

Анализа интегрисаног система радарског осматрања помоћу рачунарске симулације

УДК 623.618:681.324

Мр Илија Грујић, *луковник*

У чланку је разматран Симулациони модел интегрисаног система радарског осматрања (СИМИС.РО), који је реализован на GPSS симулационом језику, у РС верзији. Моделирани систем је просторно расподељени систем с дистрибуираном обрадом података, а његове основне функције су осматрање ваздушног простора, обрада података о откривеним циљевима, пренос и приказ података и интеграција зоне радарског осматрања. Структуром и функционисањем СИМИС.РО опонаша систем радарског осматрања (СРО), што омогућава експериментисање помоћу софтверских могућности рачунара ради анализе основних функција и прецизирања примарних и секундарних перформанси система и његових делова.

Увод

У војним системима радарског осматрања основни проблеми су задовољавајућа покривеност зоне радарског осматрања средствима за осматрање и могућност да се прикупи довољан број података о циљевима. Радарско осматрање се обавља помоћу система радарског осматрања (СРО), који чине релативно независне радарске осматрачке станице (РОСт), оперативни центри (ОЦ) и средства за пренос података (ПП). То је сложени систем, расподељен на великом простору, на којем формира зону радарског осматрања. Степен покривености зоне радарског осматрања (зона) осматрањем зависи од: конфигурације земљишта, техничких карактеристика радарских станица, броја радарских станица, њиховог размештаја и међусобних односа. Проблем покривености зоне решава се повезивањем елемената система у интегрисани СРО (ИСРО), који формира заједничку зону СРО са што потпунијом покривеношћу осматрањем и подацима о циљевима. У решавању тог проблема пошло се од следећих поставки:

- под задовољавајућом покривеношћу зоне осматрањем подразумева се минимизација „рупа“ у осматрању и одговарајући квалитет праћења циљева у ваздушном простору, а изражава се процентом захваћених циљева у односу на стварни број летилица у зони осматрања;
- задовољавајућа покривеност зоне подацима о циљевима обезбеђује потпун и квалитетан пријем података у зони СРО, а изражава се процентом примљених порука на месту њиховог коришћења у односу на број предатих порука са места предаје;

– максимално и непрекидно улазно оптерећење подацима о циљевима гранично је стање релевантно за димензионисање система и његових елемената, а израчунава се на основу расположивог капацитета праћења циљева у подсистему извора података и капацитета преноса подсистема преноса података;

– систем обрађује податке на граници загушења, што подразумева димензионисање капацитета обраде података до границе стационарности система при максималном и непрекидном улазном оптерећењу подацима о циљевима.

Примарне перформансе система су:

– време информисања у зони ИСРО, које чини интервал времена од тренутка захвата циља на сензору за осматрање до тренутка појављивања поруке о томе циљу код крајњег корисника;

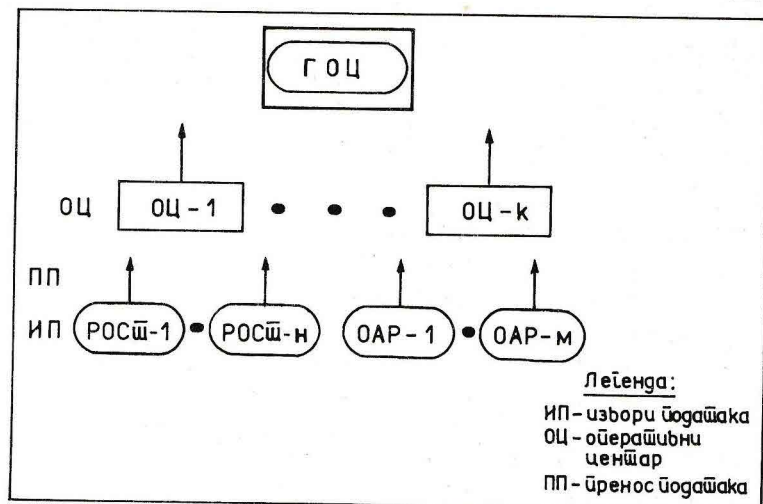
– ефикасност система или дела система показатељ је квалитета функционалног и техничког решења ИСРО, а изражава се односом времена корисне обраде поруке према укупном времену које она проведе у систему или делу система.

У опредељивању за методу анализе ИСРО пошло се од достигнућа у рачунарској симулацији, сопствених искустава у тој области и обележја ИСРО, као сложеног, просторно расподељеног динамичког информационог система. Изабран је рачунарски симулациони језик GPSS, који се у досадашњој примени показао као подобан у симулацији војних информационих система.

Опис система

На шеми 1 приказана је основна структурна шема система радарског осматрања (СРО), који чине подсистеми: извори података (ИП), оперативни центри и пренос података. Систем радарског осматрања је просторно дистрибуиран према конфигурацији терена тако да се постигне задовољавајућа покривеност осматрањем и преносом података при ограничењима у броју и квалитету средстава за осматрање и пренос података.

Подсистем извора података чини скуп релативно независних сензора за осматрање ваздушног простора. Основни сензори су радарске осматрачке станице (РОСт-1..н), а допунски осматрачко-аквизициони радар (ОАР-1..м). Након обраде, подаци о циљевима у ваздушном простору (летилице) пакују се у поруке, предају и преносе средствима везе на оперативне центре (ОЦ-1..к). Након пријема у ОЦ, поруке се обрађују, формира се интегрисана слика ситуације у зони осматрања, приказују се и користе подаци о одабраним циљевима, и обављају се селекција и предаја података у главни оперативни центар (ГОЦ), где се обједињују подаци за целу зону, односно формира се интегрисана слика ситуације у ваздушном простору интегрисаног система радарског осматрања (ИСРО).



Систем радарског осматрања – структурна шема

Основне функције обраде су: филтрирање, синтеза и рангирање порука о циљевима у ваздушном простору. Филтрирањем се одбацују поруке зависно од постављених критеријума за просторну зону, брзину и врсту циља, или других обележја циља. Синтеза је најзначајнија функција интеграције система, која омогућава пријем података од независних извора и њихово свођење на исти циљ коришћењем података које носи порука. Значај циља, према критеријуму опасности за систем, одређује функцију рангирања, што је посебно значајно за функције предаје и коришћења порука.

Под претпоставком да је задовољавајућа покривеност зоне СРО осматрањем и преносом података, основне перформансе система су време реаговања и ефикасност система. Оне се изражавају преко укупног времена које порука проведе у СРО и техничких перформанси система, које одређују време задржавања поруке у систему. На сличан начин се изражавају и перформансе подсистема или делова система. Укупно време задржавања поруке изражено је као:

$$t_{uk} = \sum tk_l + \sum tw_k \quad (1)$$

где су:

tk – време корисне обраде,

tw – време чекања на обраду или пренос.

Ефикасност система је:

$$Es = \frac{1}{T_{uk}} \sum tk_l \quad (2)$$

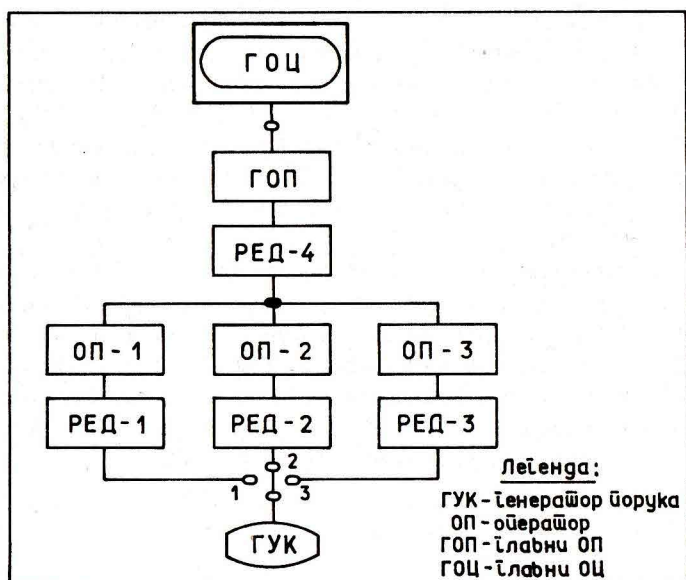
а ефикасност делова система:

$$Ed = tk \frac{1}{tk + tw} \quad (3)$$

Опис симулационог модела

Симулациони модел интегрисаног система радарског осматрања (СИМИС.РО) урађен је на РС рачунару у језику GPSS (у шеми 2 приказана је структурна шема СИМИС.РО). Пошто се систем радарског осматрања састоји од три идентичне целине, то и симулациони модел чине три подударна дела. Стога је за ту симулацију прихватљиво, а с аспекта ресурсних могућности симулационог језика GPSS и рационално, да се симулира само трећина система. Даља рационализација СИМИС.РО постигнута је обједињавањем већег броја генератора, који симулирају изворе података у један резултантни генератор (ГУК), чиме је значајно смањен број блокова.

Шема 2



Симулациони модел – структурна шема

На шеми 2 СИМИС.РО чине: генератор порука (ГУК) и три идентичне упоредне гране које представљају радна места оператора (ОП1, ОП2, ОП3), која се везују на радно место главног оператора (ГОП) и заједно симулирају оперативни центар. Испред радних места

оператора формирају се редови чекања порука (РЕД 1 до 4). На крају се налази блок, који чини главни оперативни центар (ГОЦ).

На табели 1 приказана је структура софтверског решења СИ-МИС.РО, коју чине: дефиниционо поље, радни део симулационог програма и статистичко-евиденциони део.

Табела 1

ДЕФИНИЦИОНО ПОЉЕ Евиденција: табеле, функције, варијабле
РАДНИ ДЕО Модул генератора: генерисање порука, формирање реда, предобрада; Модул улаза: филтрирање, додела порука радним местима; Модул оператора: формирање реда, обрада, филтрирање, синтеза, рангирање, предаја; Модул главног оператора: формирање реда, обрада, коришћење, филтрирање, предаја.
СТАТИСТИКА И ЕВИДЕНЦИЈА Мапа порука, подаци о искоришћењу ресурса и редовима, табеле.

Структура софтверског решења

У дефиниционом пољу дефинисане су табеле, функције и варијабле. У табелама се прецизно евидентирају подаци о симулираним перформансама система, функције садрже нумеричке вредности расподела за коришћење математичке функције, а варијабле су математички изрази за перформансе система и његове делове. Радни део садржи: модул генератора, модул улаза и модул оператора с окружењем. Модул генератора чини обједињени-резултантни генератор порука. Садржи потенцијалне редове чекања порука и предобраде порука због потреба наредних модула и евидентирања пратећих података. Модул улаза садржи блокове филтрирања и поделе порука по радним местима. Модул оператора чине потенцијални редови чекања пред обрадом поруке, а затим обрада порука, која се изражава кашњењем, филтрирањем, синтезом, рангирањем и предајом поруке на радно место главног оператора. Модул главног оператора садржи потенцијални ред чекања, обраду и коришћење поруке, филтрирање и предају у главни оперативни центар. У статистичко-евиденционом делу региструју се подаци о симулационом програму и његовом току помоћу мапе порука, искоришћавању његових „ресурса“, редовима чекања, као и табеларним подацима прецизираним у дефиниционом пољу.

Анализа резултата симулације

Резултати симулације приказани су на графиконима 1 и 2 и табели 2.

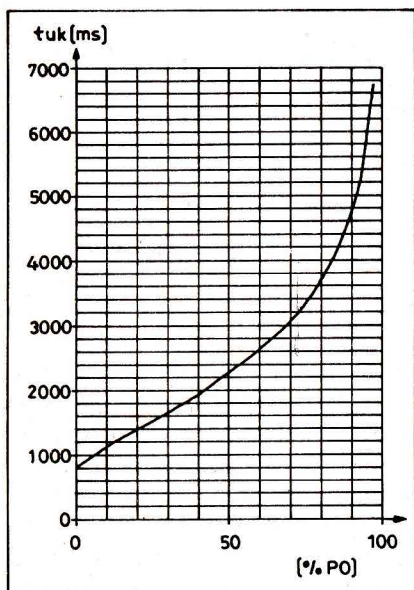
За анализу резултата симулације значајно је следеће:

– резултати за све наведене перформансе добијени су у граничним условима оптерећења и трајања обраде, односно максималног и непре-

кидног улазног оптерећења порукама о циљевима и трајању обраде, на граници загушења система, односно на граници оптерећења симулатора СИМИС.РО;

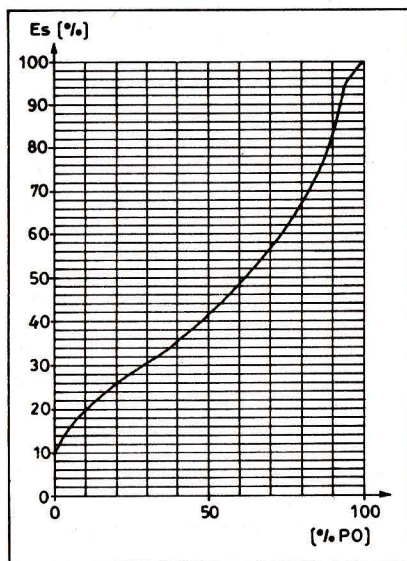
- математичке расподеле нумеричких вредности улазног оптерећења и наведених перформанси су квазиекспоненцијалне;
- ефикасност појединачних делова система је већа од ефикасности укупног система.

Графикон 1



Укупно време задржавања порука у систему

Графикон 2



Ефикасност система

На графикону 1 приказана је крива кумулативне расподеле за укупно време задржавања поруке у систему – једначина 1. На апсциси је проценат укупног броја порука (% ПО) које су прошле кроз систем, а на ординати укупно кумулативно време задржавања порука у систему (t_{uk}), изражено у одабраним временским јединицама (ВЈ = 1 милисекунда). Средња вредност укупног времена математичке расподеле је 2.686 ВЈ, што износи око три граничне вредности времена корисне обраде. Вредност стандардне девијације је 1.552 ВЈ. Релевантан је и показатељ да око 50 одсто порука прође систем за временски интервал краћи од 2.300 ВЈ, а да приближно све поруке прођу кроз систем за око 6.800 временских јединица.

Крива ефикасности система – једначина 2, приказана је на графикону 2. На апсциси је проценат укупног броја порука (% ПО) које су прошле кроз систем, а на ординати ефикасност система E_s у проценти-ма. Средња вредност математичке расподеле ефикасности износи 46,7

Табела 2

Време оператора		Време главног оператора		Ефикасност оператора		Ефикасност главног оператора	
[ms]	[%] порука	[ms]	[%] порука	[%]	[%] порука	[%]	[%] порука
500	19	350	19,5	10	2	10	2
700	26	550	34	15	8,9	15	7,4
90	36	750	50	20	17,6	20	14,7
1.000	42,3	850	55,6	25	26	25	22,2
1.200	50	1.050	66	30	34,2	30	29,2
1.400	57,6	1.250	73,6	35	41,4	35	36,3
1.600	64	1.450	79,3	40	48	40	40,3
1.800	69,3	1.650	83,6	45	53,5	45	48,6
2.000	74	1.850	87	50	58	50	53,7
2.200	77,6	1.950	88,5	55	63,4	55	59,6
2.500	82,4	2.050	89,8	60	67,8	60	64
2.700	85	2.250	92	65	71	65	69,5
3.000	88,2	2.550	94,3	70	73,4	70	72
3.500	92,2	2.950	96,3	75	75,3	80	75,6
4.000	95	3.450	97,8	80	76,8	85	77
4.500	96,7	3.950	98,7	90	79,2	90	78,8
5.000	98	4.450	99,3	95	80,2	95	79,7
6.000	99	4.950	99,6	100	100	100	100

одсто, са стандардном девијацијом 23,6 одсто. Посебно је значајно да се ефикасност већа од 50 одсто постиже на око 40 одсто порука.

У табели 2 наведени су резултати симулације времена задржавања порука на радним местима *оператора* (ОП) и *главног оператора* (време оператора и време ГОП у милисекундама), као и *ефикасност* тих радних места (ефикасност ОП и ефикасност ГОП у процентима). Број порука је изражен у кумулативном проценту (% ПОР). Радна места *оператора* (ОП1/ОП2 или ОП3) јесу радна места с истим обележјима, те су и снимљени резултати приближно исти за сва три радна места, па су наведени резултати само за радно место ОП1 у колонама 1 и 2. Средња вредност математичке расподеле укупног времена задржавања поруке на радном месту ОП износи 1.572 ВЈ, што значи приближно три граничне величине времена корисне обраде, а стандардна девијација је 1.192 временске јединице. Значајно је и да се око 50 одсто порука задржава на том радном месту краће од 1.200 ВЈ, а приближно све прођу кроз радно место за 6.000 временских јединица.

Ефикасност радног места *оператора* израчунава се преко једначине 3, а одабране вредности приказане су у колонама 5 и 6. Средња вредност математичке расподеле те ефикасности је 50,1 одсто, а стандардна

девијација износи 30,7 одсто. Ефикасност већа од 50 одсто постиже се на око 42 одсто порука.

Одабране вредности за укупно време задржавања порука на радном месту *главног оператора* наведене су у колонама 3 и 4. Средња вредност математичке расподеле тог времена је 1.027 ВЈ, што је око три износа граничног времена корисне обраде, а стандардна девијација је 817 временских јединица. Око 50 одсто порука задржава се на том радном месту краће од 750 ВЈ, а приближно све прођу кроз радно место за 5.000 временских јединица.

Вредности за ефикасност радног места *главног оператора* (једначина 3) дате су у колонама 7 и 8. Средња вредност математичке расподеле те ефикасности је 52,7 одсто, а стандардна девијација износи 30,2 одсто. Ефикасност већа од 50 одсто постиже се на око 46 одсто порука које су прошле кроз то радно место.

Закључак

Интегрисаним системом радарског осматрања (ИСРО) решава се проблем недовољне покривености зоне система осматрањем и подацима о циљевима. Рачунарска симулација помоћу софтверског моделирања ИСРО омогућава експериментисање на РС рачунару, чиме се надомештају сложени, скупи и тешко оствариви експерименти на реалном систему.

Приказани симулациони модел, реализован у рачунарском симулационом језику GPSS на РС рачунару, омогућава анализу перформанси СРО у различитим условима функционисања, с варирањем карактеристика система и његових делова. У чланку су приказани резултати симулације за време информисања (пролазно време порука) и ефикасност система и његових делова у граничним условима улазног оптерећења и времена корисне обраде, што омогућава прецизирање полазних системских и техничких захтева.

Литература:

1. И. Грујић, *Симулациони модел дистрибуираног информационог система са локалном синхронизацијом*, „Научно-технички преглед“, бр. 42, ВТИ ВЈ, 1992.
2. Y. Bar-Schalom, *Multitarget-multisensor tracking: Advanced applications*, Artech House, Norwood, 1990.