације)

Figure 3. Dynamic plan (Gantt chart) for the Jelašnička River regulation using MS Project (prior to the optimization)

У анализи трошкова, пажња је оријентисана на директне трошкове који непосредно зависе од времена. Сума трошкова свих група радова (припремних и главних) представља укупне трошкове. За анализу укупних трошкова реализације пројекта регулације реке Јелаšнице коришћене су јединичне цене, добијене анализом цена, и предмер радова. Сума свих трошкова пројекта регулације Јелаšничке реке, приликом нормалног трајања активности, износи 43.170.827,54 динара, а приликом усиљеног трајања активности 47.486.418,39 динара.

Табела 1. Детаљан приказ трошкова и трајања активности пре оптимизације (нормално, усиљено) и после оптимизације

Table 1. A detailed breakdown of costs and duration of activities prior to the optimization (normal, crashed) and after optimization

Ознака активности	Опис радова	ПРЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ						ПОСЛЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ	
		НОРМАЛНО		УСИЉЕНО		ПРОСЕЧАН ПРИРАСТ	Коефицијент		
		tn	Cn	tu	Cu	ΔC	b _g	тро	Сро
		трајање у данима	трошкови у рсд	трајање у данима	трошкови у рсд	у рсд		трајање у данима	трошкови у рсд
I ПРИПРЕМНИ РАДОВИ									
A	Отварање градилишта								
Б	Сеча стабала и вађење пањева	1,00	10025,40	1,00	10025,40	0,00	0,00	1,00	10025,40
В	Чишћење терена од шибља и грања	1,00	4893,68	1,00	4893,68	0,00	0,00	1,00	4893,68
II ГЛАВНИ РАДОВИ									
ЗЕМЉАНИ РАДОВИ									

Г	Машински ископ земље III и IV категорије у уском рову, ширине 1-2m за темеље објекта (услерни насипи, уливни објекат, консолидациони појасеви, каскаде, потпорни зид, изливни објекат)	3,00	203248,95	1,00	223573,85	10162,45	233736,29	1,00	223573,85
Д	Ручни ископ земље III и IV категорије	3,00	44795,80	1,00	49275,38	2239,79	51515,17	1,00	49275,38
Ђ	Машински ископ земље III и IV категорије у широком откопу. Земља из ископа се користи за изградњу насипа	15,00	1653300,26	5,00	1818630,29	16533,00	1901295,30	8,00	1769031,00
Е	Израда насипа насипањем материјала који се раэастрје у слојевима од 20 см, а набија се ручно или машински	20,00	2441434,21	7,00	2685577,63	18780,26	2817039,47	7,00	2685577,63
Ж	Ручно планирање земаљних површина	11,00	437325,00	4,00	481057,50	6247,50	506047,50	4,00	481057,50
З	Затрављивање шарпни насипа и усека	28,00	1125174,75	9,00	1237692,23	5921,97	1290989,98	9,00	1237692,23
ГРАЂЕВИНСКИ РАДОВИ									
И	Набавка и постављање геотекстила GTX-300, тип: не ткани	5,00	97828,49	2,00	107611,34	3260,95	114133,24	2,00	107611,34
Ј	Израда габиона (набавка жице, постављање, формирање и пуњење каменом), отвор окаца мреже је 8x10 см (користи се камен пречника 2d у односу на отвор окаца габиона)	20,00	10099075,00	7,00	11108982,50	77685,19	11652778,85	7,00	11108982,50
К	Израда рено-матраца (набавка жице, постављање и формирање), отвор окаца мреже је 6x8 см (користи се камен пречника 2d у односу на отвор окаца мреже рено-матраца)	27,00	27053726,00	9,00	29759098,60	150298,48	31111784,90	9,00	29759098,60
Л	Технички пријем објекта								
		Σ=70	Σ=43170827,54	Σ=47	Σ=47486418,39			Σ=50	Σ=47436819,10

Помоћу методе линеарног програмирања задатак оптимизације трајања реализације пројекта Јелашничке реке може се формулисати на следећи начин уз помоћ података који су сређени у табели 2.

Табела 2. Потребни подаци за постављање задатка за оптимизацију трајања реализације пројеката Јелашничке реке

Table 2. Necessary data for setting the problem for optimizing the duration of project realization of Jelašnica River

	A	Б	В	Г	Д	Ђ	Е	Ж	З	И	Ј	К	Л
	x	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	x
a _{ij}	0	0	0	10162,45	2239,79	16533,00	18780,26	6247,50	5921,97	3260,95	77685,19	150298,48	0
b _{ij}	0	0	0	233736,29	51515,17	1901295,30	2817039,47	506047,50	1290989,98	114133,24	11652778,85	31111784,90	0

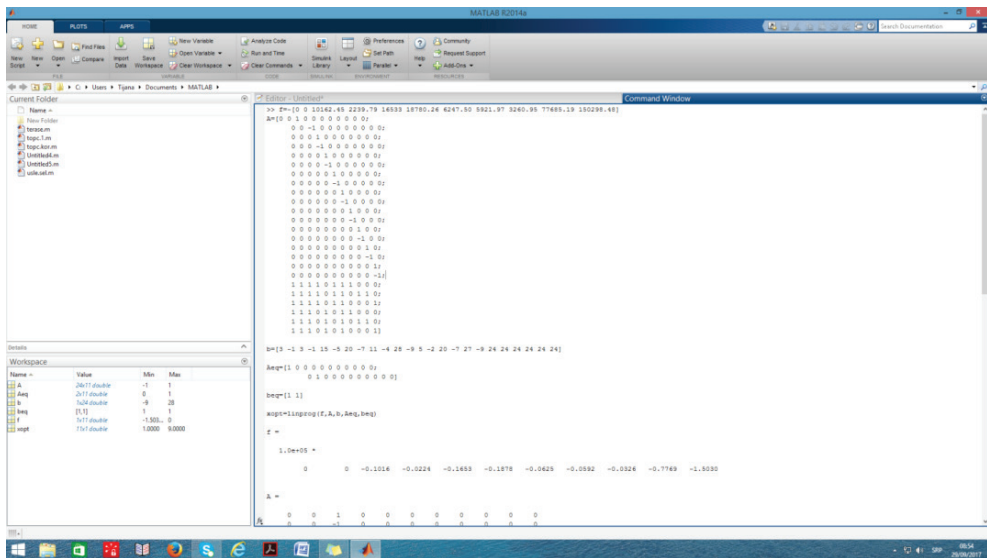
У прорачуну саме оптимизације нису узете у обзир активности А (отварање градилишта) и Л (технички пријем објекта) чији трошкови не могу бити прецизно утврђени и зато што не утичу на саму оптимизацију.

Оптимизација времена трајања реализације пројекта на примеру регулације Јелашничке реке извршена је применом линеарног програмирања уз подршку софтвера Matlab-a, постављањем следеће функције циља:

$$Z = \sum (-a_{ij}t_{ij} + b_{ij}) =$$

$$= -(0t_1 + 0t_2 + 10162,45t_3 + 2239,79t_4 + 16533,00t_5 + 18780,26t_6 + 6247,50t_7 + 5921,97t_8 + 3260,95t_9 + 77685,19t_{10} + 150298,48t_{11}) + 49679320,70$$

Matlab је програмски пакет који се користи за решавање математичких проблема применом програмирања, израчунавања и визуелизације. Основна форма за унос података је низ или матрица која не захтева димензионисање. Због великог броја расположивих функција, оне су груписане у посебне пакете (toolbox). Основни објект у Matlab-у је матрица димензија $m \times n$, а све елементарне операције су тако дефинисане да подржавају рад са матрицама. Тиме је омогућено да се све математичке и логичке операције, као и искази у Matlab-у дефинишу и изводе на исти начин као што би их писали на папиру (слика 4.). Вектори су посебни случајеви матрица $1 \times n$ или $n \times 1$, док су скаларне величине посебан случај матрице 1×1 .



Слика 4. Командни прозор софтвера Matlab и уношење података
Figure 4. Command window of Matlab software and data input

Резултати показују да након извршене оптимизације (минимизације), Matlab као резултат (output) нуди следеће трајање активности које је предвиђено (усиљено трајање) за све активности осим за активност са ознаком Ђ (Машински ископ земље III и IV категорије у широком откопу; Земља из ископа се користи за изградњу насипа.). Предвиђено усиљено време трајања активности Ђ било је $t_u^{\text{Ђ}} = 5$ дана, а оптимизацијом је добијено време $t_{\text{po}}^{\text{Ђ}} = 8$ дана (табела 1.). Након оптимизације, укупно смањење времена реализације пројекта је 20 дана. Због смањења времена реализације пројекта, трошкови изградње су повећани. Након оптимизације, трошкови пројекта износе 47.436.819,10 динара.

ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада била је минимизација времена трајања пројекта уз минимизацију повећања трошкова на примеру уређења бујичног тока Јелашничке реке. Применом метода мрежног планирања (CPM) и метода линеарног програмирања извршена је оптимизација времена трајања пројекта, где је укупно смањење времена реализације пројекта 20 дана (са почетних 70 дана, на 50 дана). Трошкови пројекта су после оптимизације већи у односу на нормалне трошкове за 9,88%, а мањи у односу на усиљене за 0,1%. Применом метода за оптимизацију задовољен је постављен критеријум циља: минимизација времена трајања пројекта. На примеру планирања изградње регулације Јелашничке реке доказано да се применом метода мрежног планирања (CPM) и метода линеарног програмирања постиже оптимално трајање реализације пројекта уз минимално повећање трошкова пројекта.

Напомена: Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање” (43007), подпројекат бр. 16: „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене”, који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период од 2011 до 2017. године.

ЛИТЕРАТУРА

(2005): “Главни пројекат регулације Јелашничке реке у селу Јелашица – општина Лесковац”. Шумарски факултет, Београд

Андријанић, Т., Драговић, Н., Тодосијевић, М. (2012): “Оптимизација ангажовања радне снаге при планирању извођења радова на регулацији Јелашничке реке”. Гласник Шумарског факултета 106, 29-40. Шумарски факултет, Београд

Драговић, Н. (1993): “Прилог управљању пројектима за уређење бујичних сливова”. Симпозијум агроекономиста, 20-22 септембар, Пољопривредни факултет, Београд.

Драговић, Н. (1994): “Оцена примене СРМ-методе при изградњи објеката за уређење бујичних сливова”. XXI Југословенски симпозијум за операциона истраживања SYMOPIS '94, 803-805.

Драговић, Н. (1995): “Планирање изградње једне бујичне преграде”. XXII Југословенски симпозијум за операциона истраживања” (Eds. С. Вујић) Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 867-870.

Драговић, Н. (2001): “Оптимизација реализације пројеката за уређење бујичних водотока”. Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

Драговић, Н. (2002): “Минимизација трајања изградње попречних објеката у бујичним водотокима при ограниченом ангажовању радне снаге”. XXIX Југословенски симпозијум о операционим истраживањима (Eds. Ј. Тодоровић, М. Вујошевић), ИИПП Институт за истраживања и пројектовање у привреди.

Крчевинац, С., Чангаловић, М., Ковачевић-Вујчић, В., Мартић, М., Вујошевић, М. (2004): “Операциона истраживања”. Факултет организационих наука, Београд

Магдалиновић, Н. и др. (2009): “Оптимизација рударских пројеката и производње”. Рударски радови, број 2/2009, Комитет за подземну експлоатацију минералних сировина Ресавица-Република Србија, Институт за рударство и металургију Бор, 35-38

Милић, Д. (1997): “Примена операционих истраживања у воћарско-виноградској производњи”. С., Поткоњак (Едс), Примена операционих истраживања у пољопривреди (Едс.), ПКБ Центар за информисање и издавачку делатност, Београд, 212-226.

Петрић, Ј. (1987): “Операциона истраживања”. Научна књига, Београд

Прашчевић, Ж. (1992): “Операциона истраживања у грађевинарству, детерминистичке методе”. Грађевински факултет, Београд

Прашчевић, Н. (1992): “Одређивања оптималног трајања активности при реализацији пројекта за специфицирано време”. Грађевински факултет, Београд, XXII Југословенски симпозијум за операциона истраживања SYMOPIS '95, 803-805.

Станковић, М., Ћировић, Г., Митровић, С., Поповић-Милетић, Н. (2013):

“Преглед метода и техника планирања и репланирања грађевинских пројеката”. АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области 214-225.

Стојнић, Д., Златановић, М. (2015). “Техника мрежног планирања у управљању пројектима шумског путног инжењерства”. Шумарство 3, 133-142.

Ђировић, Г. (2002): “Проблеми планирања, организације и технологије грађења”. Виша грађевинско-геодетска школа, Београд.

Чубра, Н. (1982): “Планирање и програмирање у грађевинарству”. ИРО “Грађевинска књига”, Београд.

Dragović, N., Vulević, T., Todosijević, M., Kostadinov, S., Zlatić, M. (2017): “Minimization of direct costs in the construction of torrent control structures”. Technical Gazette 24.4, 1123-1128

Kelley, J. E., Walker, M. R., & Sayer, J. S. (1989). The origins of CPM: a personal history. *PM Network*, 3(2), 7–22

Khorsandi, N. (2014): “Evaluation of Land Use to Decrease Soil erosion and Increase Income”. Polish Journal of Environmental Studies 23 (4), 1329-1333.

Kulej, M. (2011): “Operations research”. Business information Systems, Wroclaw University of Technology, ISBN 978-83-62098-83-5

Owji, M.R., Nikami, D., Mahdian, M.H., Mahmoudi, SH. (2013): “Minimizing runoff and sedimentation by optimizing land use”. Journal of water and soil conservation. Journal of agricultural sciences and natural resources. 20 (4), 183-199.

Ranković, N. (1985): “Optimalna struktura ponude drvnih sortimenata bukve, hrasta i topole u SR Srbiji bez SAP-a sa stanovišta maksimalnih finansijskih efekata”. Glasnik Šumarskog fakulteta 64, 141-147. Šumarski fakultet, Beograd

Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh., Nikkani, D. (2009): “Land use optimization in watershed scale”. Land use policy 26, 186-193.

Taha Hamdy, A. (2007): “Operations research: an introduction – 8th edition”. Pearson Education, Inc. USA

Yoo, J-H. (2009): “Maximizing of hydropower generation through the application of a linear programming model”. Journal of Hydrology 376, 182-187.