

АТ-8: Терминирање производно-технолошких ентитета

**др Милица Петровић
Проф. др Зоран Миљковић**

Садржај

- Терминирање флексибилних технолошких процеса;

- Математички модел за оптимизацију планова терминирања;

- Генетички алгоритми у оптимизацији планова терминирања;

- Експериментални резултати;

Терминирање флексибилних технолошких процеса

- **Деф:** Терминирање обухвата процес планирања машинске обраде, као и „придруживање“ технолошких операција, за сваки од обрадака, одговарајућој машини алатки, уз истовремено оптимално временско распоређивање;
- **Циљ:** одређивање редоследа операција обраде на одговарајућим машинама алаткама, минимизујући при томе одређене перформансе (средње време проведено у систему, производно време које обухвата и време обраде и време транспорта дела, рокове израде одређене лансираним радним наложима, и др.);
- **job-shop тип терминирања:** „Дато је n делова, који се обрађују на m машина алатки, уз дефинисана технолошка ограничења за операције сваког од делова. Потребно је одредити редослед обраде тј. редослед извршавања операција датих делова на датим машинама, тако да су задовољена технолошка ограничења, а добијене секвенце оптималне према задатим критеријумима перформанси.“

Математички модел за оптимизацију планова терминирања

- *object1* се односи на укупно време неопходно за обраду свих делова чије се терминирање врши (енгл. *takespan*);
- *object2* се односи на уравнотежено искоришћење машина алатки;

$$object1 = \max(c_{ij}) (c_{ij} \in T_d(s_{ij}, c_{ij})),$$

$$object2 = object1 + \sum_{a=1}^m \left| \sum p_{ij} - avgmt \right| (o_{ij} \in M_a),$$

где је:

c_{ij} – најраније време завршетка операције o_{ij} ;

s_{ij} – најраније време почетка операције o_{ij} ;

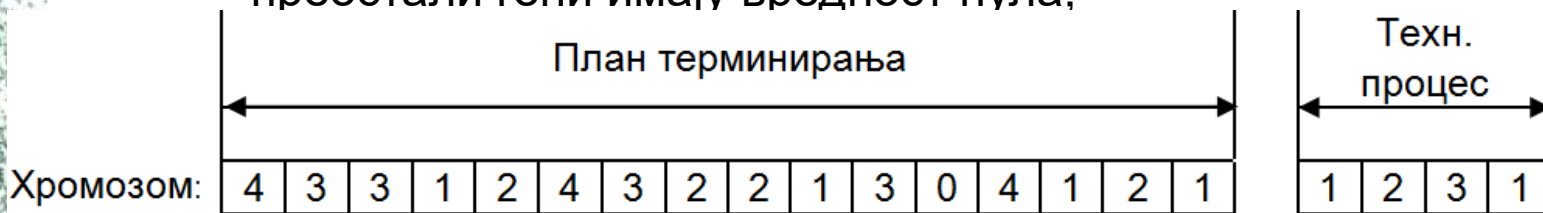
$\sum p_{ij}$ – укупно време обраде на машини;

$avgmt$ – просечно време обраде на свим машинама;

Генетички алгоритми у терминирању технолошких процеса

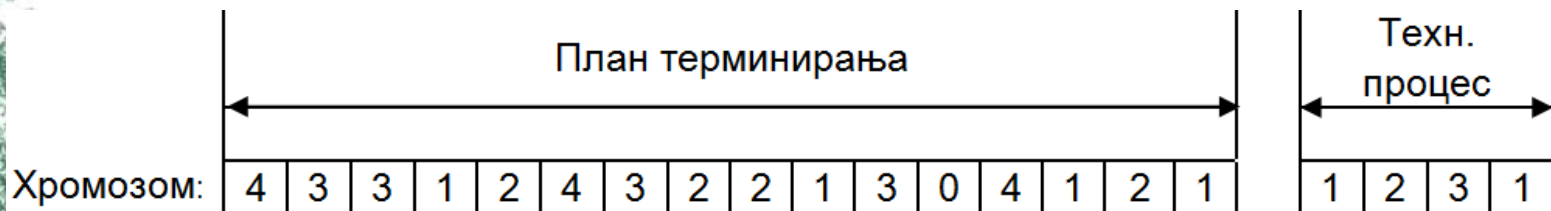
- Генерисање јединки у иницијалној популацији

- ✓ главни подстринг представља план терминирања;
- ✓ дужина хромозома за план терминирања одређена је бројем делова и максималним бројем операција q ;
- ✓ параметар q представља максималан број операција за све алтернативне технолошке процесе ($q=4$);
- ✓ за пример са почетка, број делова је четири, број машина алатки је девет ($n=4$ и $m=9$);
- ✓ стринг за план терминирања се састоји од 16 елемената ($n \times q = 4 \times 4 = 16$);
- ✓ технолошки процес за делове 1, 2 и 3 има четири операције, а за део 4 има три операције;
- ✓ преостали гени имају вредност нула;



Генетички алгоритми у терминирању технолошких процеса

- *Генерисање јединки у иницијалној популацији*
- помоћни подстринг представља технолошки процес;
- подстринг за технолошки процес састоји од четири елемента (пошто се врши терминирање за четири дела), где сваки ген представља одабрани алтернативни процес;
- на пример, први ген помоћног подстринга има вредност један, што значи да је за први део одабран први алтернативни технолошки процес (1,3)-(2,3)-(3,3)-(8,8);
- на пример, трећи ген помоћног подстринга има вредност три, што значи да је за трећи део одабран трећи алтернативни технолошки процес (1,4)-(2,4)-(3,5)-(8,5);

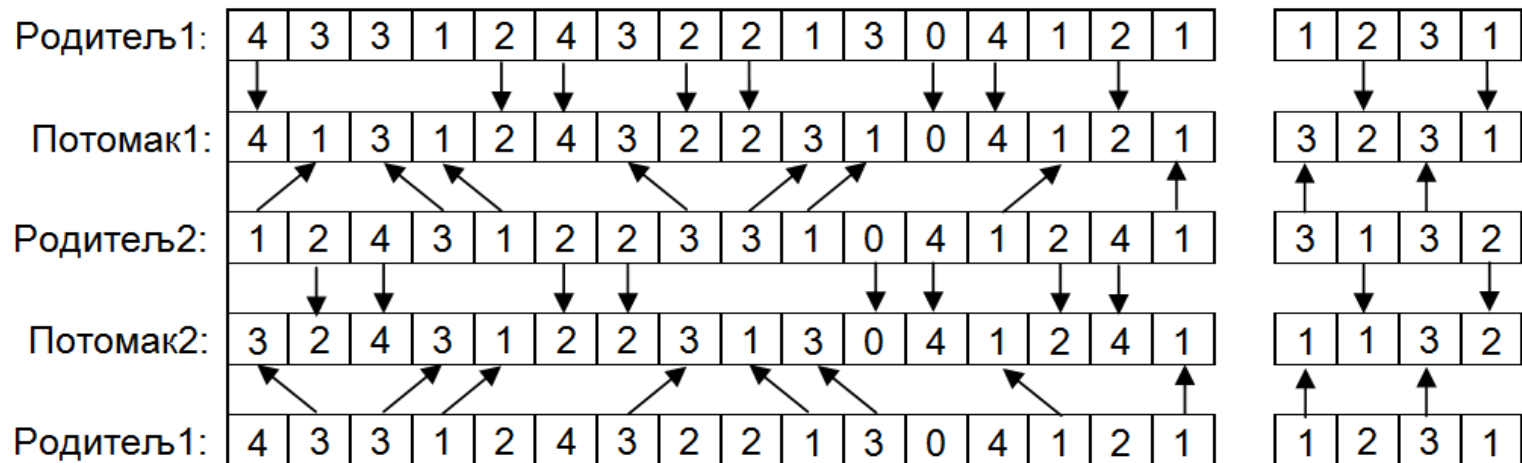


Генетички алгоритми у терминирању технолошких процеса

- *Евалуација функције циља и иницијализација параметара генетичких алгоритама*
- Функција циља за сваку од индивидуа у иницијалној популацији рачуна се према једначинама из математичког модела за оптимизацију;
- 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, на бази рулет селекције (енгл. *roulette wheel selection*), где је вероватноћа селекције пропорционална функцији циља $f(i)$;

Генетички алгоритми у терминирању технолошких процеса

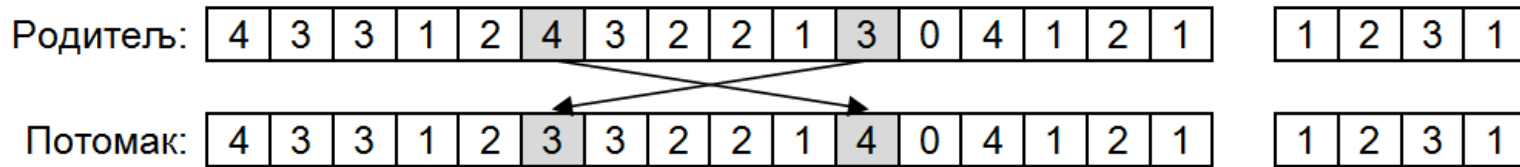
- *Укрштање*
- оператор је прво примењен на помоћни подстринг; случајно изабрани гени родитеља 1 и родитеља 2 заменили места;
- пошто помоћни стринг потомка 1 настаје од другог и четвртог гена родитеља 1, то се гени 2 и 4 из главног подстринга родитеља 1 директно (на исте позиције) копирају у потомак 1;
- нула се, такође, копира на исту позицију потомка;
- непопуњени елементи (гени) у потомку 1 попуњавају се преосталим генима (први и трећи ген) родитеља 2;



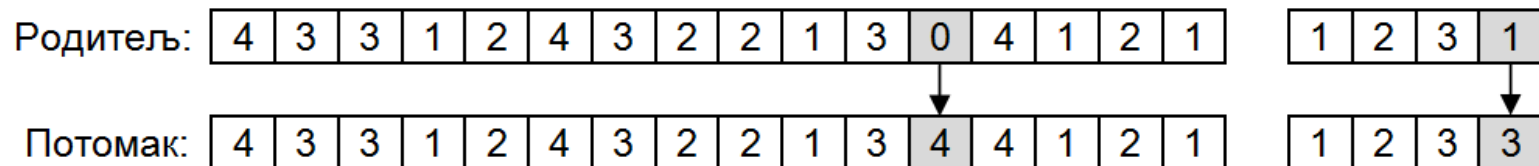
Генетички алгоритми у терминирању технолошких процеса

- **Мутација**

- ✓ **Први оператор мутације** је двопозициона „*swapping*“ мутација, која се одвија у три корака: (i) селекција једног родитеља; (ii) случајан одабир два гена у главном подстрингу (план терминирања); (iii) нови хромозом - потомак се добија заменом места случајно одабраних гена;



- ✓ **Други оператор мутације** се користи за генерисање нових потомака променом једног алтернативног технолошког процеса једног дела;



Експериментални резултати

- параметри генетичких алгоритама за оптимизацију планова терминирања:
 - ✓ величина популације $S=500$;
 - ✓ укупан број генерација $M=100$;
 - ✓ вероватноћа укрштања $p_c=0.80$;
 - ✓ вероватноћа мутације $p_m=0.10$;

Део	Одабрани технолошки процес
1	(1,3)-(2,3)-(3,3)-(8,8)
2	(1,5)-(5,3)-(6,3)-(8,9)
3	(1,3)-(2,6)-(3,5)-(8,5)
4	(1,9)-(2,5)-(8,6)

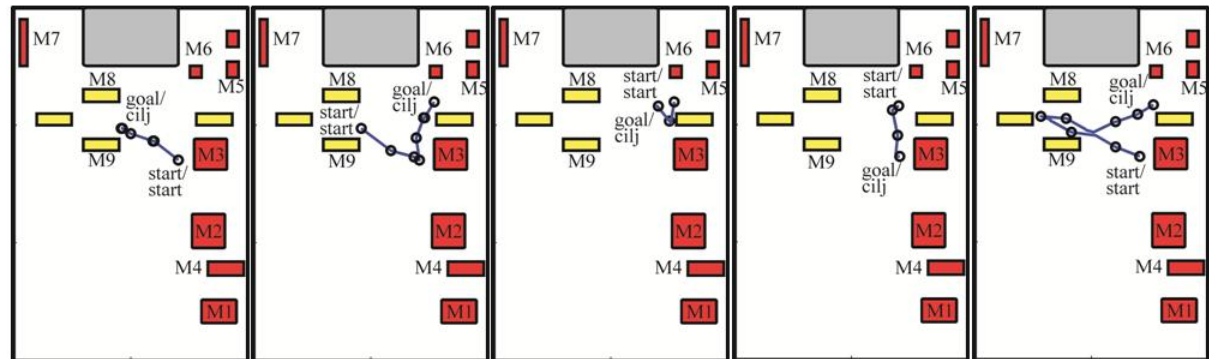
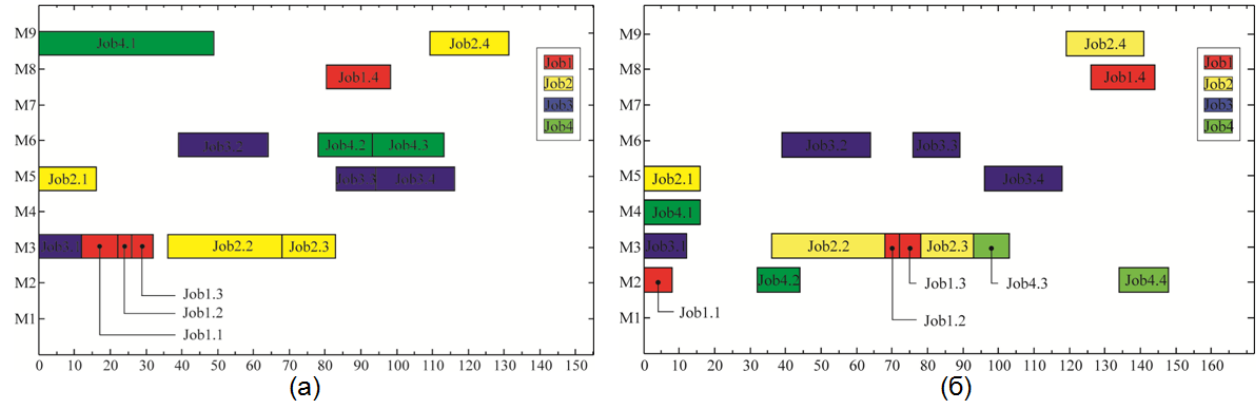
- Време транспорта између машина

машина	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	50	79	36	99	106	130	116	102
2	50	0	31	16	51	56	78	67	54
3	79	31	0	47	20	27	63	48	26
4	36	16	47	0	67	70	90	84	70
5	99	51	20	67	0	7	55	40	22
6	106	56	27	70	7	0	62	47	29
7	130	78	63	90	55	62	0	15	37
8	116	67	48	84	40	47	15	0	22
9	102	54	26	70	22	29	37	22	0

- Khepera II* мобилни робот



Експериментални резултати



(a) (б) (в) (г) (д)

Сегменти путање (а) М3-М9; (б) М9-М3-М6; (в) М6-М5-М6-М5; (г) М5-М3; (д) М3-М8-М9-М6 и положај мобилног робота. Путања представља резултат примене генетичких алгорита на проблем оптималног термирања технолошких процеса.

Питања?



Хвала на пажњи!

