

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ: Софтверска апликација (М 85) - комплексни аналитички (симулационо, оптимизациони) програм

FLEXY V4.0 апликација за симулацију технолошких система

Бојан Бабић¹, Зоран Миљковић²

1. ОБЛАСТ НА КОЈУ СЕ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ОДНОСИ

Развијена софтверска апликација припада области машинства и односи се на симулацију технолошких система. Симулација се користи да обезбеди висок степен искоришћења производне опреме кроз отклањање уских грла и других проблема који могу да поремете гладак ток производње, без прекида, а на основу анализе које даје симулациони софтвер. Симулација обезбеђује боље разумевање понашања комплетног технолошког система или одређених делова система. Многи проблеми који се односе на пројектовање и рад технолошког система су исувише комплексни да би се могли математички моделирати без већег броја апроксимација чиме се губи реалистичност моделирања посматраног система. У том случају једини начин да се испитају овакви системи је експериментисање. Међутим, веома је тешко, а понекад и немогуће експериментисати над реалним системом. Због тога се користи симулација за извођење оваквих експеримената. Симулација такође омогућује предвиђање понашања комплексних система кроз прорачун кретања и интеракције компоненти система. Током процеса пројектовања технолошких система кроз вредновање кретања делова између обрадних система и кроз испитивање конфликтних захтева за ограниченим ресурсима, могу се вредновати физички распоред опреме (lay out), као и избор опреме и оперативних процедура.

2. ТЕХНИЧКИ ПРОБЛЕМ

При пројектовању технолошких система, односно у производњи неопходно усредсредити се на следеће:

- Потребе опрема и особље
 - Број и тип машина за одређену сврху
 - Број, тип и физички распоред транспортера, конвејера и остале опреме (палете, стезни елементи и сл.)
 - Локација и величина међускладишта (бафера)
 - Утицај измена у обиму производње и комбинацији делова који се производе
 - Утицај додавања новог елемента опреме
 - Вредновање капиталних инвестиција
 - Планирање потреба радне снаге
- Вредновање перформанси
 - Анализа проточности
 - Анализа времена у систему
 - Анализа уских грла
- Вредновање оперативних процедура
 - Треминирање производње
 - Политика залиха
 - Стратерије управљања (нпр. за аутоматских вођена колица (AGV))
 - Анализа поузданости (нпр. ефекти превентивног одржавања)
 - Политике контроле квалитета

Неке од мера перформанси које се процењују симулацијом су:

- Проточност
- Време које делови проводе у систему
- Време које делови проведу у редовима

¹ Редовни професор, Универзитет у Београду-Машински факултет. bbabic@mas.bg.ac.rs

² Ванредни професор, Универзитет у Београду-Машински факултет. zmiljkovic@mas.bg.ac.rs

- Величине редова
- Временске линије испорука
- Искоришћење опреме и људства.

На основу мера перформанси добијених симулацијом могу се дефинисати сви параметри који су потребни при пројектовању или коришћењу технолошког система.

Теоријске основе проблема

Симулација представља технику имитирања понашања реалног система (машинског, економског, војног итд.) помоћу одговарајућег модела или апаратуре у циљу добијања информација на подеснији начин [3]. Симулација је пример класичног научног метода: хипотеза – експеримент – анализа – дедукција.

Моделирање реалног система се може вршити помоћу математичких, физичких или рачунарских модела. Математички модели се дефинишу преко система једначина. Сложенији системи захтевају и сложеније математичке моделе, тако да се јавља проблем решавања сложених система једначина. Физички модели представљају умањене реалне системе. Могу да се користе за изучавање карактеристика система које зависе од облика, на пример мерење коефицијента ваздушног отпора у аеро тунелу. Физички модели фабрике или погона могу да послуже у фази планирања layout-а за стицање представе о будућем изгледу фабрике и сагледавање могућности размештаја машина. Међутим, не могу да дају одговор на питање колико ће трајати процес израде неке серије делова или, колико неки део просечно чека испред машине и сл. Најбољи одговор на оваква питања могу дати рачунарски, апстрактни модели, помоћу којих се даје логички опис понашања система. Дакле, модел је у “логици” програма. Излази који се добијају су у облику извештаја, дијаграма и анимираног визуелног приказа.

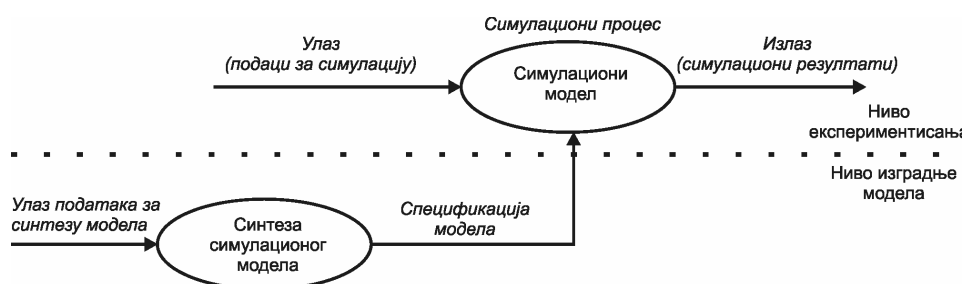
Симулационо моделирање представља проучавање понашања система у целини преко детаљног дефинисања интеракције различитих компоненти система. Проучавањем понашања система у довољно дугом временском периоду можемо да доносимо закључке о систему на основу којих предвиђамо перформансе система.

Рачунарска симулација представља експериментисање над апстрактним моделом у виду програма за рачунар, при чему се процеси одвијају у одређеном временском интервалу. Симулација обухвата следеће активности:

- моделирање,
- експериментисање над моделом,
- анализа симулационих (експерименталних) резултата.

У општем случају симулација се може дефинисати као процес који се изводи на два нивоа (слика 1) [4] и то:

- ниво изградње модела - процес синтезе модела,
- ниво експериментисања над моделом (сама симулација).



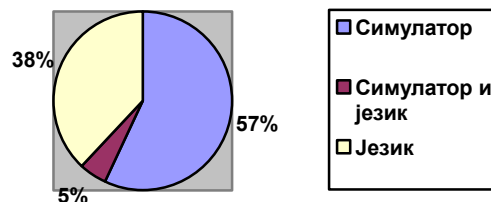
Слика 1 Концепт симулације

3. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ У СВЕТУ

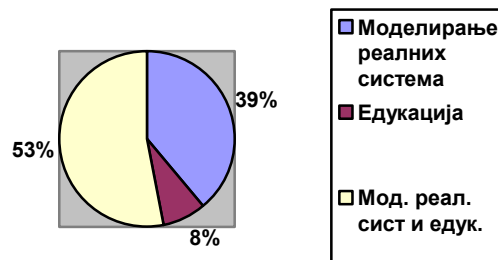
Примена симулационих техника започиње креирањем симулационих модела у неком програмских језика вишег нивоа, као што су FORTRAN, Pascal, BASIC итд. Затим долази до развоја посебних симулационих језика као што су GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SLAM, SIMULA итд. У последњим декадама на тржишту се појављују софтверски симулациони алати за чију примену није потребно познавање програмирања или је потребно минимално познавање програмирања. Познатији симулатори су AnyLogic, Arena, AutoMod, Witness, SimFactory итд. Симулациони пакети треба да смање време потребно за програмирање и да олакшају синтезу модела процеса.

Анализа стања у свету обухвата следеће аспекте [2]:

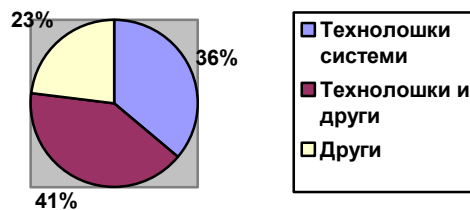
- Врста симулационог софтвера који се користи (слика 2),
- Сврха симулације (слика 3)
- Тип система који се симулира (слика 4)
- Свеобухватност модела (слика 5)



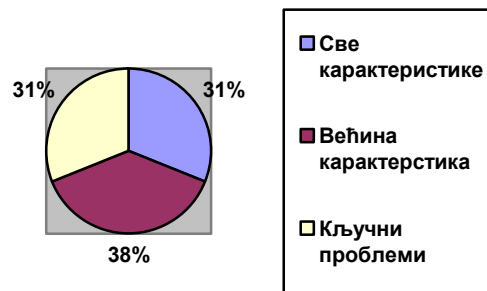
Слика 2. Тип софтвера који се користи



Слика 3. Сврха симулације



Слика 4. Врста симулираних система



Слика 5. Свеобухватност модела

Из анализе примене симулације у свету види се да се доминантно користе симулациони пакети (симулатори) – 57%. Такође се види да се у најчешће (53%) сврха примене симулације моделирање реалних система и едукација. У највећем обиму симулирају се различити технолошки системи и при томе симулатори обухватају све (31%) или већину (31%) карактеристика система битних за анализу перформанси система.

4. СУШТИНА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Симулациони систем FLEXY настао је као резултат дугогодишњих истраживања аутора на Машинском факултету у Београду - Катедри за производно машинство [5,6,7]. Представља интегрисано окружење за симулацију и анимацију флексибилних технолошких система. FLEXY систем садржи следеће модуле:

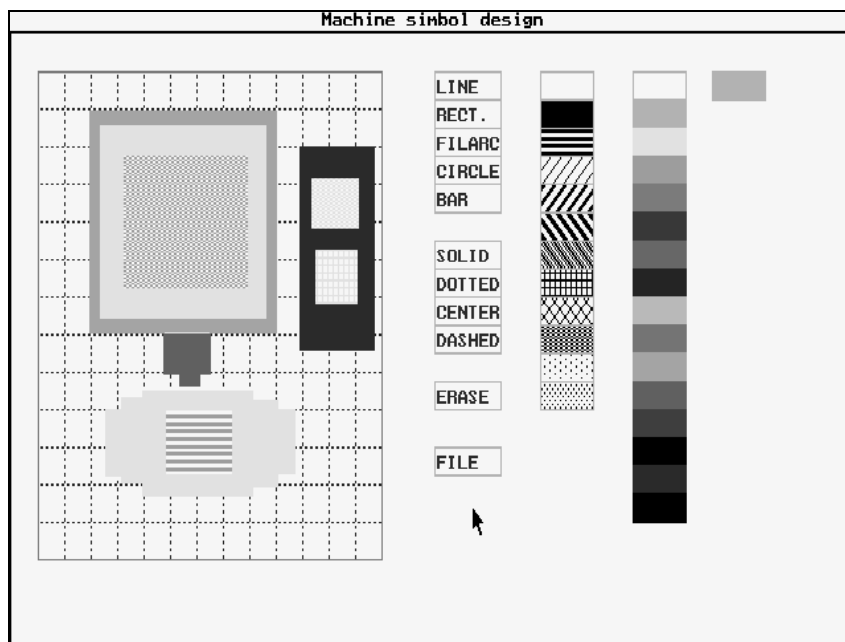
- модул за креирање графичких симбола машина
- модул за пројектовање *layout-a* (распореда опреме)
- модул за унос података за симулацију
- модул за симулацију
- модул за анимацију
- модул за преглед/штампање извештаја

Модул за креирање графичких симбола представља једноставан графички систем за цртање симбола машина (слика 6). Коришћењем основних геометријских примитива (права, кружница, круг, правоугаоник, блок) креирају се симболи машина и опреме који се касније користе при пројектовању *layout-a*.

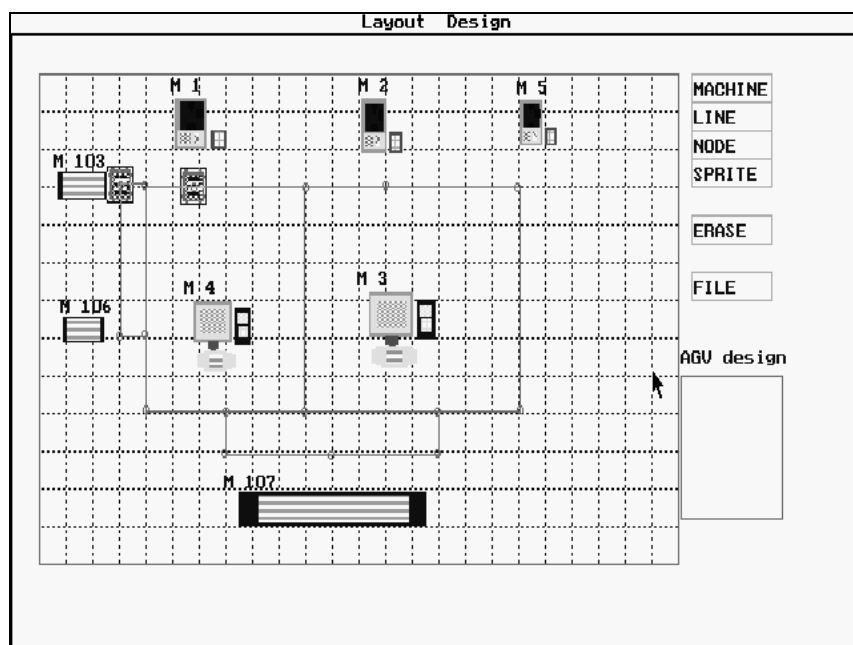
Модул за пројектовање *layout-a* садржи функције потребне за дефинисање распореда опреме (машина, транспортних средстава, међускладишта, улазно/излазних станица итд.). Пројектовани *layout* се користи за анимирани приказ рада симулираног система. Основне функције у оквиру овог модула су:

- распоређивање машина (симболи машина се распоређују на одговарајућа места у *layout-u*)
- пројектовање транспортних путања (дефинише се траса, са одговарајућим чворовима, којом се крећу аутоматски вођена колица или конвејер)
- креирање покретних фигура (аутоматски вођена колица или друга транспортна средства)

На слици 7 приказан је екран модула за пројектовање распореда опреме.



Слика 6. FLEXY - цртање симбола машина и опреме

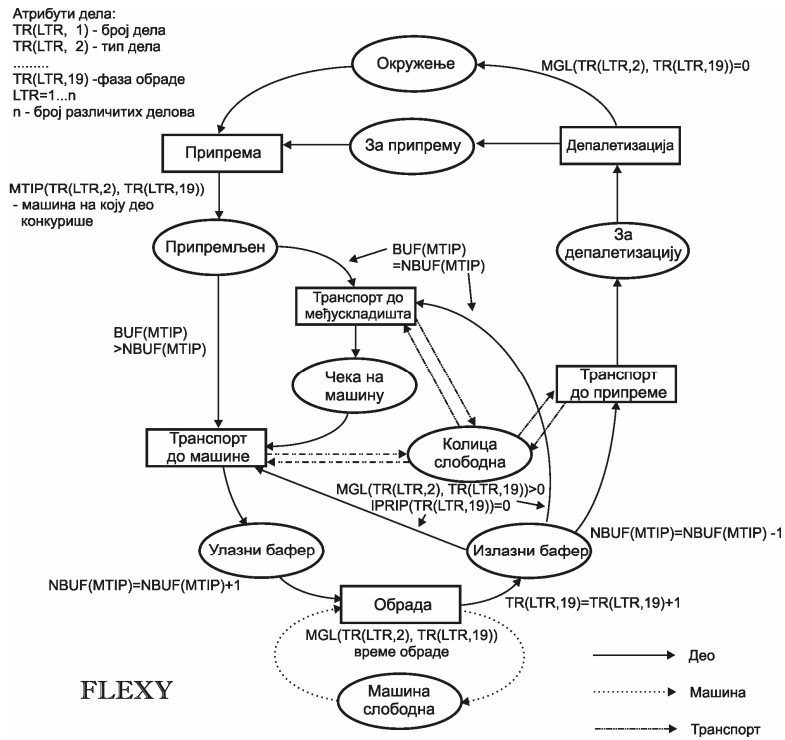


Слика 7. FLEXY - модул за пројектовање *layout-a*

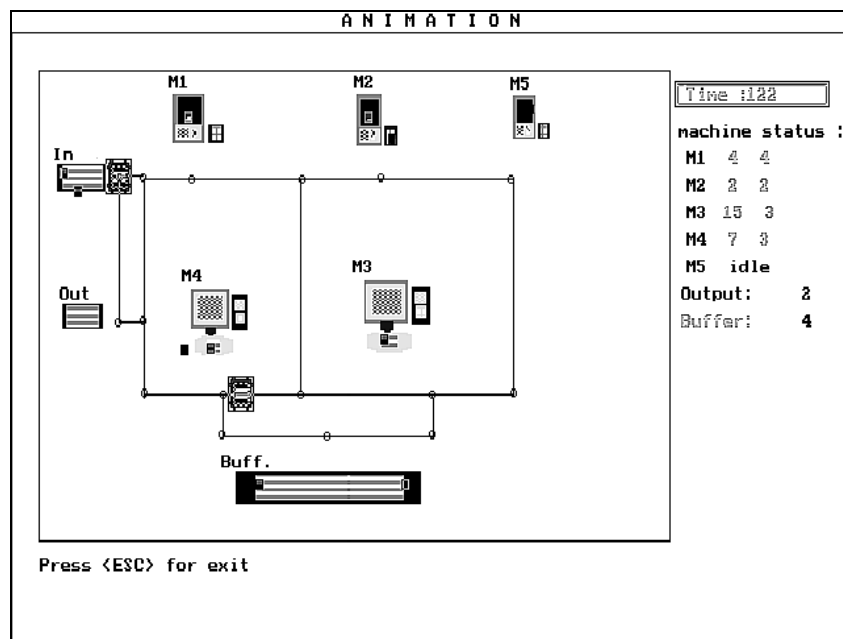
Модул за унос података је дијалог систем за унос атрибута ентитета и параметара симулације. Дефинишу се ентитети у моделу и одговарајући атрибути:

- број машина и групе машина и атрибути који се односе на капацитет бафера машине, поузданост машине, начин опслуживања машине и сл.
- број различитих делова и одговарајући атрибути (величина серије, број операција, редослед обраде по машинама, време трајања операција итд.)
- врста транспорта, број транспортних средстава и брзина
- параметри везани за *layout* (распоред машина у односу на чворове на транспортној путањи)
- растојања у оквиру транспортне путање

Укупно време трајања симулационог експеримента представља параметар симулације



Слика 8 Дијаграм циклуса активности симулационог модела



Слика 9. Анимирани приказ

Модул за симулацију представља кључни модул система. То је генерализовани модел флексибилног технолошког система управљан подацима. На слици 8 приказан је дијаграм циклуса активности модела [7]. Модул за симулацију генерише извештаје за обављени симулациони експеримент, а такође и генерише податке за пост процесорски анимирани приказ рада симулираног система.

Модул за анимацију је пост процесорски програм који анализира датотеку коју је генерисао модул за анимацију, идентификује кретања ентитета повезана са сваком догађајем и повезује их са распоредом на екрану (специфицираном у улазним подацима) и помера иконе на одговарајуће позиције. Анимирани приказ служи за анализу динамичког понашања симулираног система и

проверу унетих података. Током анимације, поред приказа померања појединих ентитета исписују се и неки основни подаци као што су тренутни статус машине (слободна, у отказу, заузета, ознака дела који се обрађује), број делова који је до датог момента напустио систем, стање симулационог сата и број делова у међускладишту. Изглед екрана током анимације приказан је на слици 9.

5. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНЕ

Као други пример примене даје се идејни пројекат технолошког система за производњу компоненти пумпи за рударску индустрију. При реализацији овог пројекта коришћен је софтверски пакет FLEXY.

Табела 1. Времена обраде за делове из репрезентативног производног програма

Назив дела	Редослед обраде Време обраде (x) / машина						
Излазно вратило	STRUG	VBG	BRUS.	STRUG	HBG		
	7.6	2.0	1.5	1.0	0.6		
Носач лежаја 1	STRUG	HBG					
	1.0	2.0					
Носач лежаја 2	STRUG	HBG					
	2.0	1.0					
Коло	STRUG	HBG					
	17.0	30.0					
Носач лежаја 3	STRUG	HBG					
	3.0	1.0					
Улазно вратило	STRUG	HBG	STRUG	VBG	HBG	BRUS	
	6.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.5	
Предњи носач	STRUG	VBG	HBG				
	2.5	1.0	1.5				
Задњи носач	STRUG	HBG	STRUG	HBG	STRUG	HBG	
	1.0	2.5	4.5	1.0	1.0	9.0	
Доње кућиште	STRUG	HBG	VBG	HBG			
	1.0	20.0	2.0	3.5			
Горње кућиште	STRUG	VBG	HBG				
	1.0	1.0	20.0				
Кућиште спојнице	HBG	HBG	HBG				
	6.0	4.0	7.0				
Носач ел. пумпе	HBG	STRUG	STRUG	HBG	STRUG	VBG	HBG
	2.5	1.0	1.0	2.5	2.5	1.0	1.5

У табели 1 дата су времена обраде по машинама, а у табели 2 дата је листа расположивих машина са потребним степенима искоришћења. Потребно је обезбедити производњу од 100 финалних производа по смени годишње. Овим су дефинисани пројектни захтеви.

Табела 2 Расположиве машине са захтеваним степеном искоришћења

Озн	Тип машине	Потребно искоришћење	
		min	max
M1	NC струг MD5	0.70	0.90
M2	NC струг MD7	0.70	0.90
M3	NC брусилаца C12	-	-
M4	Верг. обрадни центар VBG 50	0.50	-
M5	Хор. обрадни центар HBG 80	0.70	0.90
M6	Хор. обрадни центар HBG 120	0.70	0.90

У табели 3 приказана је итеративна процедура којом се кроз шест итерација долази до оптималног решења.

Табела 3 Резултати симулације

Итер бр	Искоришћ. маш / бр. машина у конфиг.							произ / год
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	AGV	
0	1 99	1 96	1 8	1 20	1 94	1 95	7	30
1	2 78	2 63	1 12	1 27	1 98	1 95	9	41
2	2 76	2 64	1 11	1 34	2 97	1 98	10	53
3	2 79	2 73	1 14	1 41	3 97	2 96	15	82
4	2 83	2 80	1 17	1 46	4 90	3 96	16	100
5	2 85	2 80	1 18	1 47	4 94	4 82	17	117

Идејни пројекат при чијој је изради коришћен софтверски пакет FLEXY је реализован, слика 10.



Слика 10. Део погона реализован на основу идејног пројекта у чијој реализацији је коришћен софтверски пакет FLEXY

6. ЗАКЉУЧАК

FLEXY - интегрисано окружење за симулацију и анимацију флексибилних технолошких система је заокружено софтверско решење категорије M85 апликациони софтвер - комплексни аналитички (симулационо, оптимизациони). Примењује се у реализацији главних и идејних технолошких пројеката. Користи се и у образовне сврхе као наставно средство за извођење лабораторијских вежби на Дипломским академским студијама Машинског факултета у Београду. Коришћен је у одређеном

периоду и у настави на George Washington University (USA). Био је увршћен и у каталог техничких и софтверских решења Новотех (прилог).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eldabi, T., Paul, R. J., Evaluation of Tools for Modeling Manufacturing Systems Design with Multiple Levels of Detail, *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 13 (2001): 163–176
- [2] Baldwin, L.P., Eldabi, T., Hlupic, V., Irani, Z., Enhancing simulation software for use in manufacturing, *Logistics Information Management*, 13 (5) (2000): 263 -270
- [3] Carrie, A., Simulation of Manufacturing Systems, John Wiley & Sons Ltd., Great Britain, (1988)
- [4] Putnik, G., Rosas, J.A., Manufacturing System Simulation Model Synthesis: Towards Application of Inductive Inference, (1997)
- [5] Бабић Б., FLEXY - интелигентни експерт систем за пројектовање ФТС, монографија, Машински факултет Београд (1994).
- [6] Пилиповић, М., Бабић, Б., Симулација у пројектовању ФТС, 25. *Саветовање производног машинства Југославије*, Зборник радова (pp 483-490), Београд (1994)
- [7] Babić, B., Axiomatic design of flexible manufacturing systems, *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 5, (1999) (pp. 1159 - 1173)