

AT-7: Флексибилни технолошки процеси – пројектовање и оптимизација

др Милица Петровић
Проф. др Зоран Миљковић

Садржај

- Пројектовање флексибилних технолошких процеса;
 - Математички модел за оптимизацију флексибилних технолошких процеса;
 - Генетички алгоритми у оптимизацији флексибилних технолошких процеса;
-

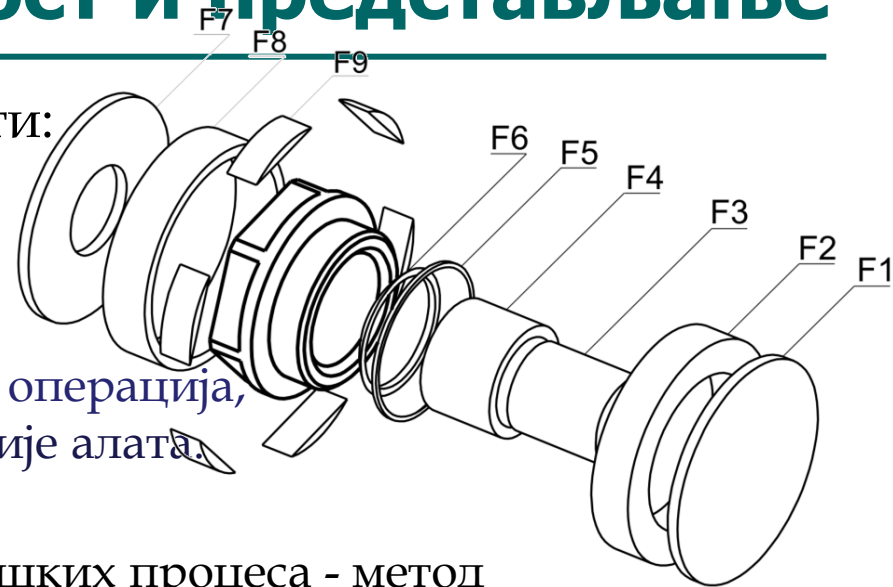
Пројектовање технолошких процеса

- **Деф:** Пројектовање технолошког процеса се може дефинисати као систематско одређивање детаљних метода којима се делови или склопови (у случају монтаже) могу произвести економично и конкурентно, од иницијалне фазе (радионички цртеж готовог дела), преко међуфаза (сиров материјал, припремак, обрадак), до завршне фазе (жељени облик готовог дела).
 - **Улаз за ПТП:** пројектни подаци, подаци о сировом материјалу, подаци о обрадном систему (подаци о машини алатки, алатима, стезним приборима), подаци о захтеваном квалитету и подаци о типу производње (појединачна, малосеријска, великосеријска, масовна).
 - **Излаз из ПТП:** **технолошки процес** - редослед одвијања свих активности (операција) потребних да се од полазног материјала (сировине или полуфабриката) обликује готов део (производ).

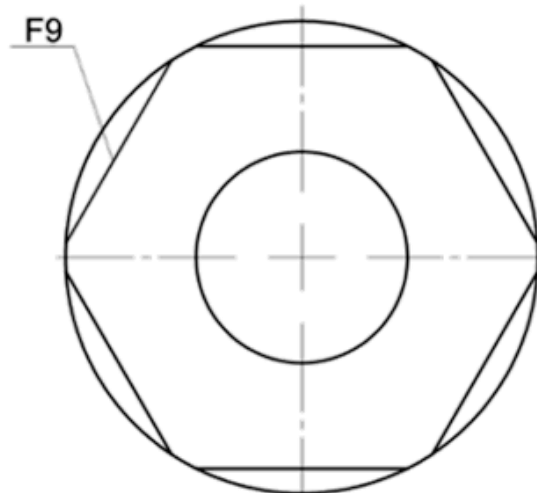
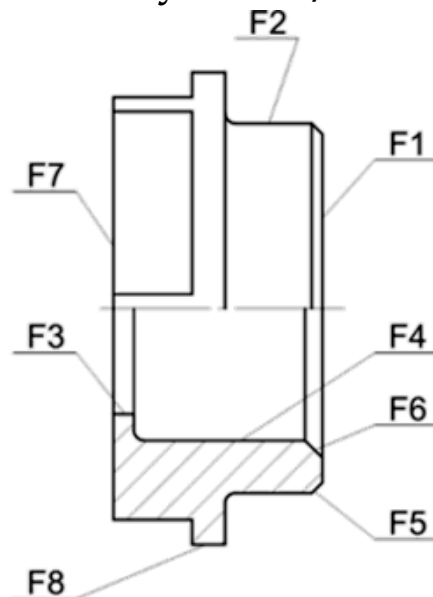
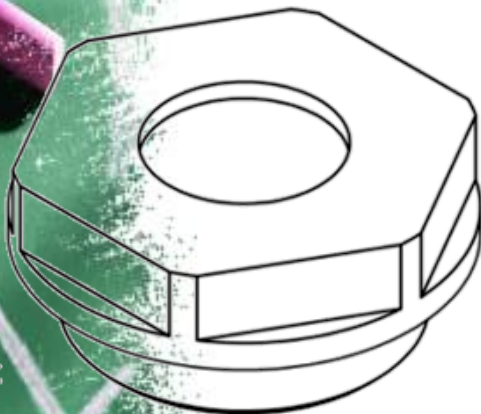
Флексибилност и представљање

пет типова флексибилности:

- (1) флексибилност процеса,
- (2) флексибилност машина,
- (3) флексибилност алата,
- (4) флексибилност редоследа операција,
- (5) флексибилност оријентације алата.



Репрезентација технолошких процеса - метод представљања помоћу AND/OR мрежа;



Флексибилност и представљање

Техничка спецификација дела				
Технолошка форма	Алтернативне операције	Алтернативне машине алатке	Алтернативни алати	Алтернативне оријентације алата
F1	стругање (операција 1)	M1, M2, M3	T1, T2	+z
	глодање (операција 20)	M4, M5, M6	T9, T10	+x, -x +y, -y
	глодање (операција 21)	M4, M5, M6	T11	+z
F2	стругање (операција 2)	M1, M2, M3	T3, T4	+z
	глодање (операција 22)	M5, M6	T10	+z
F3	бушење (операција 3)	M7, M8	T6	+z, -z
	проширивање (операција 4)	M7, M8	T7	+z, -z
F3	бушење (операција 6)	M1, M2, M3	T6	+z, -z
	проширивање (операција 7)	M1, M2, M3	T7	+z, -z
F3	бушење (операција 18)	M5, M6	T6	+z, -z
	проширивање (операција 19)	M5, M6	T7	+z, -z
F4	проширивање (операција 5)	M7, M8	T8	+z
	стругање (операција 8)	M1, M2, M3	T5	+z
	проширивање (операција 23)	M5, M6	T8	+z
F5	стругање (операција 9)	M1, M2, M3	T1	+z
	глодање (операција 24)	M5, M6	T12	+z
F6	стругање (операција 10)	M1, M2, M3	T1	+z
	глодање (операција 25)	M5, M6	T12	+z
F7	стругање (операција 11)	M1, M2, M3	T1, T2	-z
	глодање (операција 12)	M4, M5, M6	T11	+x, -x +y, -y
	глодање (операција 15)	M4, M5, M6	T9, T10	-z
F8	стругање (операција 13)	M1, M2, M3	T1, T3, T4	-z
	глодање (операција 16)	M5, M6	T9	-z
F9	глодање (операција 14)	M4, M5, M6	T11	+x, -x +y, -y
	глодање (операција 17)	M4, M5, M6	T9	-z

Математички модел за оптимизацију технолошких процеса

- **Производно време:** збир времена обраде дела на машини и времена транспорта дела од машине до машине алатке;
- Математички модел производног времена:

$$TP(i) = \sum_{j=1}^{P_{ij}} TW(i, j, k, l) + \sum_{j=1}^{P_{ij}-1} TT(i, l, (j, k_1), (j+1, k_2)), i \in [1, n], j \in [1, P_{ij}],$$

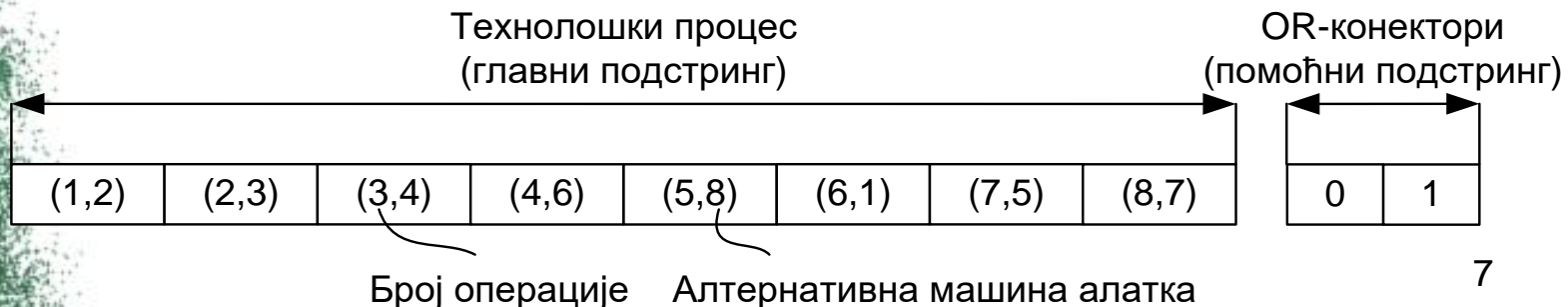
Где је:

$TP(i)$	–	производно време за i -ти део;
$TW(i, j, l, k)$	–	време трајања операције o_{ijl} на k -тој алтернативној машини;
$TT(i, l, (j, k_1), (j+1, k_2))$	–	време транспорта дела i између алтернативних машина k_1 и k_2 ;
n	–	укупан број делова;
o_{ijl}	–	j -та операција l -ог технолошког процеса i -тог дела;
P_{ij}	–	број операција l -ог технолошког процеса i -тог дела;
k	–	алтернативне машине за операцију o_{ijl} ;

- Функција циља (функција одлучивања) $f(i)$: $\max f(i) = \frac{1}{TP(i)}$ 6

Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

- *Генерисање јединки у иницијалној популацији*
- главни подстринг представља технолошки процес;
- главни подстринг хромозома чине гени (број гена је једнак укупном броју операција), где сваки ген дефинишу два броја:
 - ✓ први представља број операције;
 - ✓ други представља алтернативну машину алатку на којој се изводи операција;
- помоћни подстринг представља OR-конекторе;
- гени помоћног подстринга су представљени бројевима нула или један, на основу чега се бира алтернативна грана технолошког процеса;



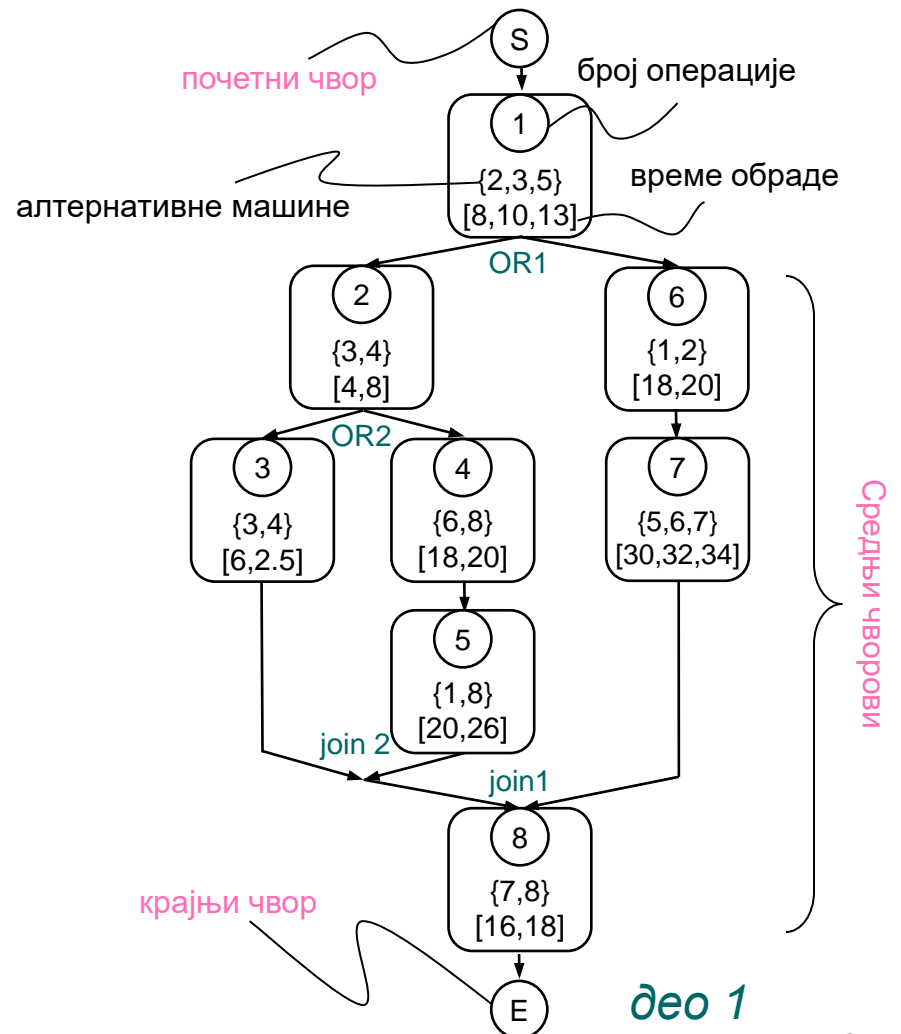
Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

Врсте чворова:

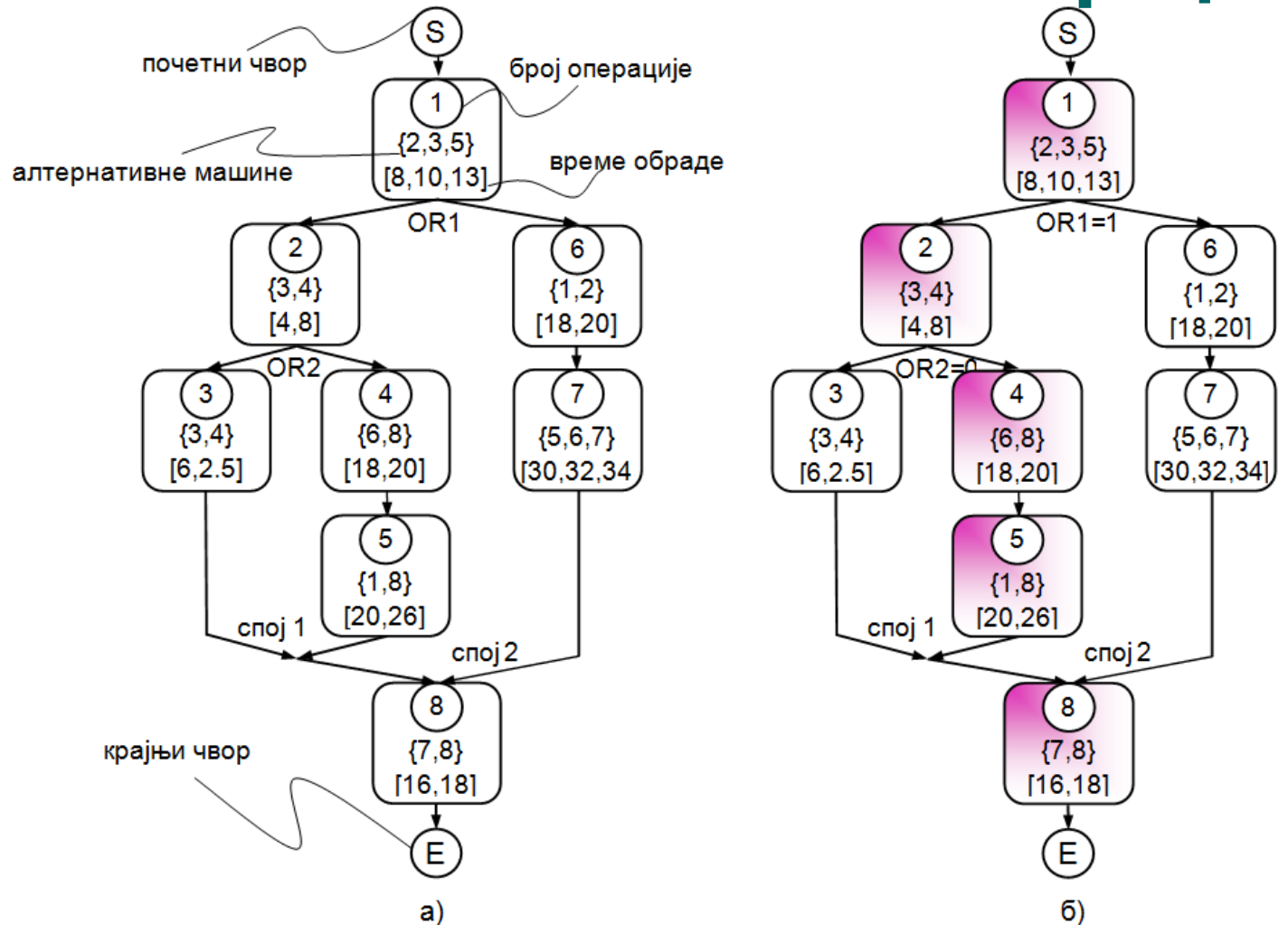
- **Почетни чвор** (почетак технолошког процеса);
- **Средњи чворови** (број операције, алтернативне машине, времена обраде);
- **Крајњи чвор** (крај технолошког процеса);

Врсте конектора:

- **OR конектор** – почетак алтернативног технолошког процеса;
- **join конектор** – завршетак алтернативног технолошког процеса;

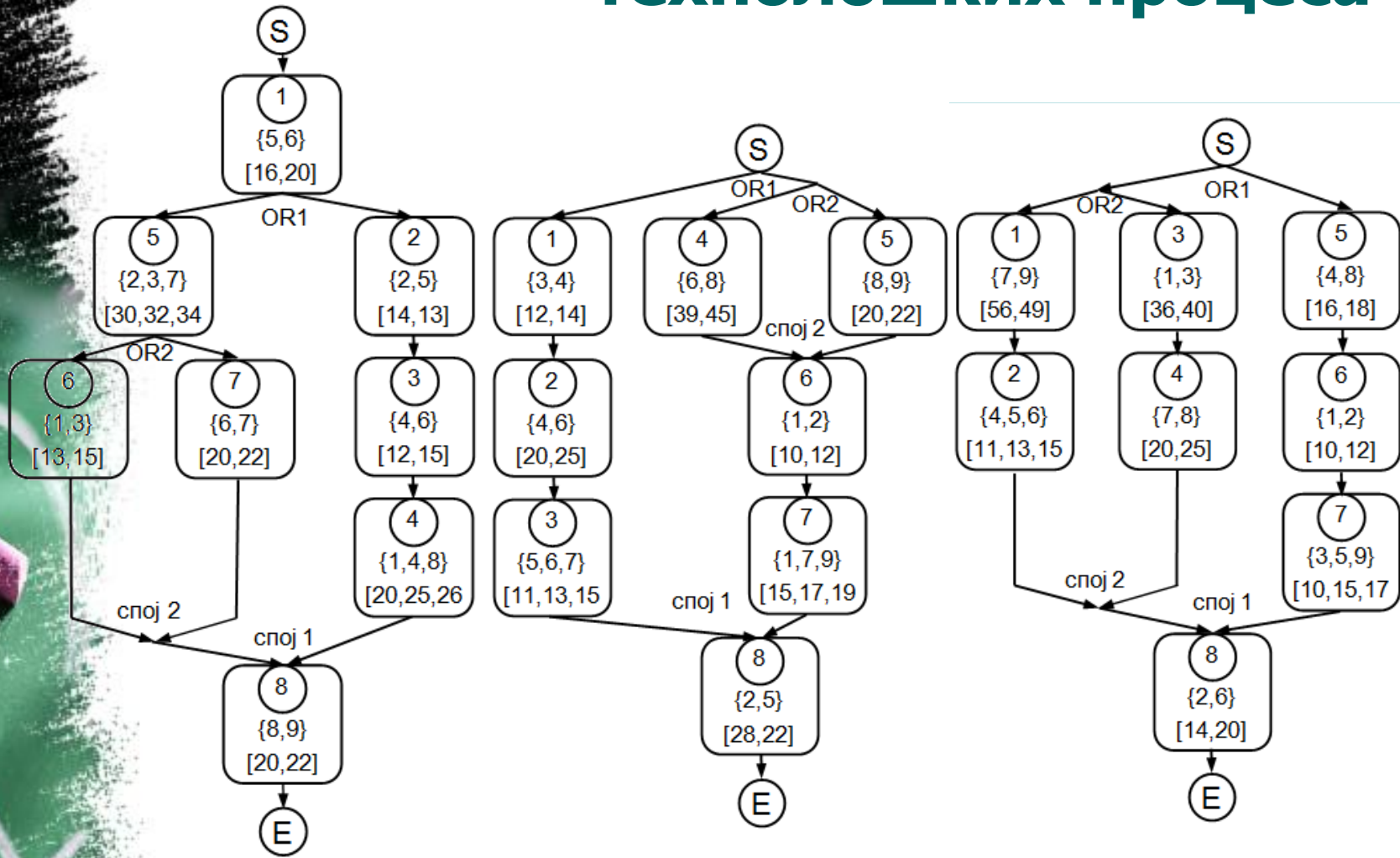


Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса



а) Пример мреже алтернативних технолошких процеса израде изабраног дела са почетним, средњим и крајњим чворовима, као и OR и join конекторима; б) Пример избора алтернативног технолошког процеса за вредности конектора $OR1=1$ и $OR2=0$

Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса



део 2

део 3

део 4

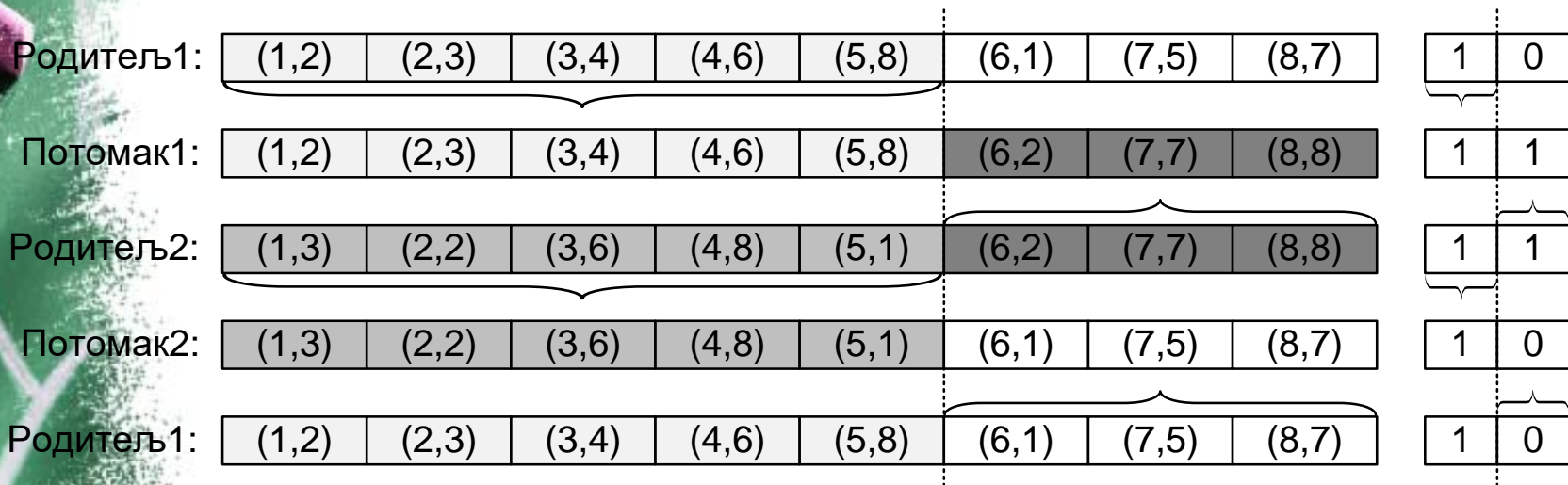
Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

- *Евалуација функције циља и иницијализација параметара генетичких алгоритама*
 - ✓ параметри генетичких алгоритама који се иницијализују су:
 - ✓ величина популације S ;
 - ✓ укупан број генерација M ;
 - ✓ вероватноћа укрштања p_c ;
 - ✓ вероватноћа мутације p_m ;
- *Селекција*
 - ✓ подразумева бирање два родитеља-хромозома из текуће популације;
 - ✓ врши се на бази рулет селекције (енгл. *roulette wheel selection*), где је вероватноћа селекције пропорционална функцији циља $f(i)$;

Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

- *Укрштање*

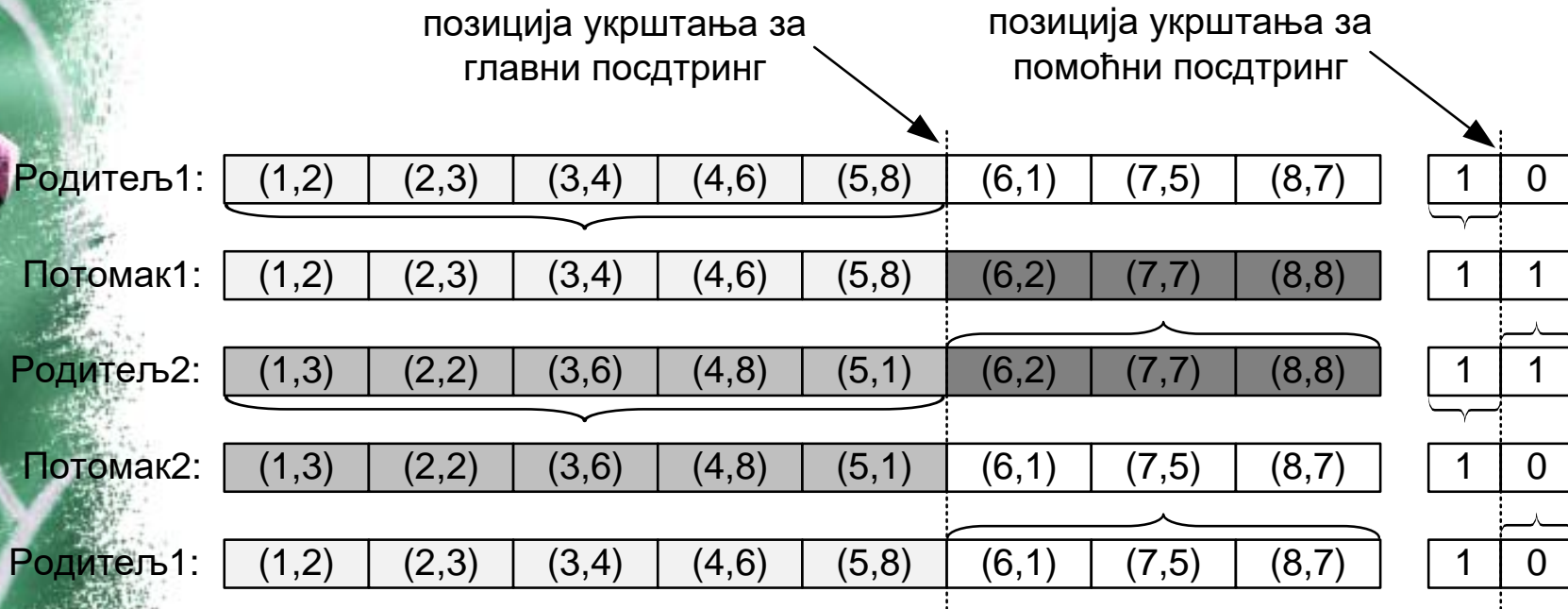
- ✓ на основу дефинисане вероватноће укрштања p_c , неке од индивидуа се бирају за укрштање (енгл. *cross-over*);
- ✓ за сваки пар родитељских хромозома главног подстринга (технолошки процес), случајно је одабрана једна позиција укрштања;
- ✓ потомак 1 настаје комбинацијом првог дела хромозома родитеља 1 (део лево од позиције укрштања) и другог дела родитеља 2 (део десно од позиције укрштања);



Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

- *Укрштање*

- потомак 2 настаје комбинацијом првог дела родитеља 2 (део лево од позиције укрштања) и другог дела родитеља 1 (део десно од позиције укрштања);
- укрштање за помоћни подстринг извршено је на следећи начин: један од случајно одабраних гена родитеља 1 постаје ген потомка1, док се преостали ген добија од родитеља 2;



Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

- *Мутација*

- ✓ на основу дефинисане вероватноће мутације p_m , неки хромозоми (родитељи) су случајно одабрани за мутацију;
- ✓ на основу случајно генерисане позиције мутације, на сваки од одабраних родитеља је примењен оператор мутације, а као резултат су добијени потомци са промењеним (мутираним) геном;
- ✓ оператор мутације подразумева замену алтернативне машине алатке за случајно одабрану операцију и то на следећи начин: потомак се добија када се селектована машина алатка у главном подстрингу замени неком од алтернативних машина из сета алтернативних машина;
- ✓ на пример, ген (7,5) случајно је селектован за оператор мутације; машина 5 може бити замењена машином 7, која је алтернативна машина за операцију 7 из сета машина (5,6,7);

Родитељ:	(1,2)	(2,3)	(3,4)	(4,6)	(5,8)	(6,1)	(7,5)	(8,7)	1	0
Потомак:	(1,2)	(2,3)	(3,4)	(4,6)	(5,8)	(6,1)	(7,7)	(8,7)	1	1

Генетички алгоритми у оптимизацији технолошких процеса

Табела: Алтернативни технолошки процеси за четири репрезентативна дела

Део	Алтернативни технолошки процеси	Функција циља	Производно време	Одабрани технолошки процеси
1	(1,3)-(2,3)-(3,3)-(8,8)	0,0116	86	(1,3)-(2,3)-(3,3)-(8,8)
	(1,2)-(2,3)-(3,3)-(8,8)	0,0101	99	
	(1,5)-(2,3)-(3,3)-(8,8)	0,0087	115	
2	(1,5)-(5,3)-(6,3)-(8,9)	0,0076	131	(1,5)-(5,3)-(6,3)-(8,9)
	(1,6)-(5,3)-(6,3)-(8,9)	0,0070	142	
	(1,5)-(5,3)-(6,3)-(8,8)	0,0066	151	
3	(1,3)-(2,6)-(3,5)-(8,5)	0,0096	104	(1,3)-(2,6)-(3,5)-(8,5)
	(1,3)-(2,6)-(3,6)-(8,5)	0,0094	106	
	(1,4)-(2,4)-(3,5)-(8,5)	0,0075	134	
4	(1,9)-(2,5)-(8,6)	0,0090	111	(1,9)-(2,5)-(8,6)
	(1,9)-(2,6)-(8,6)	0,0088	113	
	(5,4)-(6,2)-(7,3)-(8,2)	0,0077	130	

Питања?



Хвала на пажњи!

