

Методологија истраживања и развоја сложених електронских система

УДК 623.61/.62.001(497.1)

Мр Илија Грујић, пуковник

У чланку је размотрена методологија истраживања и развоја војних сложених електронских система заснована на системском приступу, чиме је, поред целовитости развоја, омогућена и њена шира применљивост. Методологија је проверена на примеру система за трупну противваздушну одбрану.

Аутор се у чланку осврнуо на системски приступ и на могућност за уопштавање и стандардизацију, као и на методе и технике за реализацију методологије.

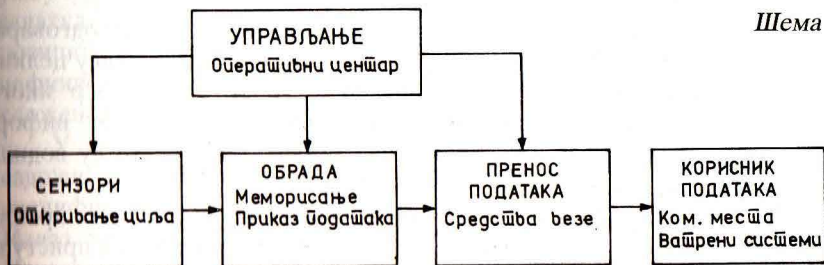
Посебан значај је придао методологији анализе, пројектовању, верификацији и примеру.

Увод

Истраживање и развој, као креативне делатности у ширем смислу, подразумевају поступност и рационалност, које воде ка дефинисаном циљу. Када се ради о сложеним електронским системима, посебно је значајно да се у рестриктивним условима дође до најповољнијих решења. Због тога су настале методологије за истраживање и развој, које одређују активности, њихов ток и односе, као и неопходне услове за реализацију.

Основни појмови

Војни сложени електронски системи су лоцирани у свим значајнијим делатностима, а првенствено у *командовању, управљању системима оружја, логистици и обуци*. Најчешће их чине следећи подсистеми: *сензори, обрада, приказ и меморисање података, пренос података и корисници података*. Глобална блок-шема тог система приказана је на шеми 1. За ефикасност и потпуност истраживања и развоја сложеног



Глобална блок-шема војног сложеног електронског система

електронског система значајна је примењена методологија реализације посла. Она одређује приступ послу, затим активности, њихове односе и ток, методе и технике за реализацију.

Системски приступ

Системски приступ у развоју заснива се на дефиницији система, чији су фундаментални елементи циљ и међусобни односи делова система, односно, решења појединачних делова подређују се решењу целине. Међутим, да би се тај принцип довео на ниво практичне применљивости неопходна је одговарајућа методологија рада. За проучавање система по системском приступу најчешће навођене методе јесу:

- декомпозиција система;
- анализа токова (за динамичке системе);
- функционална анализа (систем се представља као скуп функција);
- анализа промене стања (систем се описује скуповима релација).

Декомпозиција система се обавља до нивоа на којем је могуће ефикасно проучавање његових саставних делова. Проучавање и креирање сложених електронских система у области командовања и управљања заснива се на системски усмереним наукама: теорији система, теорији управљања, операционим истраживањима и рачунарским наукама.

На шеми 2 приказане су кључне активности глобалне методологије развоја по системском приступу. Наручилац посла формулише полазни захтев, којим се специфицира задатак, као опис потреба и проблема, и опредељује се за извршиоца посла. Извршилац посла формира радну групу, која на основу полазних захтева прецизира задатак.

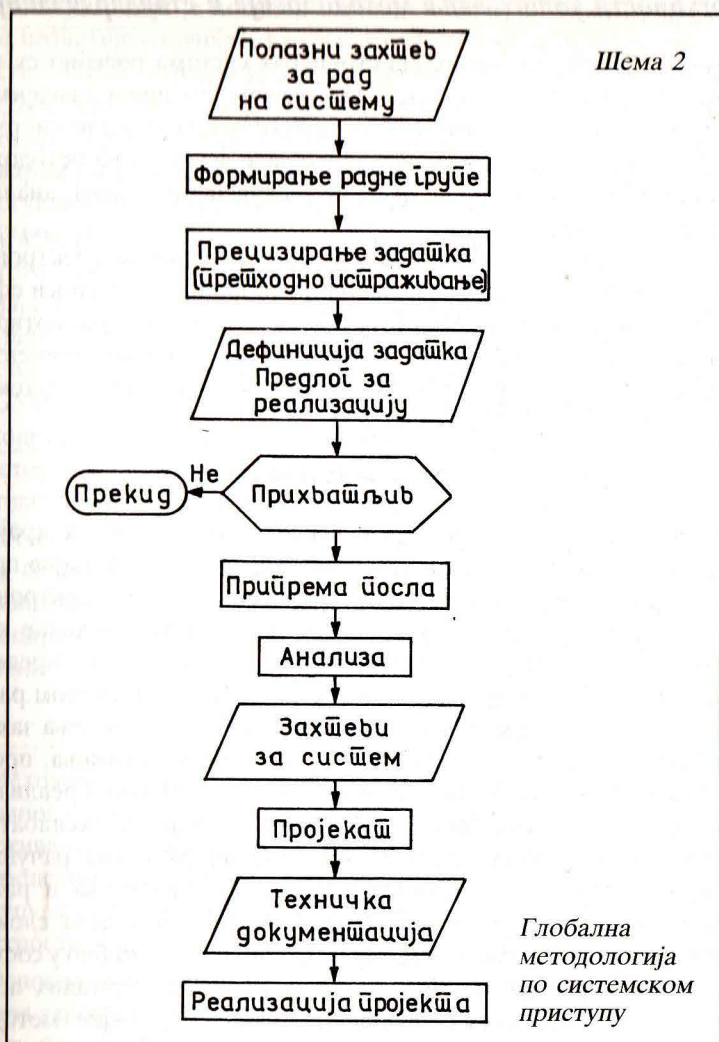
У случају сложених и недовољно дефинисаних захтева, радна група организује претходно истраживање, кроз које идентификује објекат на који се односи задатак, дефинише задатак и предлог за његову реализацију, који садржи план, трошкове и услове за реализацију. У дефинисању задатка могућа су два основна приступа:

- преко системског приступа, целовито у односу на циљ, са захватањем свих проблема у току реализације циља;
- парцијално решавање, када се задатак поставља према једном или више проблема из скупа постојећих проблема.

Теоријски, са системског аспекта, други приступ мање одговара, пошто је подложнији субоптимизацији и најчешће у комплексу целине не даје очекиване резултате. У пракси је то потврђено, јер многи парцијални захтеви на „осавремењавању“ или „модернизацији“ информационалних система нису дали очекиване резултате, а често су водили компромитовању достигнућа информатике.

Према наведеном, наручилац се опредељује за наставак или прекид посла. У случају да се определи за наставак посла, извршилац приступа припреми за његову реализацију, која обухвата првенствено организационе и техничке припреме. Затим се улази у фазу анализа система,

Шема 2



укључујући и његово окружење. Зависно од сложености система и задатка, бирају се методе системски усмерених наука, најчешће: декомпозиција, анализа токова и функционална анализа. Резултат анализе су дефинисани и верификовани захтеви и услови за израду пројекта сложеног електронског система.

У фази пројекта генерише се комплетно решење система, које садржи: структурно, алгоритамско-процесно и организационо решење, спецификацију техничког решења и начине провере и верификације. Излаз те фазе је документација за реализацију и проверу система. Израда пројекта најчешће је подржана истраживањем помоћу моделирања и симулације, како системских, тако и техничких решења.

Разлике између сложених електронских система посебно су изражене на нивоу техничког решења. На системском нивоу евидентан је њихов заједнички – општи део, који се првенствено односи на системско решење. За ниво системског решења реална је јединствена методологија, која се односи на системске фазе истраживања и развоја, анализа и пројектовање система.

Стандардизација у истраживању и развоју сложених електронских система је прихватљива и оправдана онолико колико доприноси ефикасности рада, потпуности и квалитету решења. То се посебно потврдило у дефинисању захтева, унификацији и квалитету техничке документације, одређивању, уградњи и провери квалитета техничких и системских решења.

Методe и технике

За квалитет и ефикасност реализације фаза анализе и пројекта, као и коначне техничке реализације система, веома су значајне примене методе и технике. Кроз досадашњи рад на сложеним електронским системима настале су и верификоване многе методе и технике које у припреми посла треба размотрити и обавити избор или се одредити за израду нових. Те методе и технике се користе у целокупном раду на развоју, почев од припреме и организације посла, дефинисања захтева, преко обављања системских послова анализе и пројектовања, провере и верификације карактеристика и решења, до генерисања и реализације техничких решења, коначне реализације и увођења у експлоатацију новог система. Посебно место у свим фазама рада има рачунарска техника, како кроз аутоматизацију послова истраживања и развоја, тако и у примени рачунара као градивног саставног дела сложеног електронског система. Развојем рачунарске технике, посебно у софтверском домену, повећавао се број и квалитет метода насталих помоћу рачунара и подржаних рачунаром. Посебно су значајне методе за генерисање и проверу системског решења, које су допринеле скраћивању рокова и смањивању трошкова и ризика развоја. За ту намену издвајају се методе рачунарске симулације засноване на софтверским могућностима, класификоване као симулациони модели (СМ). Развијен је већи број рачунарских симулационих језика, који су одређени према обележјима сложених електронских система. Развијене су и методологије за избор симулационог језика. За сложене електронске системе најчешће се користе симулациони језици: *GPSS*, *GASP*, *SIMSCRIPT*, *CSMP* и *PROLOG*.

GPSS намењен је за рачунарску симулацију динамичких дискретних система (независно променљива је дискретна величина), где се процеси представљају симулираним временским кашњењима, активираним

трансакцијом, која је носилац њихових обележја. Постоје преводиоци за све познатије рачунаре, као и њихове верзије за PC-рачунаре. Према искуству, GPSS подобан је за симулацију информационих система.

GASP симулациони је језик за дискретне системе, а састављен је од потпрограма писаних у језику FORTRAN. Применљив је на свим рачунарима који имају преводиоца за FORTRAN. Веома је флексибилан и омогућава кориснику уметање нових потпрограма.

SIMSCRIPT намењен је за дискретне системе, које описује помоћу ентитета, атрибута и скупова. Програм се састоји од дефинисаних догађаја, који наступају у одређеним временским тренуцима, и може их бити више. Примењује се слично као GPSS. Предност му је флексибилност, али је сложенији за учење и програмирање.

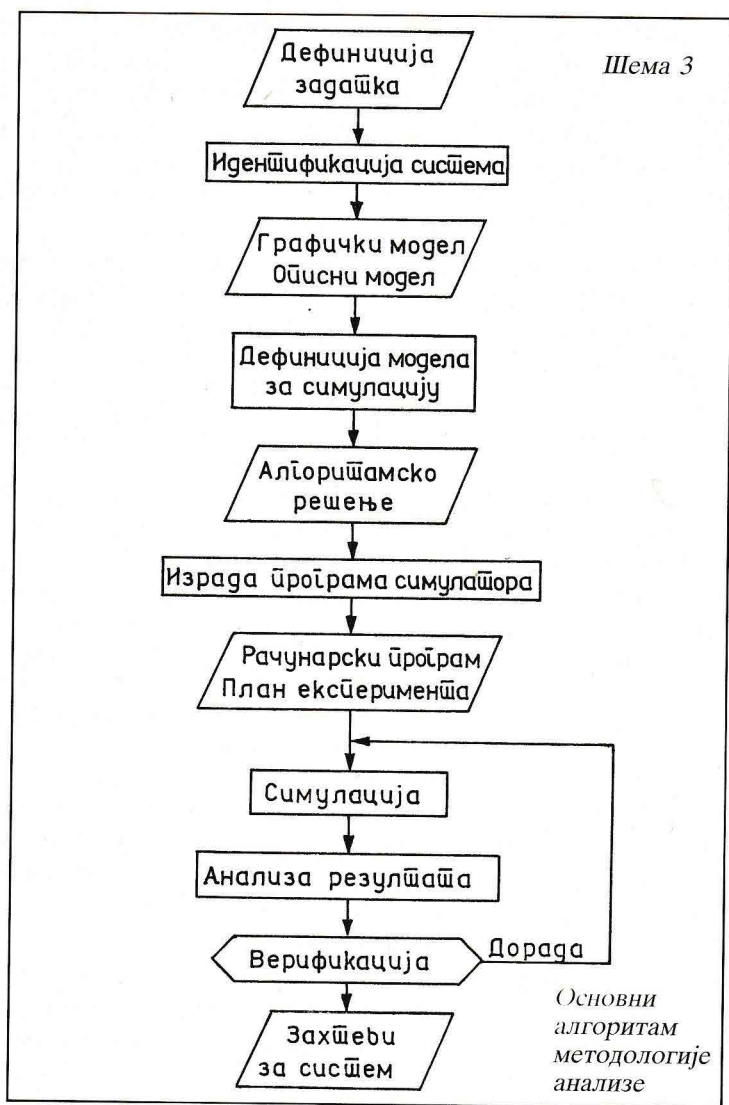
GSMP намењен је за симулирање континуалних динамичких система, који се могу описати скупом диференцијалних једначина. Програм се састоји од макроинструкција које повезују потпрограме. Корисник може да га проширује потпрограмима писаним језиком FORTRAN.

PROLOG, поред језика LISP, главни је програмски језик за симулацију система у области вештачке интелигенције. Посебно је подобан за решавање проблема који захтевају обраду структурираних података и релација међу њима (структуре стабла). Неприкладан је за нумеричко рачунање.

Методологија анализе

Методологија анализе одређује скуп активности и њихових међусобних односа, преко којих се реализује фаза анализа у методологији истраживања и развоја. Та фаза је почетна у току рада на сложеном електронском систему, па има посебан значај, сходно системском приступу, с обзиром на то да коначни резултати првенствено зависе од коректности дефиниције задатка и тачности постављених захтева.

Основни алгоритам методологије анализе приказан је на шеми 3. Анализа започиње проучавањем дефиниције задатка и идентификацијом система, без обзира на то да ли се ради о постојећем или претпостављеном систему. То подразумева израду графичког и описног модела предметног система и система за који је намењен. На основу тих модела дефинише се модел за симулацију и алгоритамско решење функционисања сложеног електронског система. На основу алгоритамског решења приступа се изради рачунарског програма – симулатора, и плана експеримента за симулацију. Симулацијом се проширују, прецизирају и комплетирају захтеви за систем и његове делове, уз обogaћивање сазнања о системском решењу. Посебно је значајна детаљна анализа осетљивости перформанси система на варирање кључних захтева. Кроз анализу и верификацију резултата симулације добијају се коначни захтеви са моделом система.

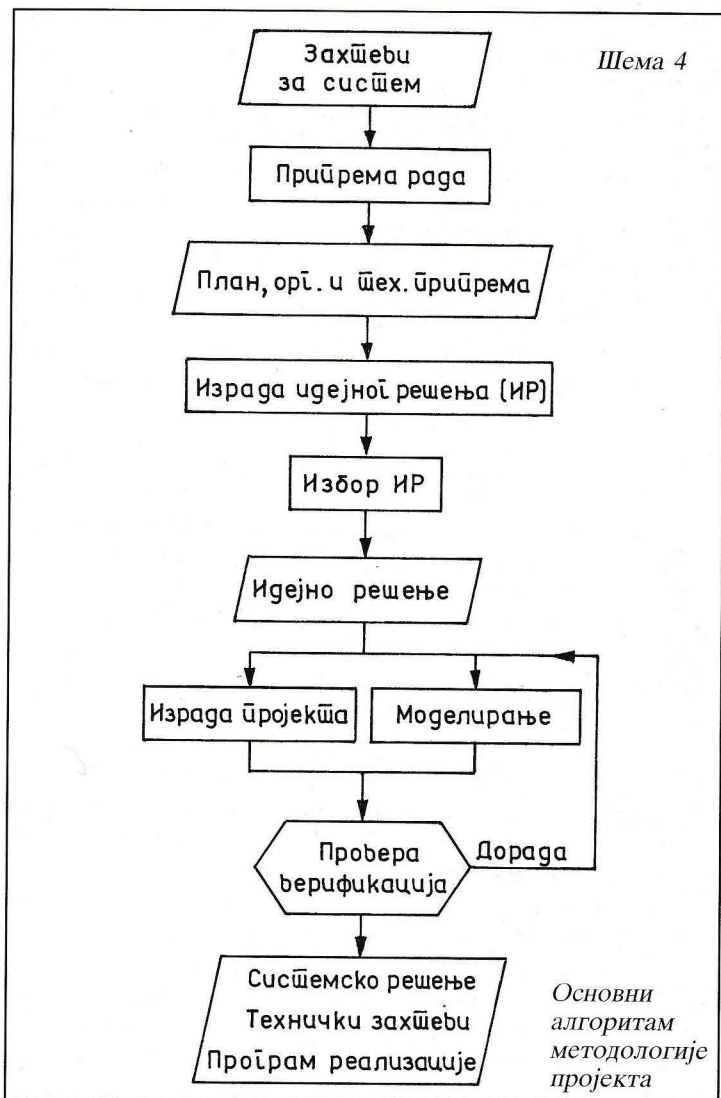


Методологија пројектовања

Предмет фазе пројекат обухвата генерисање системског решења, дефинисање техничких захтева и израду програма реализације система. Та фаза се ослања на фазу анализа. На шеми 4 приказан је основни алгоритам методологије пројекта. На основу захтева за систем, улази се у припрему рада, а резултат те активности су: план рада, организациона и техничка припрема (радне групе, подела посла, радна методологија, избор технике) за израду идејног решења система (ИР), које се, по правилу, генерише у варијантама. Израда започиње анализом захте-

ва, а наставља се конципирањем ИР и даљом разрадом са моделирањем и симулацијом на основу већ израђених модела у фази анализа. С аспекта поступности и уходавања методологије израде ИР, корисно је да се прва варијанта ИР заснива на моделу постојећег система. Тиме се продубљује анализа и стварају погодне основе за конципирање осталих варијаната идејног решења. Остале варијанте се налазе у опсегу модификације постојећег система, увођења нових метода и техника, до потпуно нових решења. Кроз процедуру избора ИР корисник за даљи рад бира најповољнију варијанту као коначно идејно решење.

Према коначном идејном решењу приступа се изради пројекта система и његових делова, као и изради програма реализације. Рад на



пројекту најчешће се подржава моделирањем системског решења и кључних техничких решења, а завршава провером и верификацијом системског решења (структурно, алгоритамско, организационо), техничких захтева и програма реализације система. Што се тиче пројектне документације, упутно је, а често и обавезно, посебно због унификације, аутоматизације послова и преносивости документације, да се користи прописана или стандардизована документација.

Верификација решења

У укупном развоју сложеног електронског система посебан значај има верификација, која најчешће укључује проверу и оцену решења и резултата кључних фаза развоја система. Усвајање, на основу резултата верификације, по правилу, обавља корисник или њему надређена институција. Зависно од сложености, обима и фазе посла, верификацију обављају мултидисциплинарне групе, тимови стручњака или специјализоване организације, почев од нивоа извршиоца (ниво 1) до нивоа корисника или њему надређених (нивои 2, 3...). У раду на верификацији користе се методе и технике примењене у развоју система, друге комплементарне методе или њихова комбинација. На ефикасност и динамику рада на верификацији значајно утичу квалитет и потпуност радне документације, као и ниво примењене стандардизације. Резултат верификације може бити сагласност за наставак рада у наредној фази на основу резултата претходне фазе, дорада или иновирање према примедбама, до предлога за прекид рада на развоју.

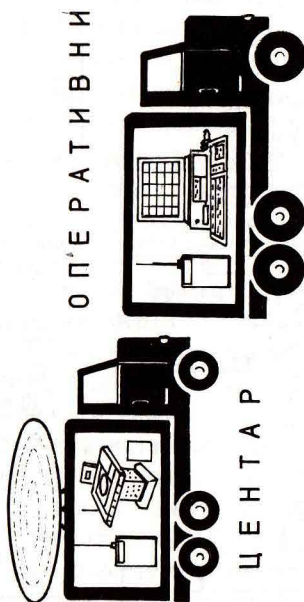
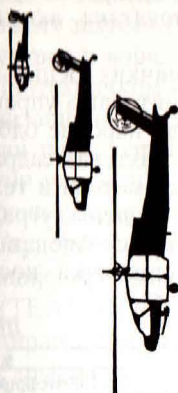
Реализација пројекта

Реализација пројекта сложеног електронског система обухвата рад на: техничкој реализацији система, комплетирању техничке документације, провери и верификацији техничког и системског решења на експлоатационом нивоу. Резултат те фазе је верификовано решење система, комплетна техничка и технолошка документација за производњу и проверу квалитета, као и основна документација за припрему и увођење у експлоатацију и одржавање.

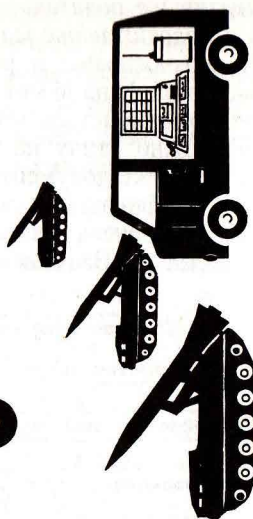
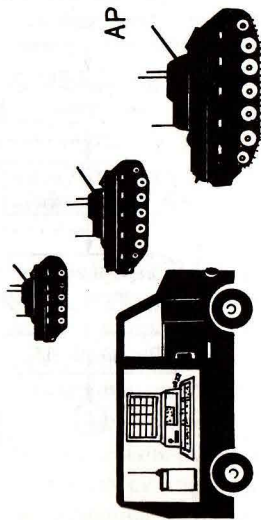
Осврт на методологију развоја војног сложеног електронског система за потребе трупне противваздушне одбране

Рад на истраживању и развоју сложених електронских система за нашу војску, интересантан с аспекта те методологије, отпочет је шездесетих година. Интензивирању тога рада, крајем седамдесетих година, допринела је потреба за интегрисањем и аутоматизацијом система ПВО, као и погодности које је обезбедио нагли развој микроелектронике и рачунарске технике. У оквиру тога, покренут је развој једног сложеног електронског система за трупну ПВО, који је представљен на шеми 5. Кључне функције тог система су: *интеграција*

ПРЕТЊА



АР ЈЕДИНИЦЕ
ПВО



Сложени електронски систем за трупну ПВО

поставком задатка на основу претходне анализе и полазних тактичко-техничких захтева (ТТЗ). Управа за истраживање, развој и производњу наоружања и војне опреме (УИРП НВО) одабрала је носиоца задатка. У Војнотехничком институту (ВТИ), као носиоцу задатка, обављене су организационе и техничке припреме, формиран је радни тим, израђен је план рада, одређене су лабораторије и спецификоване потребе за додатно опремање, а израђена је и полазна техничка документација и одабрани кооперанти.

Следећа тежишна активност била је израда основне развојне документације: програма реализације (ПР) са техничко-економском анализом (ТЕА), уз коју је генерисано идејно решење (ИР), на основу моделирања, почев од системског решења до кључних техничких решења. У домену системског решења модели су били претежно математички и симулациони, а провера техничких решења обављена је на физичким моделима. Идејно решење система проверено је преко теренског испитивања модела система, који је садржао кључне подсистеме и уређаје за *осматрање, пренос, обраду и приказивање радарских података*. Верификација излазних докумената (ПР са ТЕА, ИР, ТТЗ) обављена је на нивоу 1, уз учешће представника нивоа 2 и институција надлежних за праћење и проверу развоја.¹

Након разматрања ПР на нивоу 2, а потом на нивоу 3, донесена је одлука о реализацији развоја по програму реализације. У ВТИ израђена су нормативна техничка документа за уговарање, прописи о квалитету производа (ПКП), на основу којих се приступило уговарању прототипског развоја. Тај развој је започет израдом пројеката система и уређаја, уз неопходна моделирања и симулацију ради прецизирања кључних техничких решења и елемената поузданости. Након верификације пројектне документације за прототипове на нивоу 1, уз учешће представника нивоа 2 и институција надлежних за праћење и проверу развоја, приступило се изради прототипова (ПТ) уређаја и подсистема. У току израде ПТ обављена су конструкторска испитивања на нивоу 1, на основу којих су коригована техничка решења, затим су прецизиране методе за проверу квалитета производа и ажурирана је техничка документација.

После завршетка израде прототипова, на нивоу 1 организована су интерна испитивања са теренским испитивањима, уз учешће представника нивоа 2 и институција надлежних за праћење и проверу развоја. Након дораде прототипова и техничке документације, поднета је техничком опитном центру пријава за завршна испитивања. Упоредо са интерним испитивањима обављено је експертско оцењивање комплетног програма у организацији Центра за експертско оцењивање програма НИР-а. Завршна испитивања прототипова окончана су теренско-експлоатационим испитивањима. Резултат тих испитивања били су изве-

¹ Институције надлежне за праћење и проверу развоја: Техничка управа, Управа веза, Биро за СИМ, Одељење ВККП, Опитни центар.

штаји са предлогом за усвајање у НВО, који су достављени нивоу 2. На предлог тог нивоа донето је решење о усвајању у НВО завршених прототипова, након чега је следила израда техничке документације за нулту серију.

Закључак

У чланку је резимирана методологија за истраживање и развој сложеног електронског система војне намене, заснована на системском приступу, чиме је, поред целовитости развоја, омогућена и шира применљивост. За ефикасно управљање, обављањем комплексног посла на истраживању и развоју сложеног система, који захтева мултидисциплинарни тимски рад, посебно је значајна примењена методологија. На основу појединачних искустава, показало се као рационално синтетизовање јединствене, општеприменљиве методологије, која би извршиоцу омогућила рационалну и проверену методу за реализацију развоја. Наведена методологија развоја сложеног електронског система проверена је на примеру система за потребе трупне противваздушне одбране. Стечена сазнања указују на ширу применљивост те методологије.

Литература:

1. И. Грујић, *Методологија анализе и пројектовања Управљачког информационог система (УИС) са посебним освртом на УИС армије* (магистарски рад), ТВА КоВ, Загреб, 1975.
2. И. Грујић, Р. Јанковић, *Симулација сложених система помоћу електронских рачунара са посебним освртом на војну примену*, Научно-техничка информација, ВТИ, Београд, бр. 11, 1977.
3. Р. Јанковић, *Мултипроцесорски рачунарски систем за трансакциону обраду порука у реалном времену* (докторска дисертација), ЕТФ, Сарајево, 1986.
4. Р. Јанковић, *Симулациони модел мултимикропроцесорског рачунарског система за интерактивну информациону подршку рада тима експерата*, „Научно-технички преглед“, вол. XLIV, бр. 5, Београд, 1994.
5. И. Грујић, *Дистрибуирани информациони систем са локалном синхронизацијом за подршку ПВО*, „Научно-технички преглед“, бр. 41, 1991, стр. 1.
6. И. Грујић, *Симулациони модел дистрибуираног информационог система са локалном синхронизацијом*, „Научно-технички преглед“, бр. 42, 1992, стр. 9.
7. J.R. Emshoff, *Design and use of computer simulation models*, N.Y., McG-H., 1970.
8. R.G. Mudrick, J.E. Ross, *Information Systems for Modern Management*, Prentice-Hall, Inc., 1975.