

ГЛАСНИК ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА, БЕОГРАД, 2011, бр. 104, стр. 7-18

BIBLID: 0353-4537, (2011), 104, p 7-18

Vukićević M. 2011. *Simulation of primary log cutting plan (PPRT) in sawmill wood processing*. Bulletin of the Faculty of Forestry 104: 7-18.

Милан Вукићевић

UDK: 674.093.6:004.9

Оригинални научни рад

DOI: 10.2298/GSF1104007V

## СИМУЛАЦИЈА ПЛАНА ПРИМАРНОГ РЕЗАЊА ТРУПАЦА (ППРТ) У ПИЛАНСКОЈ ПРЕРАДИ ДРВЕТА

**Извод:** Реализација дате спецификације резане грађе у производњи остварује се на основу предходно састављеног плана резања, примарног и секундарног. План примарног резања трупаца (ППРТ) има своју вербалну и математичку интерпретацију. Теоријски аспект израде ППРТ дат у литератури има крупан недостатак. С обзиром да је заснован на дескрипцији и искуственој комбинаторици, тешко да би се за добијени ППРТ могло рећи да је оптималан. Поред овог недостатка, постоји још један. То је чињеница да се проблем израде ППРТ своди на једнокритеријумски проблем, тј. минимизацију укупног отпадака. Ако се проблему израде ППРТ приђе системски, онда је јасно да је минимизација укупног отпадака само један, од низа циљева који ППРТ треба да задовољи. Али, и поред тога поступак дат у литератури има дубоке корене у пракси. У раду се, на принципу симулације, даје један савремени поступак израде ППРТ. Тај поступак је етапни. Прва етапа обухвата рачунарску подршку у поступку израде основа резања. Такође, и једнокритеријумско одлучивање при избору основа резања које обезбеђују минимални укупни отпадак за поједине ППРТ. Друга етапа обухвата дефинисање још два критеријума од којих зависи оптималност ППРТ. То су цена трупаца и профит. Урађене су 84 основе резања и 4 ППРТ. За решење проблема, односно добијање оптималног ППРТ при постојању три критеријума, употребљено је вишекритеријумско одлучивање. Примењена је метода АНАЛИТИЧКИХ ХИЈЕРАРХИЈСКИХ ПРОЦЕСА (Analytical Hierarchy Process - АНР). За сам прорачун коришћен је софтвер Program Criterium Decision Plus - Version 3.0 Student version, InfoHarvest.Inc. У наведеној симулацији израде ППРТ, као оптималан план добијен је ППРТ3. Наведена три критеријума нису коначан број. Од инвентивности менаџера зависи да ли ће у проблем укључити још неке, релевантне, критеријуме.

**Кључне речи:** основа резања, вишекритеријумско одлучивање, ППРТ

*др Милан Вукићевић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (e-mail: milan.vukicevic@sfb.bg.ac.rs)*

## SIMULATION OF PRIMARY LOG CUTTING PLAN (PPRT) IN SAWMILL WOOD PROCESSING

**Abstract:** A specification of sawn timber is realised based on the previously designed log cutting plan, primary and secondary. The plan of primary log cutting (PPRT) has its verbal and mathematical interpretations. The theoretical aspect of PPRT design reported in the literature has great disadvantages. As it is based on the description and empirical combinations, such PPRT could hardly be evaluated as optimal. In addition to the above weakness, there is another one, i.e., the fact that the problem of PPRT design is reduced to a mono-criterion problem, i.e. the minimisation of total waste. If the problem of PPRT design is approached systematically, it is clear that the minimisation of total waste is only one out of a series of goals that a PPRT should fulfil. Nevertheless, the procedure presented in the literature is deeply rooted in practice. This paper, based on the simulation principle, presents a modern procedure of PPRT design which consists of a number of phases. The first phase includes computer support in the design procedure of log cutting plans and also, a mono-criterion decision making in the selection of log cutting plans which ensure the minimal total waste per PPRT. The second phase includes the definition of another two criteria which are decisive for the optimal quality of PPRT. They are the log prices and the profit. Altogether 84 (eighty-four) cutting plans were designed and 4 (four) PPRTs. The solution of the problem, i.e. the design of an optimal PPRT in the conditions of three criteria, is based on multicriteria decision making using the method of Analytical Hierarchy Processes - AHP. The calculation is computed by the software Program Criterion Decision Plus - Version 3.0 Student version, InfoHarvest.Inc. In the study simulation of PPRT design, the optimal plan was PPRT3. The presented three criteria are not the final number. The inclusion of additional relevant criteria will depend on the inventiveness of the manager.

**Key words:** cutting plan, multicriteria decision making, PPRT

### 1. УВОД

Производња резане грађе се реализује према одговарајућој спецификацији. Спецификација може да обухвати (Кнежевић, 1981):

- спецификацију трупаца (пречник, број комада, запремина) уз слободу израде резане грађе стандардних димензија;
- спецификацију резане грађе (дебљина, ширина, дужина, квалитет, количина) на основу које се одређује спецификација трупаца;
- спецификацију трупаца и спецификацију резане грађе.

Реализација дате спецификације у производњи остварује се на основу претходно састављеног плана резања, примарног и секундарног. План примарног резања трупаца (ППРТ) има своју вербалну и математичку интерпретацију. Вербална интерпретација би била следећа: план примарног резања трупаца, поред задовољавања ограничења која се односе на добијање резане грађе жељених карактеристика и количина из расположивих трупаца одређених карактеристика и количина, мора

да обезбеди и постизање минимума функције циља, тј. минималног укупног отпадака при преради трупаца.

Класичан, опште прихваћен модел израде ППРТ детаљно је описан у литератури (Кнежевић, 1981). Основе резања се састављају ручно, прво за најдебље и најшире даске, а затим за све остале. Циљ је да се при томе постигне што је могуће боље квантитативно искоришћење трупаца. Затим се одређују количине трупаца датих димензија које ће се резати према формираним основама резања. Потом следи провера да ли су добијене количине једнаке, мање или веће од предвиђених спецификацијом по појединим димензијама резане грађе. Ако су одступања већа, морају се извршити одређене измене израђених основа резања, или увођење у разматрање неких нових основа резања. На крају се израчунава проценат искоришћења укупне количине трупаца коју је потребно резати.

Овај модел, који се и данас примењује, био је примерен тренутку када није постојала могућност рачунарске подршке. Састављати данас основе резања ручно, рачунати димензије дасака и кубатуру и подешавати у случају одступања количина, је апсурдно. То значи да овај модел састављања ППРТ нема, нити је могао да има, и своју математичку интерпретацију. Самим тим, извођење закључка да је са неким ППРТ остварена функција циља, тј. минимални укупни отпадак при преради трупаца, је крајње произвољно. Поред овог недостатка, постоји још један. То је чињеница да се проблем израде ППРТ своди на једнокритеријумски проблем, тј. минимизацију укупног отпадака. Ако се проблему израде ППРТ приђе системски, онда је јасно да је минимизација укупног отпадака само један, од низа циљева које ППРТ треба да задовољи.

## 2. ЗАДАТАК И МЕТОД РАДА

ППРТ, како је то напоменуто у уводним излагањима, мора да задовољи врло велики број ограничења. Стандардно, функција циља је минимални укупни отпадак. Код математичке интерпретације проблема, то значи да се ради о једнокритеријумском проблему. Међутим, неминовно се намећу, бар два питања:

- да ли за дату спецификацију резане грађе и спецификацију расположивих трупаца постоји један, и само један, ППРТ?
- да ли увек, и у свакој ситуацији, само минимални отпадак одређује да ли је ППРТ оптималан или не?

Одговор на прво питање је негативан. За дату спецификацију резане грађе и спецификацију расположивих трупаца, могуће је урадити  $m$  ППРТ ( $i=1-m$ ).

Ако се проблему приђе системски, одговор на друго питање је, такође, негативан. За сваки ППРТ ( $i=1-m$ ) могуће је направити  $n$  основа резања ( $j=1-n$ ). Када се за сваки  $i$ -ти план резања примени метод једнокритеријумског одлучивања (симплекс метод), где је функција циља минимални укупни отпадак, добија се оптимална

комбинација основа резања која задовољава сва постављена ограничења. Значи, сваки  $i$ -ти план резања обезбеђује добијање жељене спецификације резане грађе из познате спецификације трупаца. То значи да је и вредност сортимената за сваки ППРТ иста. Све друго је различито. Различит је:

- укупан отпадак настао при преради трупаца;
- утрошак трупаца по појединим ППРТ, а тиме и њихова вредност;
- број резова по групци;
- време прераде дате количине трупаца, а тиме и производност примарне машине-гатера;
- трошкови прераде по појединим ППРТ (електрична енергија, логистика, итд.);
- остварени профит по појединим ППРТ.

Све ово иде у прилог констатацији да се решавању проблема избора оптималног ППРТ, којих може бити од  $i=1-m$ , мора приступити на један потпуно другачији начин. Проблеми код којих постоји потреба уважавања више ограничења за различите променљиве, уз постојање различитих циљева, решавају се виšekритеријумском анализом. У овом случају биће примењена метода АНАЛИТИЧКИХ ХИЈЕРАРХИЈСКИХ ПРОЦЕСА (Analytical Hierarchy Process-AHP) (Saaty, 1992, Ћурић, 2001). За сам прорачун биће коришћен софтвер Program Criterium Decision Plus - Version 3.0 Student version, InfoHarvest.Inc (2001).

За израду основа резања биће искоришћен софтвер развијен на бази алгорита максималног квантитативног искоришћења (Vukićević, 1987/б).

За избор оптималних основа резања код ППРТ ( $i=1-m$ ) биће примењена једнокритеријумска анализа (симплекс метода) (Petrić, Kojić, Šarenac, 1988, Vukićević, 1997).

### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Спецификација чамове неокрајчене резане грађе, за коју је потребно урадити основе резања и одговарајуће ППРТ, дата је у табели 1.

Табела 1. Спецификација резане грађе  
Table 1. Sawntwood specification

Дебљина Thickness	Дужина Length	Количина Quantity
<i>mm</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
18	5	15,0
24	5	16,0
28	5	12,0
38	5	20,0
48	5	40,0

Табела 2. Спецификација расположивих трупаца  
Table 2. Specification of available logs

Пречник на тањем крају Top diameter	Дужина Length	Количина Quantity
<i>mm</i>	<i>m</i>	<i>ком.</i>
400	5	25,00
500	5	90,00
600	5	80,00

Количина резане грађе мора бити добијена у количинама датим спецификацијом. Спецификација трупаца, који су на располагању на стоваришту, дата је у табели 2.

Трупци пречника  $d=500 \text{ mm}$  морају бити у потпуности прорезани. Трупци пречника  $d=400 \text{ mm}$  могу бити прорезани до количине од 25 комада. Трупци пречника  $d=600 \text{ mm}$  могу бити прорезани до количине од 80 комада.

Решење проблема подељено је у две етапе:

- ЕТАПА 1 - израда основа резања и једнокритеријумско одлучивање;
- ЕТАПА 2 - оптимизација ППРТ на основу вишекритеријумског одлучивања.

**ЕТАПА 1. Израда основа резања и једнокритеријумско одлучивање**

Урађено је укупно 84 основа резања. Једне су урађене према начелима максималног квантитативног искоришћења, а друге су слободне уз настојање да се приближе онима заснованим на начелима максималног квантитативног искоришћења трупаца.

При изради основа резања усвојено је да прид износи 5% од дебљине даске и он је урачунат у дебљину даске у свим прорачунима, ширина реза износи 3  $\text{mm}$ , пад пречника износи  $5 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-1}$  и дужина трупаца износи 5  $\text{m}$ .

Ширина даске у симулацији резања мерена је на половини дужине трупаца. За даске дебљине до 48  $\text{mm}$  на ужој страни. За даске дебљине 48  $\text{mm}$  и дебље на ужој и широј страни, с тим што је за ширину узета аритметичка средина уже и шире стране.

Све основе резања су разврстане у 4 ППРТ (табела 3).

Код ППРТ4 поновљена је једна основа резања из ППРТ<sub>1</sub>.

Математички модел проблема једнокритеријумског одлучивања гласи:

– ограничења:  $\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq a_{i0}, \dots \dots \dots (1)$

где су:  $x_j$  -  $j$ -та основа резања ( $j=1, n$ ),  $a_{ij}$  - количина резане грађе  $i$ -тих димензија која се добија према  $j$ -тој основи резања,  $a_{i0}$  - потребна количина резане грађе  $i$ -тих димензија,  $m$  - број дебљина резане грађе са одговарајућим ширинама ( $i=1, m$ ) и  $n$  - број основа резања;

– функција циља:  $\min F(x) = \sum_{j=1}^n C_j \cdot x_j [m^3], \dots \dots \dots (2)$

где је  $C_j$  - отпадак при резању према  $j$ -тој основи резања ( $m^3$ ).

Због ограниченог простора не дају се основе резања. Такође, не дају се ни комплетни резултати једнокритеријумског одлучивања. Дају се само укупан

**Табела 3.** Број основа резања по појединим ППРТ  
**Table 3.** Number of cutting plans per individual PPRT

	Број основа резања Number of cutting plans
ППРТ <sub>1</sub>	22
ППРТ <sub>2</sub>	23
ППРТ <sub>3</sub>	20
ППРТ <sub>4</sub>	20

**Табела 4.** Отпадак по појединим ППРТ

**Table 4.** Waste per individual PPRTs

	Укупни отпадак Total waste $m^3$
ППРТ <sub>1</sub>	18,941
ППРТ <sub>2</sub>	17,597
ППРТ <sub>3</sub>	17,346
ППРТ <sub>4</sub>	17,520

**Табела 5.** Потребна количина трупца по појединим ППРТ

**Table 5.** Required log quantity per individual PPRTs

	400 mm	500 mm	600 mm
	$m^3$		
ППРТ <sub>1</sub>	16,6965825	92,78334	8,834928
ППРТ <sub>2</sub>	16,6965825	92,78334	11,779904
ППРТ <sub>3</sub>		92,78334	27,977272
ППРТ <sub>4</sub>		92,78334	27,977272

отпадак по појединим ППРТ (табела 4), и потребна количина трупца за резање по појединим ППРТ (табела 5).

**ЕТАПА 2. Оптимизација ППРТ на основу вишекритеријумског одлучивања**

Код проблема ове врсте, уобичајено је да се врши максимизација функције циља, с обзиром да се критеријуми минимизације могу превести у критеријуме максимизације. Општи облик математичког модела проблема је:

$$\max \{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_n(x), n \geq 2\}, \dots \dots \dots (3)$$

$$x \in A \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}, \dots \dots \dots (4)$$

где су:  $n$  - број критеријума ( $j=1, 2, \dots, n$ ),  $m$  - број алтернатива ( $i=1, 2, \dots, m$ ),  $f_j$  - критеријум ( $j=1, 2, \dots, n$ ),  $a_i$  - алтернатива за разматрање ( $i=1, 2, \dots, m$ ) и  $A$  - скуп свих алтернатива.

Вредности  $f_{ij}$  сваког разматраног критеријума  $f_j$  су познате за сваку од алтернатива ( $a_i$ ):

$$f_{ij} = f_j(a_i) \quad \forall (i, j): i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n. \dots \dots \dots (5)$$

Тежински значај појединих критеријума, као и нумеричке вредности критеријума су резултат процене менаџмента производног система, у коме је оптимизација ППРТ рађена. Како се ради о три различита критеријума, за њих је дат тежински значај на скали од 0-100:

- укупни отпадак - УО . . . . . 30;
- цена трупца - ЦТ . . . . . 50;
- профит - П . . . . . 90.

Тежински значај критеријума је променљива величина, с обзиром да они представљају одраз спољних утицаја на систем, као и унутрашњих ограничења. Нумеричке вредности критеријума дате су у табели 6.

Извештаји софтвера Program Criterium Decision Plus - Version 3.0, дати су у виду хијерархијског графа (сл. 1), и графа одлуке (сл. 2).

На основу графа одлуке (слика 2), јасно се запажа да је оптимална варијанта плана ППРТ<sub>3</sub>. На слици 3 дата је расподела утицаја појединих критеријума на

**Табела 6.** Нумеричке вредности критеријума за поједине варијанте  
**Table 6.** Numeric values of the criteria for individual variants

Критеријуми одлучивања Criteria of decision making	Јед. мере Unit	ППРТ PPRT	Вар. 1 Var. 1	Вар. 2 Var. 2	Вар. 3 Var. 3	Вар. 4 Var. 4
УО	$m^3$	ППРТ <sub>1</sub>	18,49			
		ППРТ <sub>2</sub>		17,93		
		ППРТ <sub>3</sub>			17,35	
		ППРТ <sub>4</sub>				17,52
ЦТ	$€ \cdot m^3$	ППРТ <sub>1</sub>	14.197,78			
		ППРТ <sub>2</sub>		145.51,18		
		ППРТ <sub>3</sub>			14.491,27	
		ППРТ <sub>4</sub>				14.491,27
П*	€	ППРТ <sub>1</sub>	722,22			
		ППРТ <sub>2</sub>		686,88		
		ППРТ <sub>3</sub>			692,87	
		ППРТ <sub>4</sub>				692,87

\* Профит је израчунат апроксимативно, као  $\Pi=0,1 \cdot (ВГ-ЦТ)$ , где су ВГ - вредност резане грађе и ЦТ - цена трупаца (у оба случаја узете су просечне цене на тржишту).

$$ВГ=220 \cdot Q_{18}+190 \cdot (Q_{24}+Q_{28})+200 \cdot Q_{38}+220 \cdot Q_{48}=21.420 \text{ €}$$

$$\text{ППРТ}_1: \text{ЦТ}_1=118,3148505 \cdot 120=14.197,78206 \text{ €}$$

$$\text{ППРТ}_2: \text{ЦТ}_2=121,2598265 \cdot 120=14.551,17918 \text{ €}$$

$$\text{ППРТ}_3: \text{ЦТ}_3=120,760612 \cdot 120=14.491,27344 \text{ €}$$

$$\text{ППРТ}_4: \text{ЦТ}_4=120,760612 \cdot 120=14.491,27344 \text{ €}$$

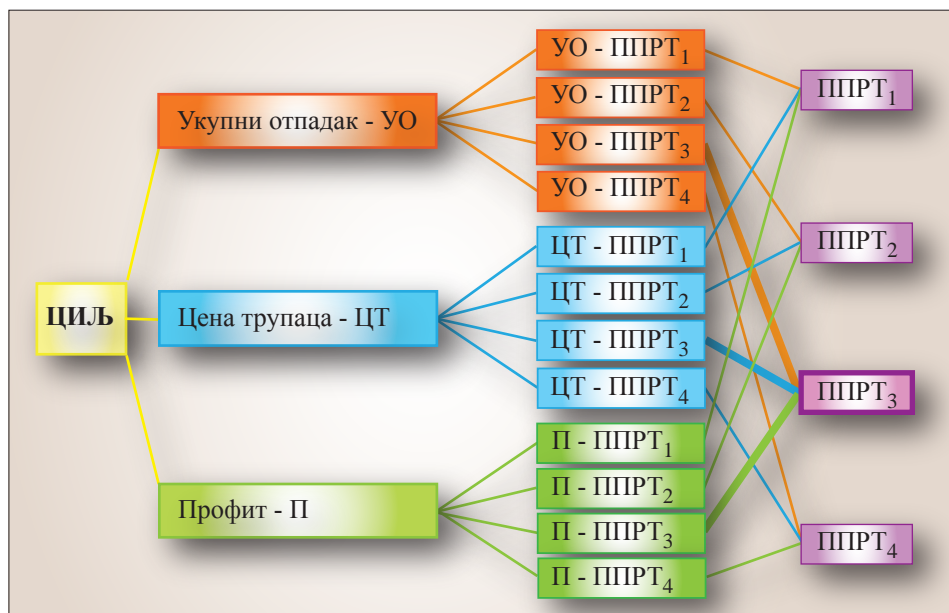
оптималан ППРТ, тј. ППРТ<sub>3</sub>. Имајући у виду пројектовану тежину сваког критеријума, јасно да у одлуци да је ППРТ<sub>3</sub> оптималан, највећи удео имају:

- профит ( $\Pi \approx 0,13$ );
- укупни отпадак ( $УО \approx 0,08$ );
- цена трупаца ( $ЦТ \approx 0,07$ ).

Овим радом обухваћена су три релевантна критеријума од којих зависи одлука. Велика грешка била би направљена ако се у реалним условима, при одлучивању о оптималном ППРТ, пође од претпоставке да су то и једини критеријуми. Њихов број је променљива категорија. Он зависи како од инвентивности људи који се баве овом проблематиком, тако и од постојања, или не постојања квалитетних нумеричких вредности за поједине критеријуме.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Теоријски аспект израде ППРТ (Кнежевић, 1981) има крупан недостатак. С обзиром да је заснован на дескрипцији и искуственој комбинаторици, тешко да би се за добијени ППРТ могло рећи да је оптималан. Али, и поред тога он има



Слика 1. Хијерархијски граф

Figure 1. Hierarchy diagram

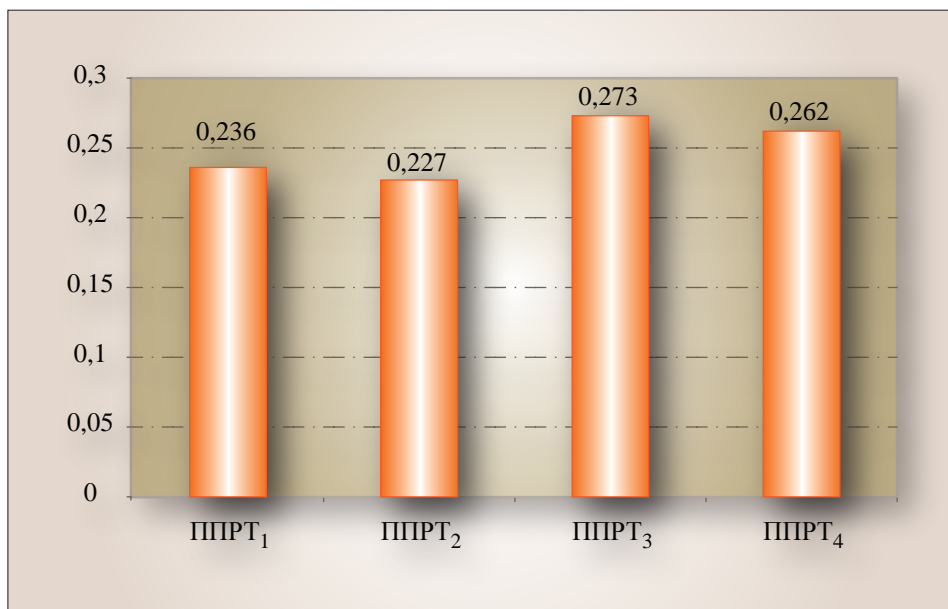
дубоке корене у пракси. То је потпуно разумљиво ако се уважи чињеница да у том времену није постојала рачунарска техника и да се резана грађа произвођача према стандарду за непознатог купца. Данас је ситуација потпуно другачија. Компликованија. Постоји рачунарска подршка, али нема комерцијалног софтвера за израду основа резања, који би омогућио да се направи не једна основа резања, већ њих 50, 100 или више. Такође, резана грађа се производи према спецификацији резане грађе, а често и спецификацији трупца. Први корак ка промени израде основа резања уз рачунарску подршку, био је рад у коме је дат алгоритам за израду различитих основа резања (Vukićević, 1987/a):

- растућих дебљина;
- једнаких дебљина;
- са једном централном даском или призмом, коју је после могуће разрезати;
- са две централне даске или призме, из којих је могуће резати даске или прагове;
- слободне основе резања.

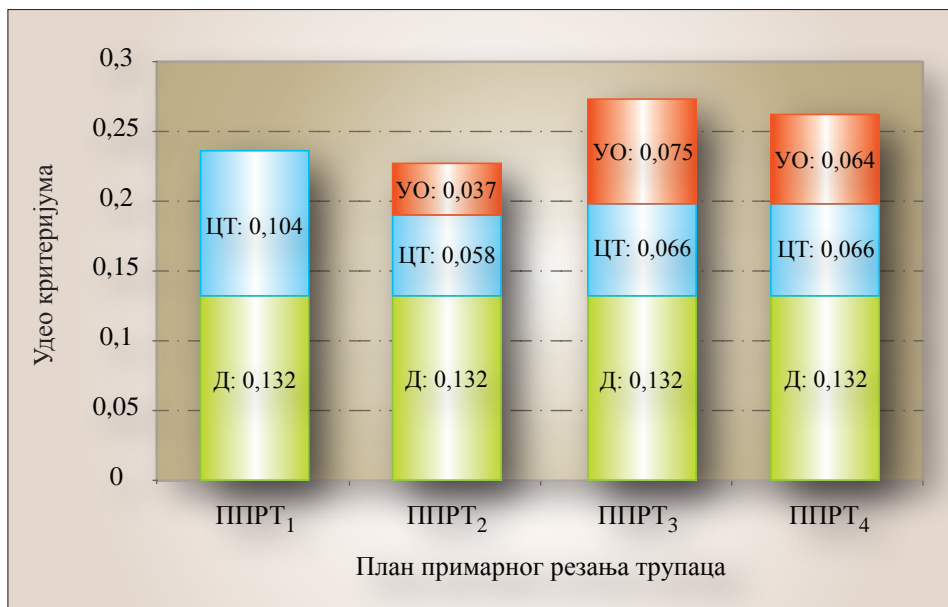
На основу објављеног алгоритма развијен је софтвер за израду основа резања (Vukićević, 1987/б, Vukićević, 1989).

Софтвер за симулацију основа резања, омогућио је дефинисање поступка израде ППРТ заснован на једнокритеријумској анализи (Vukićević, 1993). За дату спецификацију резане грађе смрча/јела урађено је 14 основа резања. Математички





Слика 2. Граф одлуке  
Figure 2. Decision diagram



Слика 3. Граф расподеле утицаја појединих критеријума на оптималан ППРТ  
Figure 3. Distribution of the effects of individual criteria on optimal PPRT

модел проблема, код кога је критеријум оптималности био минимални укупни отпадук, пребачен је у софтвер MICRO MANAGER 2.0. Добијена комбинација основа резања, која представља оптимални ППРТ, задовољила је све постављене услове. Дефинисани поступак представљао је квалитативно нов приступ изради ППРТ. Код њега нема дескрипције и искуствене комбинаторике. Код њега се користи математичко моделирање и решење проблема.

Једнокритеријумски модел оптимизације јесте био значајно унапређење израде ППРТ. Међутим, одлуке које се доносе у производним системима, никада не би требале да се доносе само на основу једног критеријума. Тако је и у приватном животу. Када човек одлучује да ли да промени фирму у којој ради, или не, никада се не опредељује само на основу једног критеријума, на пример плате. Поред плате важна му је и сигурност посла, радно место на које прелази, могућност напредовања у раду, однос менаџмента итд. Али, сем плате сви остали критеријуми су вербални. У производним системима, истраживања и историја података су основа за доношење одлука. Јасно, због интеракције у систему, одлуке донете на основу већег броја критеријума биће боље од оних донетих на основу једног критеријума. Због тога, примена вишекритеријумског одлучивања код избора оптималног ППРТ је незаменљив алат у рукама менаџера чији је циљ подизање профитабилности система.

## 5. ЗАКЉУЧЦИ

Пиланска прерада дрвета, као и производња финалних производа од дрвета, доживела је значајну трансформацију последњих 20-ак година. Од производње за непознатог купца, све више је оријентисана на производњу за познатог купца. При томе, купац има јасно дефинисану спецификацију грађе, а често и спецификацију трупаца. У таквој ситуацији, прављење ППРТ је изузетно сложен посао. Од њега зависи ефикасност система, трошкови, профитабилност итд. То значи, правити ППРТ на основу досадашњег модела, заснованог на дескрипцији и искуственој комбинаторици, је неприхватљиво. Софтвер, развијен на основу одговарајућег алгоритма, омогућава симулацију великог броја основа резања. У датој симулацији је направљено 84 основа резања. Једне су урађене према начелима максималног квантитативног искоришћења, а друге су слободне уз настојање да се приближе онима заснованим на начелима максималног квантитативног искоришћења трупаца. Све оне разврстане су у 4 ППРТ. Поступком једнокритеријумског одлучивања, за сваки ППРТ добијене су основе резања које чине оптимални ППРТ са аспекта минимизације укупног отпадка. Такође, добијен је и број трупаца одређених карактеристика, које је потребно по тим основама резати. И оно што не треба испустити из вида, то је да се дата спецификација резане грађе добија у потребним количинама. Користећи системски приступ и интеракцију између појединих елемената система, јасно је да минимални отпадук није, и не може бити, једини критеријум за избор оптималног

ППРТ. Утрошак трупаца је различит, трошкови прераде трупаца су различити, па сходно томе различит је и профит. Размишљајући системски, јасно су дефинисана 3 критеријума, меродавна за доношење одлуке. То су: укупни отпадак - УО, цена трупаца - ЦТ и профит - П.

Интензитет ових утицаја је променљива категорија. То значи да увек постоји могућност да менаџер који доноси одлуку, процени ком критеријуму, или којим критеријуму, треба дати већу тежину. У зависности од тога мењаће се и то који ППРТ је оптималан. Ово је изузетно важно. Ограничења система, као и проблеми које генерише систем или његово окружење, у различитим пресецима времена су различити.

Примењујући вишекритеријумско одлучивање, дефинисан је оптимални ППРТ, тј. ППРТ<sub>3</sub>.

Искуство је показало да се савремени поступци организационо-управљачког карактера веома тешко прихватају. Разлог томе лежи у чињеници да они захтевају од менаџера потпуно нова знања и системско праћење производње. Значи, није довољно да систем има само хардвер (технолошку опрему, рачунаре, итд.). Потребно је да има и квалификовано особље које ће на адекватан начин користити постојећу опрему. Али, потребно је имати и одговарајућу организацију, која ће све елементе система оптимално да повеже и извуче из њега максимум.

## ЛИТЕРАТУРА

- Vukićević M. (1987/a): *Algoritam matematičkih modela maksimalnog kvantitativnog iskorišćenja pri piljenju skroz i prizmiranjem*, 5. kolokvij „Modernizacija i inovacije u pilanskoj preradi drveta”, Bilten znanstvenih istraživanja drvnotehnoških institucija, broj 1, Zagreb
- Vukićević M. (1987/b): *Primena računara kod maksimizacije kvantitativnog iskorišćenja u pilanskoj preradi drveta*, Šumarstvo 3-4, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta, Beograd (39-49)
- Vukićević M. (1989): *Simulacija procesa piljenja bukovine sa lažnom srčevinom pomoću računara*, Šumarstvo 5, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta, Beograd (35-43)
- Vukićević M. (1993): *Matematičko opisivanje izrade plana rezanja*, Šumarstvo 1-2, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta, Beograd (43-50)
- Golden B.L., Harker P.T., Wasil E.A. (1989): *The Analytical Hierarchy Process - Applications and Studies*, Springer-Verlag, New York
- Knežević M. (1981): *Prerada drveta na strugarama*, Zavod za izdavanje udžbenika NR Srbije, Beograd
- Petrić J., Kojić Z., Šarenac L. (1988): *Operaciona istraživanja - Zbirka rešenih zadataka*, Naučna knjiga, Beograd
- Saaty T.L. (1992): *Multicriteria Decision Making - The Analytical Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburg

Milan Vukićević

## **SIMULATION OF PRIMARY LOG CUTTING PLAN (PPRT) IN SAWMILL WOOD PROCESSING**

### **Summary**

A detailed description of a generally accepted model of primary log cutting plan (PPRT) design is reported in literature. Cutting plans are designed manually for the thickest and the largest boards, followed by increasingly thinner boards, etc. in the aim of achieving the best possible quantitative yield. This is followed by the determination of log quantities of given dimensions which will be sawn according to the drawn cutting plans. The quantities of the converted sawnwood are then controlled - whether they agree with those determined by the specifications for individual sawnwood dimensions. In the cases of major deviations, the designed cutting plans should be changed, or the introduction of some new cutting plans should be considered. Finally, the percentage of total log quantity yield is calculated. This model, which is still being used, was feasible when computer support was not possible. Nowadays, it is absurd to draw the cutting plans manually, to calculate the board sizes and volumes and to adjust them in the cases of quantity deviations. This means that such a model of PPRT design does not have, or could not have had the mathematical interpretation. Therefore, the conclusion that a PPRT has fulfilled the targeted function, i.e. the minimal total waste in log conversion, is utterly arbitrary. In addition to the above weakness, there is another one, i.e., the fact that the problem of PPRT design is reduced to a mono-criterion problem, i.e. the minimisation of total waste. If the problem of PPRT design is approached systematically, it is clear that the minimisation of total waste is only one out of a series of goals that a PPRT should fulfil. The given specification of sawn timber and the specification of available logs require the definition of the optimal PPRT.

This paper, based on the simulation principle, presents a modern procedure of log cutting plan design which consists of a number of phases. The first phase includes computer support in the design procedure of log cutting plans and also, a mono-criterion decision making in the selection of log cutting plans which ensure the minimal total waste per PPRT. With computer support, altogether 84 cutting plans were designed. They were classified into 4 PPRTs. The number of PPRTs could have been different. Also, the classification of cutting plans in individual PPRT was performed randomly. This means that the composition of individual PPRTs could have been made in a different way. A monocriterion decision making (Simplex Method) was then applied for each PPRT and the obtained sets of cutting plans satisfied the determined limitations (sawnwood specification and log specification) and ensured the minimal total waste. The second phase includes the definition of another two criteria which are decisive for the optimal PPRT quality. They are the log prices and the profit. Based on the data from the practice, log prices and profit were calculated per individual PPRT. The solution of the problem, i.e. the design of an optimal PPRT in the conditions of three criteria, is based on multicriteria decision making using the method of Analytical Hierarchy Processes - AHP. The calculation was computed by the software Program Criterion Decision Plus - Version 3.0 Student version, InfoHarvest.Inc. In the study simulation of PPRT design, the optimal plan was PPRT3. The presented three criteria are not the final number. The inclusion of additional relevant criteria will depend on the inventiveness of the manager.