



Том VIII. № 6-2016

Издается с 2009 года
Издательская лицензия ПИ № ФС 77-60899
Язык публикаций: русский, английский
Периодичность выхода – 6 номеров в год
Сайт в Интернете: www.H-ES.ru
E-mail: HT-ESResearch@yandex.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ООО «Издательский дом Медиа Паблшер»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
Константин Легков

ИЗДАТЕЛЬ:
Светлана Дымкова

ПРЕДПЕЧАТНАЯ ПОДГОТОВКА:
ООО «H&ES Research»

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
111024, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, д. 8, офис 512-514

194044, Россия, Санкт-Петербург,
Лесной Проспект, 34-36, корп. 1,
Тел.: +7(911) 194-12-42

Журнал H&ES Research зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия.
Мнения авторов не всегда совпадают с
точкой зрения редакции. За содержание
рекламных материалов редакция ответ-
ственности не несет.

Материалы, опубликованные в журнале –
собственность ООО «ИД Медиа
Паблшер». Перепечатка, цитирование,
дублирование на сайтах допускаются
только с разрешения издателя.

ПЛАТА С АСПИРАНТОВ ЗА ПУБЛИКАЦИЮ
РУКОПИСИ НЕ ВЗИМАЕТСЯ

Всем авторам, желающим разместить
научную статью в журнале, необходимо
оформить ее согласно требованиям и на-
править материалы на электронную почту:
HT-ESResearch@yandex.ru.

С требованиями можно ознакомиться
на сайте: www.H-ES.ru.

© ООО «ИД Медиа Паблшер» 2016

H&ES Research – один из ведущих рецензируемых научных журналов, в котором публикуются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал освещает достижения и проблемы российских инфокоммуникаций, внедрение последних достижений отрасли в автоматизированных системах управления, развитие технологий в информационной безопасности, исследования космоса, развитие спутникового телевидения и навигации, исследование Арктики. Особое место в издании уделено результатам научных исследований молодых ученых в области создания новых средств и технологий космических исследований Земли.

Научно-технический журнал **H&ES Research** предназначен прежде всего для специалистов в области современных инфокоммуникационных технологий и автоматизированных систем управления, средств космических исследований Земли и информационной безопасности. В журнале публикуются новости о событиях в вышеуказанных областях, репортажи и интервью ведущих компаний, мнения специалистов, новые технологии, инновационные разработки, оборудование и решения, аналитические статьи, маркетинговые исследования и др.

Журнал H&ES Research входит в Перечень ВАК и в систему российского индекса научного цитирования (РИНЦ), а также включен в Международный классификатор периодических изданий (ISSN 2412-1363 (Online), 2409-5419 (Print)).

Тематика публикуемых статей в соответствии с перечнем групп специальностей научных работников по Номенклатуре специальностей:

- 01.01.00 Математика
- 05.07.00 Авиационная и ракетно-космическая техника
- 05.11.00 Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы
- 05.12.00 Радиотехника и связь
- 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Вопросы развития автоматизированных систем управления
- Физико-математическое обеспечение разработки новых технологий
- Развитие автоматизированных систем управления технологическим процессом
- Вопросы исследования космоса
- Телекоммуникационные технологии и технические новинки систем подвижной связи
- Перспективы развития единого инфокоммуникационного пространства
- Использование радиочастотного спектра в системах подвижной связи
- Антенно-фидерное оборудование
- Спутниковое телевидение, системы спутниковой навигации, GLONASS, построение навигационных систем GPS
- Вопросы развития геодезии и картографии
- Информационная и кибербезопасность
- Вопросы исследования Арктики
- Волоконно-оптическое оборудование и технологии
- Метрологическое обеспечение
- Программное обеспечение и элементная база для сетей связи
- Производители, поставщики и дистрибьюторы телекоммуникационного оборудования
- Работа отечественных ассоциаций, региональных и координирующих операторов
- Правовое регулирование инфокоммуникаций, законодательство в области связи
- Экономика связи, конвергенция сетей, универсальные коммуникации
- Выставки, форумы, конференции, семинары, интервью (оригинальные и новые проекты, итоги деятельности, проблемы отрасли и пути их решения и т.д.)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- БОБРОВСКИЙ В.И.**, доктор технических наук, доцент
БОРИСОВ В.В., доктор технических наук, профессор, Действительный член академии военных наук РФ
БУДКО П.А., доктор технических наук, профессор
БУДНИКОВ С.А., доктор технических наук, доцент, Действительный член Академии информатизации образования
ВЕРХОВА Г.В., доктор технических наук, профессор
ГОНЧАРОВСКИЙ В.С., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ
КОМАШИНСКИЙ В.И., доктор технических наук, профессор
КИРПАНЕВ А.В., доктор технических наук, доцент
КУРНОСОВ В.И., доктор технических наук, профессор, академик Арктической академии наук, член-корреспондент Международной академии информатизации, академик Международной академии обороны, безопасности и правопорядка, Действительный член Российской академии естественных наук
МАНУЙЛОВ Ю.С., доктор технических наук, профессор
МОРОЗОВ А.В., доктор технических наук, профессор, Действительный член Академии военных наук РФ
МОШАК Н.Н., доктор технических наук, доцент
ПРОРОК В.Я., доктор технических наук, профессор
СЕМЕНОВ С.С., доктор технических наук, доцент
СИНИЦЫН Е.А., доктор технических наук, профессор
ШАТРАКОВ Ю.Г., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Отдел развития и рекламы: Ольга Дорошкевич, ovd@media-publisher.ru, тел.: 8(916) 951-55-36.

H&ES Research – one of leading reviewed scientific journal in whom the main scientific results of the dissertation on competition of a scientific degree of the doctor and the candidate of science are published. The journal covers achievements and problems of the Russian infocommunication, introduction of the last achievements of branch in automated control systems, development of technologies in information security, space researches, development of satellite television and navigation, research of the Arctic. The special place in the edition is given to results of scientific researches of young scientists in the field of creation of new means and technologies of space researches of Earth.

H&ES Research – journal for specialists in the field of modern information and communication technologies and automated systems management means for Space Research of the Earth and information security. The journal publishes news about events in the above areas, reports and interviews of the leading companies, the opinions of experts, new technologies, innovations, products and solutions, analytical articles, market research and others.

The journal is included in the list of scientific publications, recommended Higher Attestation Commission Russian Ministry of Education for the publication of scientific works, which reflect the basic scientific content of candidate and doctoral theses. IF of the Russian Science Citation Index.

Subject of published articles according to the list of branches of science and groups of scientific specialties in accordance with the Nomenclature of specialties:

- 01.01.00 Mathematics
- 05.07.00 Aviation, space-rocket hardware
- 05.11.00 Instrument engineering, metrology and information-measuring devices and systems
- 05.12.00 RF technology and communication
- 05.13.00 Informatics, computer engineering and control

TOPICAL COLUMNS

- Automated control systems
- Physical and mathematical software development of new technologies
- Development of automated process control systems
- Questions of space exploration
- Telecommunication technology and technical innovations of mobile systems
- Prospects for unified info communication space
- Use of a radio-frequency range in systems of mobile communication
- Antenna-feeder equipment
- Satellite TV, satellite navigation system, GLONASS, GPS navigation systems construction
- Issues of Geodesy and Cartography
- Information and cyber security
- Questions Arctic research
- Fiber-optic equipment and technology
- Metrological maintenance
- Software and electronic components for communication networks
- Manufacturers, suppliers and distributors of telecommunications equipment
- National associations, regional and coordinating operators
- Legal regulation of Infocomm, legislation in the communication field
- Economy of communications, networks convergence, universal communication
- Exhibitions, forums, conferences, seminars, interview (original and new projects, results of activity, a problem of branch and a way of their decision, etc.)

EDITORIAL BOARD

BOBROWSKY V.I., Ph.D., associate professor
BORISOV V.V., Ph.D., professor
BUDKO P.A., Ph.D., professor
BUDNIKOV S.A., Ph.D., associate professor, Actual Member of the Academy of Education Informatization
VERHOVA G.V., Ph.D., professor
GONCHAREVSKIY V.S., Ph.D., professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation,
KOMASHINSKIY V.I., Ph.D., professor
KIRPANEV A.V., Ph.D., associate professor
KURNOSOV V.I., Ph.D., professor, Academician of Academy of Sciences of the Arctic, corresponding member of the International Academy of Informatization, International Academy of defense, security, law and order, Member of the Academy of Natural Sciences
MANUILOV Y.S., Ph.D., professor
MOROZOV A.V., Ph.D., professor, Actual Member of the Academy of Military Sciences
MOSHAK N.N., Ph.D., associate professor
PROROK V.Y., Ph.D., professor
SEMENOV S.S., Ph.D., associate professor
SINICYN E.A., Ph.D., professor
SHATRAKOV Y.G., Ph.D., professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation

Development and advertizing department: Olga Doroshkevich, ovd@media-publisher.ru, tel.: 8(916) 951-55-36.

H&ES RESEARCH

Vol. VIII. No. 5-2016

It is published since 2009
 Publishing license ПИ № ФС 77-60899
 Language of publications:
 Russian, English
 Periodicity – 6 issues per year
 Site on the Internet: www.H-ES.ru
 E-mail: HT-ESResearch@yandex.ru

FOUNDER: «Media Publisher», LLC
 EDITOR IN CHIEF: Konstantin Legkov
 PUBLISHER: Svetlana Dymkova
 PREPRESS: «H&ES Research», JSC

ADDRESS OF EDITION:
 111024, Russia, Moscow,
 st. Aviamotornaya, 8, office 512-514

194044, Russia, St. Petersburg,
 Lesnoy avenue, 34-36, housing 1,
 Phone: +7 (911) 194-12-42

Journal H&ES Research has been registered by the Federal service on supervision of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection. The opinions of the authors don't always coincide with the point of view of the publisher. For the content of ads, the editorial Board is not responsible. All articles and illustrations are copyright. All rights reserved. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock company




GRADUATE STUDENTS FOR PUBLICATION OF THE MANUSCRIPT WILL NOT BE CHARGED

All authors wishing to post a scientific article in the journal, you must register it according to the requirements and send the materials to your email: HT-ESResearch@yandex.ru. The requirements are available on the website: www.H-ES.ru.

© «Media Publisher», LLC 2016

«H&ES RESEARCH – HIGH TECHNOLOGIES IN EARTH SPACE RESEARCH» JOURNAL

WWW.H-ES.RU

 HES_Research  HES-Research
 club55425245

Пермский инженерно-промышленный форум – 2016: от практик к стратегии

10-11 ноября 2016 года на Пермском инженерно-промышленном форуме ведущие предприятия и вузы Пермского края делились опытом сотрудничества в сфере подготовки инженерных кадров. Наиболее успешные практики войдут в концепцию Кадровой стратегии инновационного развития региона на период до 2025 года.

В работе форума приняли участие крупнейшие высокотехнологичные компании Пермского края: ОАО «Протон-ПМ», ОАО «ПНППК», ПАО «Метафракс», ООО «Лукойл-Пермь» и др. Высшее образование на форуме было представлено Пермским научно-исследовательским политехническим университетом, Пермским государственным научно-исследовательским университетом, Пермской государственной фармацевтической академией т.д. – эти вузы активно сотрудничают с предприятиями реального сектора в сфере подготовки инженерных кадров.

Пермский опыт подготовки специалистов для производств считается одним из самых эффективных в России: предприятия сами выступают заказчиками учебных программ, работает институт базовых кафедр, реализуются совместные производственные проекты, четвертый год успешно действует программа дуального образования. Среди перспективных направлений сотрудничества вузов и предприятий на форуме был назван отраслевой форсайт – прогнозирование развития отраслей – для координации процесса подготовки специалистов с будущими нуждами производства.

Объединить самые эффективные механизмы подготовки специалистов в Кадровой стратегии инновационного развития региона – она свою очередь станет частью Стратегии социально-экономического развития Пермского края до 2030 года - поставил перед участниками форума губернатор Пермского края Виктор Басаргин.

«Пермский край сегодня вошел в целый ряд масштабных российских проектов, а потому нам необходимы квалифицированные специалисты для их успешной реализации. Если мы сегодня все усилия не бросим

на формирование стратегического кадрового резерва, тогда в будущем неизбежно столкнемся с проблемой, когда попросту некому будет продолжать сегодняшние масштабные начинания и создавать новые высокотехнологичные и конкурентоспособные продукты», – говорит Виктор Басаргин.

«Кадровое обеспечение – первый вопрос для инвесторов, выделяющих средства для реализации проекта», – подчеркнул Алексей Беспрозванных, директор департамента региональной промышленной политики Министерства промышленности и торговли РФ, принявший участие в работе форума.

Знаковым событием в рамках форума стало открытие центра дуального образования на базе предприятия «Протон-ПМ». Центр позволяет организовывать процесс обучения под конкретные задачи производства. Он будет работать в трех направлениях: дополнительное техническое образование для учащихся общеобразовательных школ, дуальное обучение студентов и собственная деятельность центра (обучение новых рабочих, подготовка работников к курсам профессионального мастерства).

ПАО «Метафракс» и Пермский край подписали на форуме Меморандум о взаимопонимании в отношении заключения специального инвестиционного контракта. В соответствии с подтвержденным инвестиционным проектом «Метафракс» построит в Губахе (Пермский край) комплекс «Аммиак-карбамид-меламин». Новое производство обеспечит 400 высокотехнологичных рабочих мест.

Значительная часть экспертных и дискуссионных мероприятий форума была посвящена инструментам поддержки промышленного производства: инфраструктурным, финансовым, банковским и т.п. В центре обсуждения оказались поддержка предприятий-экспортеров, кредитные программы для бизнеса, кластерная политика и т.д.

Впервые на форуме обсуждалось взаимодействие крупного бизнеса с институтами инновационного развития. Эксперты рассказали, как крупный бизнес может продуктивно взаимодействовать с Венчурным фондом Пермского края, Фондом развития интернет-инициатив (ФРИИ), «Национальной технологической инициативой», Российской венчурной компанией, Фондом содействия инновациям, «Большой разведкой», бизнес-инкубаторами, акселераторами и т.п. Крупный бизнес сегодня становится все более заинтересованным во внедрении инноваций, потому что они могут коренным образом изменять традиционные рынки.

Сам форум также стал площадкой, на которой потенциальным инвесторам и партнерам были представлены инновационные разработки. На питч-сессии «Лучшие инновационные стартапы Прикамья по итогам 2016 года» выступили участники открытого межрегионального акселератора инновационных проектах «Большая разведка», ФРИИ, программ «УМНИК» и «СТАРТ». Среди презентованных проектов: веб-сервис, основанный на нейросетях, для психологической оценки сотрудников при найме; система предотвращения утечки данных из корпоративных сетей; пассивный экзоскелет для работы с тяжелыми инструментами; тренажер для реабилитации мышц руки после инсульта и спинной травмы и т.д.

Компании-партнеры на форуме определили победителей III ежегодного конкурса «Открытый регион. Хакатон». В номинации от Министерства информационного развития Пермского края победителем стала команда Smart solutions, от ПАО «Сбербанк» – команда Л2ПГГПУ, от ПАО «Ростелеком» – команда SIT.

Главным зрелищным событием форума вновь стала масштабная «Битва роботов». В этом году она прошла в ледовом дворце – он позволил вместить всех желающих увидеть грандиозное высокотехнологичное шоу. В итоге зрителями «Битвы роботов 2016» стали 1300 человек, не считая зрителей онлайн-трансляции.

За главный приз и звание чемпиона поборолось 26 команд из России, Казахстана, Конго, Сирии и Колумбии. Самым сильным и быстрым стал робот по имени Шелби команды SolarBot из Балашихи. Команда-победитель получила призовой фонд в 300 тысяч рублей и кубок губернатора Пермского края, команды, разделившие II место – по 100 тысяч рублей.

В деловой программе Пермского инженерно-промышленного форума приняли участие почти 3000 человек. Стенды в экспозиции предприятий Пермского края представили 30 ведущих производств и 6 крупнейших вузов Пермского края.



СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА	6
Орлов А.С., Косьмин Г.В., Шевченко Е.В. К вопросу принятия решений в практике управления военно-техническими системами	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ	
Чернов И.В. Исследование достигаемых точностей ориентирования гиротеодолитными комплектами	12
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ	
Буренин А.Н., Легков К.Е., Нестеренко О.Е. Методический подход к организации обработки оперативной информации распределенными вычислительными комплексами специального назначения	18
Голин В.Н. Методика формирования рациональной структуры информационных массивов геоинформационной системы	31
Грудинин И.В., Новиков В.А. Проблемы управления сложными организационно-техническими системами и направления их решения	36
Ревин С.А. Научно-методические аспекты программного планирования создания автоматизированных систем военного назначения	42
Степанов М.Ф., Степанов А.М., Михайлова Л.С., Салихова А.Р. Методология автоматизированного решения задач нейроуправления в системе ГАММА-3	47
Чувиков Д.А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием	53
Шелухин О.И., Канаев С.Д. Оценка качества неподвижного изображения при стеганографическом скрывании цифровых водяных знаков методом расширения спектра	59

CONTENTS

6	AVIATION, SPACE-ROCKET HARDWARE Orlov A.S., Kosmin G.V., Shevtchenko E.V. To the question of decision making in management practice by military and technical systems
12	INSTRUMENT ENGINEERING, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES AND SYSTEMS Chernov I.V. Study the accuracy achieved by orienting sets gyrocompass
18	INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND CONTROL Burenin A.N., Legkov K.E., Nesterenko O.E. Methodical approach to processing the operational information of distributed computer systems, special purpose
31	Golin V.N. Method of forming rational structure information files geoinformation systems
36	Grudin I.V., Novikov V.A The problems of control of simplex organizational and technical systems and their solutions
42	Revin S.A. Scientific-methodical aspects of program planning of the creation of automated military systems
47	Stepanov M.F., Stepanov A.M., Mikhailova L.S., Salichova A.R. Methodology of the automated tasks decision of neurocontrol within the system "GAMMA-3"
53	Chuvikov D.A. Mivar logical core application in solving tasks related to situational three-dimensional modeling.
59	Sheluhin O.I., Kanaev S.D. Assessment of the quality of a still image at the steganographic digital watermarks hiding by the method of spread spectrum.

К ВОПРОСУ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Орлов

Алексей Сергеевич,

к.т.н., преподаватель кафедры
организации эксплуатации и технического
обеспечения ВВСТ Военно-космической
академии имени А.Ф.Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия

Косьмин

Геннадий Васильевич,

старший преподаватель кафедры
организации эксплуатации и технического
обеспечения ВВСТ Военно-космической
академии имени А.Ф.Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия

Шевченко

Евгений Васильевич,

преподаватель кафедры организации
эксплуатации и технического обеспечения
ВВСТ Военно-космической академии
имени А.Ф.Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова:

теория принятия решений; системный
подход; когнитивное искажение
мышления; показатель эффективности;
вероятность успеха.

АННОТАЦИЯ

Анализируя практику управления военно-техническими системами можно четко проследить существующее противоречие между необходимостью обеспечения лица принимающего решение инструментарием для многовариантного подхода к прогнозу исхода решения и возможностями существующих моделей по его адекватному обеспечению. Приведенное противоречие показывает необходимость решения научно-прикладной задачи заключающейся в подробной научной проработке основных направлений и путей создания новых, соответствующих современным условиям, моделирующих комплексов и систем, являющихся надежным и востребованным инструментом обеспечения принятия обоснованных решений. Необходимо понимать, что любая модель не сможет в полной мере обеспечить выработку единственно верного и всесторонне обоснованного решения в конкретно складывающихся динамических условиях обстановки, так как не все исходные данные можно представить в количественном измерении и учесть в модели, а служит лишь инструментом выбора альтернатив для лица принимающего решение. В данной статье рассмотрен актуальный вопрос применения математических методов, с позиции системного подхода, к процессу принятия решений при управлении сложными системами, коими являются и военно-технические системы, и некоторые вопросы, касающиеся критерия эффективности. Любые теоретические изыскания, даже самые выверенные, несостоятельны без практического подкрепления. Особенно актуально это в областях науки затрагивающих взаимодействия в человеко-машинных системах. Под системным подходом принимается методология комплексного исследования сложных объектов природы, техники и общества как систем, то есть как объединений элементов, связанных комплексом (системой) отношений и выступающих по отношению к внешней среде как единое целое. При этом для анализа функционирования системы применяются не только формализованные методы, но и неформальные процедуры. В качестве показателя эффективности функционирования военно-технических систем рассмотрена вероятность достижения поставленной цели, как наиболее полно отвечающая требованиям. Помимо прочего в статье затронута проблематика когнитивных искажений мышления, то есть некоторые шаблонные отклонения в суждениях, которые происходят при оценке ситуаций и данных, необходимых для процесса принятия решений.

Принятие решений лежит в основе любой целенаправленной деятельности – в экономике, политике, социальной сфере, технике, обеспечении безопасности, военной сфере и т.д. У каждого целенаправленного процесса есть свои фундаментальные понятия и категории, изучение которых составляет непереносимое условие для его понимания и дальнейшего продвижения в изучении. Научным «обслуживанием» процессов принятия решений, первоначально занималась дисциплина «Исследование операций», затем вошедшая в структуру «Системного анализа».

Математический аппарат, используемый «Системным анализом» опирается на различные методы прикладной математики, такие как прогнозирование, оптимизация, теория вероятностей и математическая статистика, структурный анализ. Возможное дерево способов структурного анализа представлено на рис. 1 [1].

В то же время практика управления требует вовлечения в процесс принятия решений не только формальных методов, но и качественных факторов. К ним можно отнести знания специалистов, которые невозможно формализовать. Это опыт и интуиция, приверженность тем или иным взглядам лиц принимающих решение.

Тут мы вплотную сталкиваемся с влиянием когнитивных искажений мышления человека (лица принимающего решение) при оценке ситуаций и данных, принятии реше-

ний и выработке действий, которое может привести к ошибочным выводам. Например, человек обычно объясняет поступки других людей их личностными особенностями, а свои – стечениями обстоятельств. В конечном итоге знание способов анализа не избавит от когнитивных искажений мышления, но правильное и инициативное применение способов структурного анализа поможет снизить это влияние.

Процесс принятия решений всегда означает выбор, то есть необходимо выбрать конкретный вариант действий из определённого множества. Если этого множества нет, то его придётся сформировать, а в дальнейшем структурировать.

Многие решения принимаются в условиях неопределённости (помех), учет которых является одним из важнейших показателей квалификации лица принимающего решение. Кроме отрицательных неожиданностей бывают и положительные, их называют удачами (успехом). Лицо принимающее решение всегда старается застраховаться от потерь и не пропустить удачу [2].

К неопределённости нужно относить и возможные отклонения исходных данных, которые следует учитывать в используемой математической модели, чтобы оценить зону риска при принятии решений.

Рассмотрим комплекс условий, который реализуется в человеко-машинных системах, к которым можно отнести и военно-технические системы.

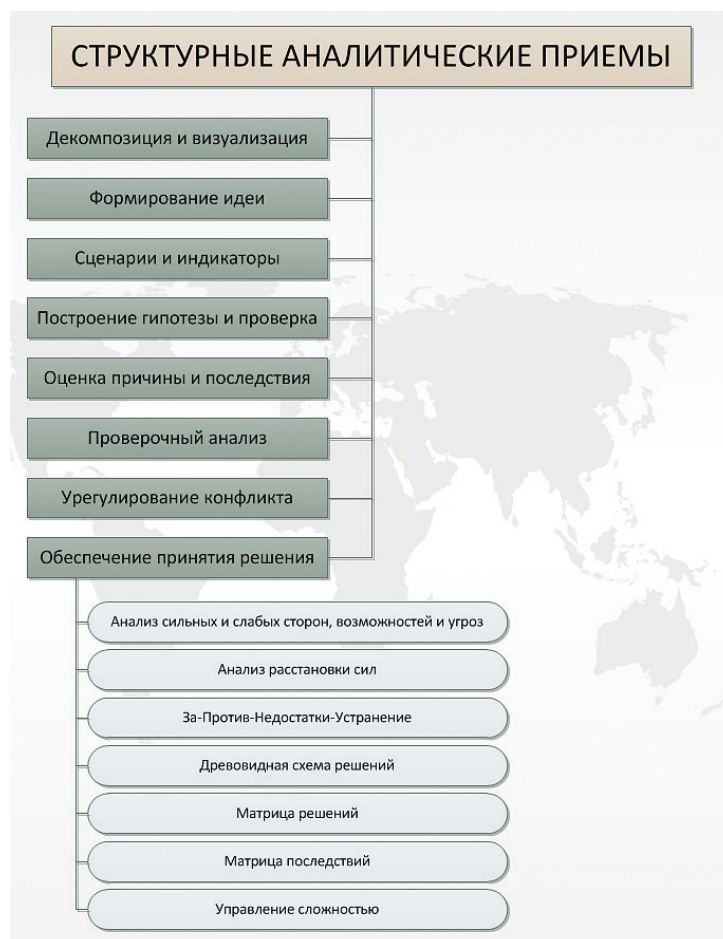


Рис. 1. Дерево способов структурного анализа

Военно-технические системы можно назвать сложными системами в самом широком смысле слова, то есть это значит, что они соответствуют объектам исследования теории систем. Военные структуры и системы в полной мере соответствуют основными признаками присущими объектам теории сложных систем. [3]:

- наличие большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов;
- наличие сложной целенаправленной функции системы;
- возможность разделения системы на подсистемы, задачи которых подчинены общей цели функционирования всей системы;
- наличие управления, чаще всего имеющего иерархическую структуру, и интенсивных потоков информации;
- наличие взаимодействия случайных факторов;
- наличие черт самоорганизации.

Применение системного подхода будем основывать на изучении функционирования не только отдельных системы, но и всей системы в целом с учетом ее структуры и взаимосвязи подсистем и составляющих элементов. Однако практическое применение инструментов системного подхода порой оказывается сложной задачей.

Под системой мы будем понимать некоторую группу взаимосвязанных военных подсистем и составляющих их элементов, которые действуют совместно в целях выполнения заранее поставленной задачи. При исследовании и анализе системы обнаруживается ряд взаимосвязанных внутренних возможностей, которые реализуются системой в целом, а отдельные элементы этой системы реализуют ту или иную из этих возможностей, то есть мы можем говорить о вероятностном (стохастическом) характере связи между возможностью и действительностью. Пусть система величин N_i , отражающая ряд некоторых действительностей, связана с системой величин M_i , отражающей соответствующие этим действительностям возможности, вероятностной зависимостью. Если мы знаем значение любой величины M , нельзя точно указать значение соответствующей величины N , а можно указать только закон распределения ее, зависящий от того какое значение приняла величина N .

Заметим, что стохастический подход к планированию имеет здесь больше возможностей, чем детерминированный, так как при детерминированном планировании не существует обратной связи между реализацией и самим планом. В процессе реализации может возникать ряд помех, что приведет к появлению отклонений. Такие отклонения не могут корректироваться в рамках плана, который в период реализации обычно не изменяется. Соответствующая координация производится, например, после выполнения плана.

Вероятностное планирование включает в определенной степени предвосхищающую обратную связь, так как ожидаемые помехи, которые невозможно предусмотреть точно, включаются заранее в план, как некоторые вероятностные величины, то есть создается так называемый «запас прочности» системы. В этом и проявляется смысл управления стохастическим процессом, где применение системного подхода помогает разрабатывать прогнозы, которые позволяют предсказывать новые состояния системы,

отражающие распределение вероятностей этих состояний. Разработанные прогнозы должны иметь шкалу возможностей и функцию или ряд распределения их вероятностей.

На этапе принятия решения для выбора одной альтернативы из набора альтернатив применяются методы оптимизации. Понятие оптимума тесно связано с выбором и формулировкой цели решения, которые производятся на предшествующих этапах и выражаются в виде критериев эффективности. Оптимизация может быть безусловной и условной в тех случаях, когда необходимо учитывать ограничения на количество средств, время, расстояние и т.д. Задачу оптимизации можно сформулировать следующим образом [4]:

- имеется математическая зависимость цели решения задачи от параметров, описывающих объект, ситуацию в виде критерия эффективности (рассматриваемого функционала);
- заданы ограничения на область существования критерия, т.е. на область возможных значений параметров;
- требуется найти такие значения параметров, при которых достигается экстремальное (максимальное или минимальное) значение критерия.

Для решения задачи оптимизации существует большое число методов: вариационное исчисление, математическое программирование (линейное, нелинейное, динамическое, стохастическое), стохастическая аппроксимация, принцип максимума, теория графов, сетевое планирование и управление.

Существуют трудности процесса оптимизации как чисто математические, так и принципиальные. К математическим трудностям можно отнести сложность определения глобального оптимума (максимума), которая возникает при несовпадении глобального и локального оптимумов. Принципиальная трудность состоит в существовании в общем случае нескольких критериев эффективности – системы критериев.

Применение системного подхода всегда обуславливает необходимость повторения рассмотренных этапов в целях организации непрерывного итерационного процесса исследования.

Выбор показателя эффективности является весьма важным вопросом. Обычно к показателям эффективности предъявляются следующие основные требования: они должны выбираться с учетом системного подхода к исследованию, необходимости быть критичными и чувствительными к изменениям основных параметров процесса функционирования и по возможности более простыми. Исходя из этих требований, в качестве основного показателя функционирования W целесообразно выбирать вероятность достижения поставленной цели (успеха).

Успех – это сложное событие. Для каждого конкретного случая понятие «успех» должно быть соответствующим образом сформировано или сформулировано. Например, A – это событие, представляющее собой достижение успеха, тогда основной показатель эффективности функционирования W для данной подсистемы определяется, как $W = P(A)$, где $P(A)$ – вероятность достижения успеха или вероятность успеха [5].

Если использовать вероятность успеха в качестве показателя эффективности функционирования, то это даст

возможность решить ряд вопросов, например, вопросы выбора алгоритма действий и привлечения необходимых сил.

Помимо общего показателя эффективности функционирования могут использоваться и вспомогательные показатели. Это объясняется тем, что иногда вероятность успеха вычислить сложно. Необходимость привлечения вспомогательных показателей возникает также, когда нужно исследовать влияние на процесс функционирования таких явлений, которые учитываются при вычислении основного показателя, но непосредственно и явно в нем не отражены, или когда он к ним нечувствителен.

По своему характеру вспомогательные показатели могут быть разделены на следующие группы: характеристики ущерба, пространственные характеристики, временные характеристики. Общее количество таких характеристик может быть значительным, но для каждого конкретного случая используется свой собственный набор.

Рассмотрим один из путей оперирования вероятностями состояний системы в интересах вычисления вероятности успеха. Возьмем некоторое дискретное множество состояний системы M и найден закон распределения вероятностей этих состояний. Все вероятности состояний из этого множества в любой момент времени как образующие полную группу несовместных событий подчиняются следующему соотношению:

$$\sum_i^j P_i(M_i) = 1, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, j$ – номер возможного состояния M_i в данном множестве.

Достижение успеха событие стохастическое; оно может произойти при нахождении системы в тех состояниях M_i , которые благоприятны для появления желаемого события. Тогда вероятность успеха W в момент времени t определим следующим образом:

$$P_t(A) = \sum_i^j P_t(M_i)P_t(A/M_i), \quad (2)$$

где $P_t(A/M_i)$ – условная вероятность события A (наступление успеха), т.е. вероятность события A при гипотезе M_i .

Таким образом, для вычисления вероятности успеха необходимо знать множество состояний системы, закон распределения вероятностей этих состояний и закон изменения условной вероятности наступления успеха в зависимости от того, в каком именно состоянии находится система в определенный момент времени.

Множество состояний системы определяется, прежде

всего, условиями и обстановкой, а также изменениями, которые совершаются под влиянием внутренних и внешних причин. Безусловно, предвидеть общее число и конкретное содержание всех возможных состояний системы без вспомогательного аппарата человек не может, тем более не может он найти вероятности этих состояний, даже имея огромный опыт. Здесь на помощь приходит прикладная статистика и математические модели, описывающие изменение состояний системы, которые дают ряд распределенных вероятностей этих состояний.

Каким образом можно получать законы изменения условных вероятностей? Если речь идет о свершившемся событии, то вопрос решается относительно просто. Как правило, в этом случае человек имеет в своем распоряжении основные данные, отражающие ход события, и при соответствующей обработке материалов можно выяснить при каких условиях система достигла успеха. Для новых же условий проведение натуральных экспериментов в широких масштабах представляется нереальным. Поэтому использование высказываний экспертов, имеющих псевдоопыт, часто является единственным способом получения нужной информации, а метод экспертных оценок вызывает повышенный интерес у специалистов и широко применяется во всех областях.

Заключение

Сложные задачи, касающиеся внедрения и эксплуатации сложной техники, предъявляют повышенные требования к специалистам, задействованным в процессах принятия решений. Данная статья рассматривает системный подход при выборе альтернатив решений. Применение системного подхода позволяет лицу принимающему решение не отклонять потенциально соответствующие требованиям гипотезы и обеспечивает информацией позволяющей предупредить менее успешный выбор.

Литература

1. Richard J., Heur Jr., Randolph H. Pherson. Structured Analytic Techniques for Improving Intelligence Analysis. WDC: CQ Press, 2015. 384 p.
2. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк: ЛЭГИ, 2001. 138 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 357 с.
4. Тараканов К.В. Аналитические методы исследования систем. М.: Советское радио, 1974. 240 с.
5. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1986. 432 с.

Для цитирования:

Орлов А.С., Космин Г.В., Шевченко Е.В. К вопросу принятия решений в практике управления военно-техническими системами // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 6–10.

TO THE QUESTION OF DECISION MAKING IN MANAGEMENT PRACTICE BY MILITARY AND TECHNICAL SYSTEMS

Alexey S. Orlov,
St. Petersburg, Russia

Gennady V. Kosmin,
St. Petersburg, Russia

Evgeny V. Shevtchenko,
St. Petersburg, Russia

Abstract

Analyzing management practice by military and technical systems it is possible to trace accurately actual collision between need of providing the person making the decision tools for multiple approach to the forecast of an outcome of the decision and opportunities of the existing models for its adequate providing. The given contradiction shows need of the solution of the scientific and applied task consisting in detailed scientific study of the main directions and ways of creation new corresponding to modern conditions, the modeling complexes and systems which are the reliable and demanded instrument of ensuring acceptance of reasoned decisions. It is necessary to understand that any model will fully not be able to provide development only of right and comprehensively reasoned decision in specifically developing dynamic conditions of a situation as not all basic data can be provided in quantitative measurement and to consider in model, and serves only as the instrument of the choice of alternatives for the person making the decision. In this article topical issue of application of mathematical methods, from a line item of system approach, to decision making process in case of management of difficult systems which both military and technical systems, and some questions concerning criterion of efficiency are considered. Any theoretical researches which even are most verified are insolvent without practical reinforcement. Especially urgent it in the fields of science affecting interactions in man-machine systems. Under system approach the methodology of a complex research of difficult objects of the nature, equipment and society as systems that is as associations of the elements connected by a complex (system) of the relations and speakers

in relation to the external environment as a unit is accepted. At the same time not only the formalized methods, but also informal procedures are applied to the analysis of functioning of system. As a performance indicator of functioning of military and technical systems the probability of achievement of an effective objective as the most full meeting the requirements is considered. In addition in article the perspective of cognitive misstatements of thinking, that is some sample deviations in judgments which happen in case of assessment of the situations and data necessary for decision making process is mentioned.

Keywords: decision theory; system approach in management; cognitive misstatement of thinking; performance indicator; probability of success.

References

1. Richard J., Heur Jr., Randolph H. Pherson. Structured Analytic Techniques for Improving Intelligence Analysis. WDC: CQ Press, 2015. 384 p.
2. Bliumin S.L., Shuikova I.A. Modeli i metody prinyatiya reshenii v usloviyah neopredelennosti [Models and methods of decision making in the conditions of uncertainty]. Lipetsk: LEGI, 2001. 138 p. (In Russian).
3. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh system [Modeling of difficult systems]. Moscow, Nauka, 1968. 357 p. (In Russian).
4. Tarakanov K.V. Analiticheskie metody issledovaniya sistem [Analytical methods of a research of systems]. Moscow.: Sovetskoe radio, 1974. 240 p. (In Russian).
5. Ventsel E.S. Teoriya veroyatnosti [Probability theory]. Moscow, Nauka, 1969. 576 p. (In Russian).

Information about authors:

Orlov A.S., lecturer in Department of the organization of operation and technical providing arms of military and special equipment, Military Space Academy;
Kosmin G.V., lecturer in Department of the organization of operation and technical providing arms of military and special equipment, Military Space Academy;
Shevtchenko E.V., lecturer in Department of the organization of operation and technical providing arms of military and special equipment, Military Space Academy.

For citation:

Orlov A.S., Kosmin G.V., Shevtchenko E.V. To the question of decision making in management practice by military and technical systems. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 6–10. (In Russian).

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



СВЯЗЬ

Информационные и коммуникационные
технологии

25—28 апреля 2017

**В НОВЫЕ
СРОКИ**

29-я международная
выставка

Организатор:



При поддержке:

- Государственной Думы Федерального Собрания РФ
- Министерства связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Федерального агентства связи (Россвязь)
- Российской ассоциации электронных коммуникаций (РАЭК)

Под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.sviaz-expo.ru

Реклама 12+



ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТИГАЕМЫХ ТОЧНОСТЕЙ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ГИРОТЕОДОЛИТНЫМИ КОМПЛЕКТАМИ

Чернов

Иван Владимирович,

адъюнкт Военно-космической
академии им. А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
4ern86@bk.ru

Ключевые слова:

азимут; автономное ориентирование;
высокоточное ориентирование;
оперативное ориентирование;
гиротеодолит; гироскоп; схемы
ориентирования.

АННОТАЦИЯ

В случаях гироскопического ориентирования с точностями менее 10 угловых секунд определение азимута выполняется гиротеодолитными комплектами по следующим схемам: ориентирование по створу; ориентирование по обратным направлениям; ориентирование по связующим направлениям; ориентирование комбинацией угловых и гироскопических измерений.

Целью применения гиротеодолитных комплектов при определении азимута является повышение точности, определяемого, азимута. Повышение точности достигается: за счёт избыточных измерений, наличие которых позволяет применить уравнивание для уменьшения влияния случайных погрешностей на конечный результат; за счёт снижения влияния и методического исключения либо учёта систематических погрешности гироскопических измерений.

Снижение влияния и методическое исключение либо учёт систематических и случайных погрешности гироскопических измерений достигается применением специальных методик гироскопических наблюдений на станции (пункте схемы ориентирования), зависящих от типа и характеристик применяемых гиротеодолитов. Выявление и учёт систематических погрешностей при гироскопическом ориентировании требует дополнительных специальных исследований применяемых гиротеодолитов. Ввиду оригинальности конструкции технических характеристик каждого типа и каждой модели гиротеодолитов требуется разработка методики исследований для каждой отдельной модели гиротеодолита. Так же подобные исследования могут быть трудно реализуемы, а иногда невыполнимы в отсутствии специализированной лаборатории, полигона эталонирования и специального оборудования. Поэтому для снижения влияния систематических погрешностей при гироскопическом ориентировании используются несколько приборов (чаще гиротеодолитов одной модели). Такая группа приборов называется гиротеодолитный комплект. Сумму систематических ошибок каждого гиротеодолита при совместной обработке можно учитывать как случайную ошибку для всего комплекта, методика учёта которой известна. Также, в случае ориентирования комплектом гиротеодолитов, появляется возможность контроля стабильности приборных поправок гиротеодолитов, что позволяет оценить качество определяемого азимута, техническое состояние каждого прибора.

В связи с выше изложенным проведены исследования для выявления схемы, наиболее подходящей для высокоточного ориентирования. Результатом исследования явились рекомендации по высокоточному оперативному ориентированию с применением комплектов гиротеодолитов.

При определении азимутов и дирекционных углов традиционно используются два подхода. Это ориентирование одиночным гиротеодолитом и ориентирование с применением гиротеодолитного комплекта (ГТК). Для того чтобы исключить промахи в измерениях при работе с одиночными гиротеодолитами, ориентирование направлений, как правило, производят минимум двумя пусками. В связи с тем, что приборная поправка гиротеодолита изменяется в процессе эксплуатации прибора, ориентирование направлений одиночными гиротеодолитами без принятия специальных мер будет бесконтрольным. В этом случае увеличение числа измерений (пусков) на определяемом пункте не гарантирует освобождение от ошибок в конечных азимутах. Такие ошибки возможны из-за недопустимого изменения приборной поправки гиротеодолита между эталонированиями. При определении азимутов и дирекционных углов одиночными приборами контроль стабильности приборной поправки гиротеодолита производят следующими способами [1, 2]:

- периодическим ориентированием контрольного направления, азимут которого получен другим гиротеодолитом или известен;
- эталонированием гиротеодолита в данном районе непосредственно перед и сразу же после ориентирования направления.

В первом случае о стабильности приборной поправки судят по результатам ориентирования контрольного направления. Поправку для исправления азимутов на определяемых направлениях получают из невязки, полученной по контрольному направлению в начале и конце контролируемого периода. Когда азимут контрольного направления получен с достаточно высокой точностью, его принимают за эталонный.

Во втором случае в целях экономии времени и моторесурса гиротеодолита определение приборной поправки производят по сокращённой программе. Вывод конечных значений азимутов делают по среднему значению приборных поправок, полученных в районе работ, до и после наблюдений. Подобная методика определения азимутов и дирекционных углов распространена, например, в маркшейдерской практике.

Согласно заводской документации для каждого гиротеодолита определена СКО определения азимута одним пуском $m_{\text{гир}}$ (при исследовании группы гиротеодолитов (гироскопов) на эталонных азимутах значение $m_{\text{гир}}$ получают эмпирически). При увеличении числа пусков случайная составляющая ошибки определяемого азимута по теоретическим расчётам уменьшится в $n^{1/2}$, где n – количество пусков [1, 2], а систематическая останется практически неизменной. Теоретически рассчитанная СКО определения азимута n пусками приведена на рис. 1. Из рис. 1 видно, что после 2–4 пусков результирующая СКО изменяется незначительно. Таким образом, затраченный временной и моторесурс будут не оправданы по сравнению с полученным улучшением СКО. Можно сделать вывод, что оптимальное количество пусков при ориентировании одним гиротеодолитом составит 2–4. При 2–4 пусках одним прибором результирующая СКО теоретически составит $0,75m_{\text{гир}}$ – $0,5m_{\text{гир}}$.

Однако, в результате эмпирических исследований (Ги-Б2) показано [1, 2], что СКО ориентирования при двух пусках со-

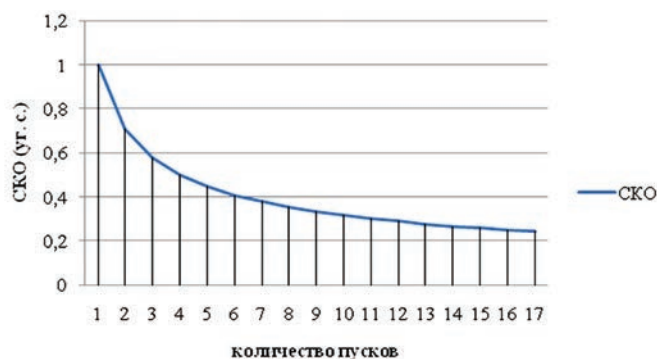


Рис. 1. Зависимость СКО определения азимута от количества пусков

ставит $0,85m_{\text{гир}}$, при трёх и четырёх пусках составит $0,75m_{\text{гир}}$ и $0,7m_{\text{гир}}$ соответственно, а при увеличении числа пусков до 9–12 (при эталонировании) СКО ориентирования составляет около $0,5m_{\text{гир}}$ [1, 2]. Ранее было показано что для современных гиротеодолитов и гироскопов, принятых на вооружение ВС РФ, $m_{\text{гир}}$ составляет $3''$. Для перспективных гироскопов $m_{\text{гир}} = 1,5''$. Опираясь на эмпирические исследования [1, 2], получено, что в случае эталонирования (9–12 пусков), при достаточных точностях эталонных азимутов, СКО приборной поправки $m\Delta$ составит порядка $1,5''$ и $0,8''$ соответственно. СКО ориентирования одним гиротеодолитом при трёх пусках $m_{\text{гир}}$ составит порядка $2,3''$ имеющимися гиротеодолитами (гироскопами) и перспективными порядка $1,1''$.

Можно сделать вывод, что максимально достигаемая точность ориентирования одиночным гиротеодолитом достигается при 9–12 пусках и составит примерно треть от $m_{\text{гир}}$. Временные затраты при этом составят около 12 часов на эталонирование по сокращённой программе до и после определения азимута и около 9–12 часов на непосредственные измерения азимутов на ориентируемом направлении. Суммарно для повышения точности ориентирования одиночным гиротеодолитом на треть потребуются сутки, что крайне не выгодно.

Второй подход при определении азимута гиротеодолитами предполагает ориентирование с применением ГТК. Под ГТК понимается группа из N гиротеодолитов. Применение при ориентировании ГТК позволяет быстро выявить промахи в измерениях, ослабить влияние ошибок измерений и ошибок обусловленных нестабильностью приборных поправок и ошибок их определения. В случае применения ГТК систематические ошибки каждого гиротеодолита (изменение приборной поправки, дрейф и т.д.) в сумме приобретают частично стохастический характер для всего ГТК. Следовательно, для ГТК результирующая ошибка ориентирования уменьшится примерно в $N^{1/2}$, где N – количество приборов в комплекте. Это аналогично зависимости СКО определения азимута от количества пусков одиночным прибором (рис. 1). Из выше описанного можно сделать вывод, что минимальное количество гиротеодолитов в комплекте – 2. Использование более 4 гиротеодолитов в комплекте не приведёт к существенному повышению точности ориентирования.

Определение азимутов с применением ГТК выполняется по следующим схемам [2–3]:

- ориентирование по створу;
- ориентирование по обратным направлениям;
- ориентирование по связующим направлениям;
- ориентирование комбинацией угловых и гироскопических измерений.

Ориентирование по створу. При работе по ней точку установки второго гиротеодолита намечают по створу одного из направлений, подлежащих ориентированию, выбирая её в 2–3 метрах впереди или сзади от центра пункта, над которым развёртывают первый гиротеодолит комплекта. Вычисления начинают с перевода азимута или дирекционного угла второго направления в створ первого.

После чего определяется невязка W . Невязка W вычисляется как разность дирекционных углов или геодезических азимутов створного направления.

Следует отметить, что дополнительно:

- перед уравниванием необходимо привести все измеренные азимуты к центру одного пункта (дополнительно измерить нестворность и получить расстояние до ориентирных пунктов (ОП));
- поправки вводятся равномерно;
- схема проста и удобна в реализации;
- не требуется наличие радиосвязи;
- достаточно одного автомобиля на ГТК.

Ориентирование по обратным направлениям. Ориентирование по обратным направлениям, применяется, когда по тем или иным причинам невозможно установить один из гиротеодолитов комплекта непосредственно над центром пункта. В этих условиях приборы комплекта выставляют рядом друг с другом на удалении 150–200 м от центра пункта, над которым устанавливается обычный теодолит с визирной вешкой, укрепленной на его мостике. Одновременно с измерением гиротеодолитами азимутов направлений на этот теодолит им измеряют углы β между направлениями на визирные вешки гиротеодолитов и конечные пункты ориентирных направлений.

Для получения прямых азимутов необходимо учитывать сближение $\delta\mu$ меридианов, проходящих через центр пункта и точку установки гиротеодолита.

Величину $\delta\mu$ допустимо не учитывать, если гиротеодолиты установлены примерно в меридиане ($\Delta Y = D \sin A_{ГТК} \leq 10$ м, для широты порядка 45°). Строгая обработка результатов измерений должна предусматривать совместное уравнивание полученных из гироскопических определений дирекционных углов или геодезических азимутов направлений на гиротеодолиты и измеренного теодолитом угла между ними. При значительном превосходстве точностей угловых измерений над гироскопическими допустимо не прибегать к такому решению и полагать, что получаемые невязки целиком относятся к погрешностям гироскопических определений [1].

Следует отметить, что:

- достаточно одного автомобиля на ГТК;
- необходимо наличие радиосвязи между расчётами.
- для получения прямых азимутов необходимо учитывать сближение $\delta\mu$ меридианов.

Ориентирование по связующим направлениям. При ориентировании направлений по этой схеме гиротеодолиты

комплекта устанавливаются над центрами пунктов, имеющих между собой прямую видимость с земли. Эту схему выгодно применять в тех случаях, когда одновременно требуется ориентировать направления на ряде соседних пунктов. Для оперативной обработки результатов измерений и установления четкого взаимодействия гиротеодолитные комплекты должны иметь средства радиосвязи.

Иногда для ускорения работы и повышения точности ориентирования направлений к оперативному выполнению задания в районе определений привлекают одновременно не две, а три и даже четыре гиротеодолитные группы.

При двух гиротеодолитах, установленных на двух пунктах связанных взаимными наблюдениями, измерения на одном из них будут избыточными, что позволяет составить одно условное уравнение поправок.

Следует отметить, что перед уравниванием азимуты приводятся на плоскость (т.е. преобразуются в дирекционные углы).

Ориентирование комбинацией угловых и гироскопических измерений. К рассматриваемой схеме, основанной на сочетании угловых и гироскопических измерений, прибегают в тех случаях, когда необходимо ориентировать направления на большом числе пунктов, не имея возможности сделать это гиротеодолитами на каждом из них. С этой целью все такие пункты связывают между собой угловыми ходами, а иногда и их системами с узловыми точками и на части пунктов азимуты (дирекционные углы) направлений получают из гироскопических измерений. При надлежащей организации работ и взаимодействии между командами, занимающимися проложением угловых ходов и гироскопическими измерениями, такая схема ориентирования позволяет сравнительно быстро обеспечить нужный район исходными направлениями.

В практике работ наибольшее распространение получил случай, когда для определения ориентирных направлений на ряде пунктов прокладывается одиночный угловой ход, связывающий эти пункты. На конечных пунктах этого хода дирекционные углы примычных направлений получают из гироскопических измерений, выполненных различными гиротеодолитами комплекта.

Следует отметить, что:

- необходимо дополнительное время для рекогносцировки для проложения углового хода.
- не достаточно одного автомобиля на ГТК;
- не требуется наличие радиосвязи между расчётами;
- полученные азимуты для уравнивания необходимо пересчитывать в дирекционные углы;
- необходимо задействовать дополнительное транспортное средство и расчёт для проложения углового хода.

Априорная оценка точности азимута полученного при применении комплекта из N гиротеодолитов. Как было показано ранее в случае применения ГТК систематические ошибки каждого гиротеодолита (изменение приборной поправки, дрейф и т.д.) в сумме приобретают частично стохастический характер для всего ГТК, что аналогично зависимости СКО определения азимута от количества пусков одиночным прибором (рис. 1). Также доказано, что минимальное количество гиротеодолитов в комплекте – 2.

Использование более 4 гиротеодолитов в комплекте не приведёт к существенному повышению точности ориентирования. Примем количество ГТ в ГТК равным трём. Пусть каждый гиротеодолит (гироскоп) комплекта эталонировался на одном и том же эталоне направления в примерно одинаковых метеорологических условиях одинаковым количеством пусков. Тогда приборные поправки этих гиротеодолитов будут получены с равной СКО.

Одним из способов априорного оценивания СКО после уравнивания измерений является вычисление СКО ориентирования как отношения вида [4, 5]:

$$m = \frac{\mu^2}{P} \quad (1)$$

где μ – средняя квадратическая ошибка единицы веса; P – вес определяемого азимута ($P = n/k$, n – количество полученных измерений, k – количество необходимых измерений).

Для оценки достигаемых точностей рассчитаем μ для каждой схемы ориентирования. Если при ориентировании по створу пренебречь ошибками приведения азимутов в створ определяемого направления, то получим $\mu = m_{\text{гирл}}$.

Для удобства расчётов примем $m_{\text{гирл}}$ одинаковой для каждой схемы ориентирования. Кроме того, примем ошибки пересчета обратных азимутов в прямые и приведения азимутов в створ пренебрежимо малыми. Тогда, согласно формуле (1), ожидаемая СКО определения азимутов ГТК по приведённым схемам ориентирования, будет различаться только на величину $P = n/k$.

Следовательно:

для ориентирования по створу для ГТК из трёх гиротеодолитов $P = 3$;

для ориентирования по обратным направлениям для ГТК из трёх гиротеодолитов $P = 3/2 = 1,5$.

для ориентирования по связующим направлениям для ГТК из трёх гиротеодолитов $P = 6/3 = 2$.

для ориентирования комбинацией угловых и гироскопических измерений для ГТК из трёх гиротеодолитов $P = 4/3 = 1,3$.

Таким образом, из априорных расчётов видно, что наиболее выгодной схемой ориентирования является ориентирование по створу. Несущественно ей уступает только схема ориентирования по связующим направлениям. Но обработка и вычисление результирующих азимутов при ориентировании ГТК по створной схеме осложняется необходимостью приведения азимутов в створ. Для этого в измеренные азимутов вводятся поправки. При остальных схемах ориентирования обязателен учёт поправок за сближение меридианов. Для исключения указанных дополнительных вычислений предлагается использовать «микросхемы». Расстояния между гиротеодолитами комплекта должно обеспечивать визирование

внутри схемы автоколлимационным методом и незначительную величину поправок за сближение меридианов. Дополнительно автоколлимационный метод обеспечит повышение точности наведения в два раза. Такой подход позволит:

- существенно сократить время рекогносцировки и время развёртывания ГТК;
- существенно облегчит взаимодействия между расчётами;
- разгрузить полевые и камеральные вычисления.

В итоге описанный подход существенно упростит и облегчит процесс наблюдений, повысит его скрытность и оперативность. Использование ГТК позволит проконтролировать стабильность приборной поправки гиротеодолитов комплекта, а значит и качество измерений.

Из описанного, можно сделать вывод, что при ориентировании ГТК по створу и по связующим направлениям с визированием внутри схемы автоколлимационным методом влияние случайных и систематических ошибок на конечный результат ориентирования минимально, поэтому именно эти схемы целесообразно применять при высокоточном ориентировании.

При ориентировании с применением ГТК целесообразно один из гиротеодолитов устанавливать над центром определяемого пункта. Выбор мест установки остальных гиротеодолитов комплекта зависит от условий местности, заданных сроков выполнения наблюдений и требуемой точности ориентирования.

Таким образом, разработано два независимых подхода к определению астрономического азимута, подлежащих интеграции. Определены их технические (точностные) возможности и ограничения, позволяющие повысить точность определения азимутов. Следующим этапом является разработка способа интеграции обоих методов ориентирования.

Литература

1. Воронков Н.Н., Кутырев В.В., Ашимов Н.М. Гироскопическое ориентирование. М.: Недра, 1980. 295 с.
2. Воронков Н.Н., Гироскопическое ориентирование. М.: ВИА, 1968. 342 с.
3. Чернов И.В., Соловьёв А.В. Исследование методик определения азимутов современными гиротеодолитами // Инновационная деятельность в вооруженных силах Российской Федерации: труды всеармейской научно-практической конференции 24–25 сентября 2015 года. 2015. С. 417–422.
4. Астапович А.В., Богачев А.Н., Макаров С.А. Теория математической обработки измерений. Часть 2. Метод наименьших квадратов. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. 102 с.
5. Русяева Е.А. Теория математической обработки геодезических измерений. Часть 1. Теория ошибок измерений. М.: МИИГАиК, 2016. 56 с.

Для цитирования:

Чернов И.В. Исследование достигаемых точностей ориентирования гиротеодолитными комплектами // Научно-технические технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 12–16.

STUDY THE ACCURACY ACHIEVED BY ORIENTING SETS GYROCOMPASS

Ivan V. Chernov,

St. Petersburg, Russia, 4ern86@bk.ru

Abstract

In cases of gyroscopic orientation with precision less than 10 seconds of arc azimuth is performed gyrotheodolite sets for the following schemes: targeting the target; orientation in opposite directions; the orientation of the binding directions; the orientation is a combination of angular and gyroscopic measurements.

The purpose of the application gyrotheodolite sets in the de-termination of the azimuth is increased accuracy, determine the azimuth. The improvement is obtained: due to excessive dimensions, which allows you to apply equalization to reduce the effect of random errors on the final result; by reducing the impact and methodological exceptions and account for systematic errors in the gyroscopic measurements. Reduce the impact and methodological exclusion or accounting of systematic and random errors of gyroscopic measurements is achieved by using special techniques gyroscopic observations at the station (paragraph two orientation), depending on the type and characteristics of the applied gyrotheodolite. Identification and control of systematic errors at the gyroscopic orientation requires additional special studies applied gyrotheodolite. Due to the originality design of the technical characteristics of each type and each model of gyrotheodolite requires the development of research methodology for each individual model gyrotheodolite. So such studies may be difficult to implement and sometimes impracticable in the absence of a specialized La-laboratories, polygon etalonnaya and special equipment. Therefore, to reduce the influence of systematic errors in gyro oriented under used several instruments (most of gyrotheodolite the same model). This group of devices is called gyrotheodolite kit. The sum of the systematic errors of each gyrotheodolite when combined treatment can be considered as a random error for the entire set, the methodology for which is known. Also, in the case of orientation set gyrotheodolite, it is possible to control the sta-

bility of the instrument of amendment gyrotheodolite that allows you to assess the quality of the designated azimuth, technical condition of each device.

In connection with the above stated study conducted to identify the schemes most suitable for accurate orientation. The result of the study was recommendations for high-precision operational orientation with the use of sets of gyrotheodolite.

Keywords: simulation of the radar image; radar image; three-dimensional azimuth; autonomous orientation; high-precision orientation; operative orientation; gyrotheodolite; gyrocompass; schemes of orientation.

References

1. Voronkov N.N., Kutyrav V.V., Ashimov N.M. Giroskopicheskoe orientirovanie [Gyroscopic orientation]. Moscow, Nedra, 1980. 295 p. (In Russian).
2. Voronkov N.N., Giroskopicheskoe orientirovanie [Gyroscopic orientation]. Moscow, MIA, 1968. 342 p. (In Russian).
3. Chernov I.V., Solov'yov A.V. Issledovanie metodik opredeleniya azimutov sovremennymi giroteodolitami [Research methods for determining azimuth modern gyrocompass]. Trudy vsearmejskoj nauchno-prakticheskoy konferencii 24–25 sentyabrya 2015 goda. Innovacionnaya deyatel'nost' v vooruzhennyh silah Rossijskoj Federacii. 2015. Pp. 417–422. (In Russian).
4. Astapovich A.V., Bogachev A.N., Makarov S.A. Teoriya matematicheskoy obrabotki izmerenij. Part 2. Metod naimen'shikh kvadratov [The theory of mathematical processing of measurements. Part 2: Method of least squares]. St. Petersburg, Military Space Academy, 2014. 102 p. (In Russian).
5. Rusaeva E.A. Teoriya matematicheskoy obrabotki geo-dezicheskikh izmerenij. Chast' 1. Teoriya oshibok izmerenij [The theory of mathematical processing of geodetic measurements. Part 1. Theory of measurement errors]. Moscow, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), 2016. 56 p. (In Russian).

Information about authors:

Chernov I.V., postgraduate student of the Military Space Academy.

For citation:

Chernov I.V. Study the accuracy achieved by orienting sets gyrocompass. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 12–16. (In Russian).



ИПЦ ИРС

20 декабря 2016

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ И ПРИКЛАДНЫМ
ПРОБЛЕМАМ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
АСУ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

НАУКА И АСУ - 2016

nauka-i-asu.ru

konferencia_asu_vka@mail.ru

при информационной поддержке

H&ES
RESEARCH

T•Comm
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ТРАНСПОРТ



МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Буренин

Андрей Николаевич,

д.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизированных систем управления Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия, konferencia_asu_vka@mail.ru

Легков

Константин Евгеньевич,

к.т.н., начальник кафедры автоматизированных систем управления Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия, constl@mail.ru

Нестеренко

Олег Евгеньевич,

адъюнкт кафедры автоматизированных систем управления, Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия, benaffee@gmail.com

Ключевые слова:

вычислительная система, вычислительный комплекс, NUMA, параллельная программа, длительность информационного обмена.

АННОТАЦИЯ

В статье дано определение архитектуры вычислительного комплекса с учётом основных факторов, определяющих эффективность его функционирования и учитывающее структуру и правила взаимодействия его составных частей.

Для решения задач анализа свойств и основных зависимостей, характеризующих процесс обработки оперативной информации во времени, выбран метод моделирования. Определены достоинства и недостатки основных видов моделей.

В соответствии с особенностями построения и условиями функционирования автоматизированных систем управления различными сложными объектами, рассмотрены вопросы содержательного и формализованного описания основных процессов, образующихся при организации обработки оперативной информации внутри центров управления автоматизированных систем управления средствами распределенного вычислительного комплекса.

На основе вербального и содержательного описания функционирования типового центра управления автоматизированных систем управления, рассмотрены основные потоки информации, направляемые на модули распределенного вычислительного комплекса.

Рассмотренные в статье типовые схемы организации обработки оперативной информации, характерные для центров управления автоматизированных систем управления любыми сложными объектами, позволили не только представить состав модели процессов обработки информации, но и построить математические модели ее основных компонентов:

- модели нагрузки, поступающей с автоматизированных рабочих мест (АРМ) должностных лиц (ДЛ) органа управления, комплексов средств автоматизации (КСА) центров управления (в том числе информационных систем центров управления автоматизированных систем управления);
- модели вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, включающая модель организации вычислительного процесса;
- модели воздействий на компоненты комплексов обработки оперативной информации;
- модели информационного обмена между компонентами современных распределенных вычислительных комплексов.

Рассмотрены основные типы потоков и определены основные свойства характеризующие их. При этом в качестве модели потока поступающих элементов нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем центров управления автоматизированных систем управления, выбрана модель примитивного потока.

Получены зависимости, позволяющие рассчитать основные временные и вероятностные характеристики процесса обработки оперативной информации вычислительным комплексом центров управления автоматизированных систем управления.

Введение

Многочисленные проблемы, возникающие при необходимости организации обработки информации средствами вычислительного комплекса (ВК), размещаемых на разного ранга центров управления (ЦУ) современных автоматизированных систем управления (АСУ) сложными объектами, могут быть решены только при соответствующем формальном их описании и соответствующем представлении ВК. При этом важным является понятие архитектуры ВК [1, 5].

Под архитектурой ВК обычно понимается совокупность общих принципов организации аппаратно-программных средств и их характеристик, определяющая функциональные их возможности при решении соответствующих классов задач (в частности обработки оперативной информации на ЦУ).

Архитектура ВК охватывает широкий круг проблем, связанных с построением комплекса аппаратных и программных средств и учитывающих множество факторов. Среди этих факторов важнейшими являются: стоимость, сфера применения, функциональные возможности, удобство эксплуатации, а одним из главных компонентов архитектуры являются программные и аппаратные средства ВК. Основные компоненты архитектуры ВК можно представить в виде схемы, показанной на рис. 1.

Архитектуру вычислительного комплекса следует отличать от его структуры [1]. Структура вычислительного комплекса определяет его конкретный состав на некотором уровне детализации (модули, устройства, блоки узлы и т. д.) и описывает связи внутри средства во всей их полноте. Архитектура же определяет правила взаимодействия составных частей вычислительного комплекса, описание которых выполняется в той мере, в какой это необходимо для формирования правил их взаимодействия. Она регламентирует не все связи, а наиболее важные, которые должны быть известны для более эффективного использования данного средства.

Так, пользователю из состава ЦУ безразлично, на каких элементах выполнены электронные схемы, аппаратно или программно реализуются команды и т. д. Важно другое: как те или иные структурные особенности ВК связаны с возможностями, предоставляемыми пользователю, какие альтернативы реализованы при создании ВК и по каким критериям принимались решения, как связаны между собой характеристики отдельных устройств, входящих в состав ВК, и какое влияние они оказывают на общие характеристики комплекса. Иными словами, архитектура ВК отражает круг проблем, относящихся к общему проектированию и построению вычислительных комплексов и их программного обеспечения.

При решении задач обработки оперативной информации современными вычислительными комплексами, всегда осуществляют их исследование с целью выявления и получения основных зависимостей, характеризующих их процессы во времени. При этом наиболее эффективный метод исследований сложных процессов, к которым, безусловно, относятся процессы обработки оперативной информации современными вычислительными комплексами – метод моделирования [2–4].



Рис. 1. Упрощенная архитектура вычислительного комплекса

В настоящее время выработаны достаточно общие методические концепции и методические приемы разработки моделей сложных организационных и организационно-технических систем иерархического типа, которым следует руководствоваться в процессе их проектирования и построения [3, 4].

Общим свойством любых моделей [2–4] является их способность отражать существенные для целей исследования характеристики исследуемых ВК. В связи с этим наиболее существенными признаками при классификации моделей процессов обработки оперативной информации современными вычислительными комплексами считают (рис. 2.): степень абстрагирования модели от оригинала; характер моделируемой стороны оригинала; степень формализации предметной области.

По степени абстрагирования модели от оригинала выделяют: материальные (физические), абстрактные и комбинированные модели [2–4].

К классу материальных (физических) моделей обычно относят пространственно подобные модели, отличительным признаком которых является геометрическое подобие между оригиналом и моделью, или модели, которые функционируют так же, как и оригинал, и имеют ту же или по-

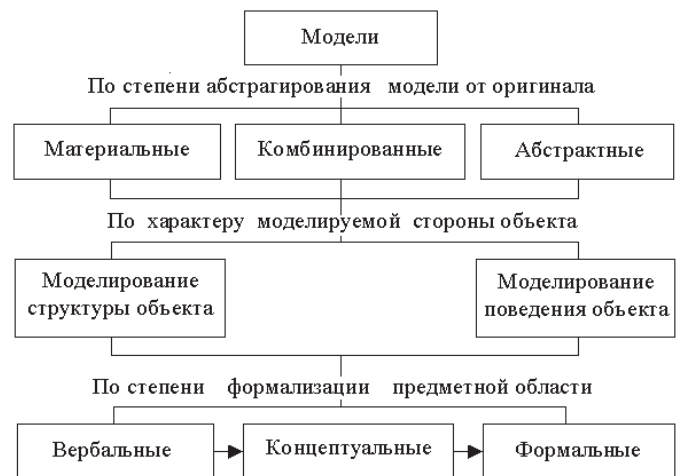


Рис. 2. Классификация моделей процессов обработки оперативной информации современными вычислительными комплексами

добную оригиналу природу (например, упрощенные фрагменты процессов обработки оперативной информации современными вычислительными комплексами). Очевиден и явный недостаток таких моделей – их низкая универсальность. Выделяют следующие виды материальных (физических) моделей: натурные, масштабные и аналоговые.

Стенды, макеты, опытные образцы составляют натурные модели. Такие модели имеют почти фрагментально полную адекватность с оригиналом, что обеспечивает достаточно высокую точность и достоверность результатов моделирования. К сожалению, натурное моделирование процессов обработки оперативной информации часто трудно осуществимо, когда соответствующий ВК и ЦУ АСУ еще не развернуты.

Масштабные модели имеют ту же физическую природу, что и оригинал, но отличаются от него масштабами. Методологической основой масштабного моделирования является теория подобия, предусматривающая соблюдение геометрического подобия оригинала и модели.

Кроме того, реальные системы или процессы могут изучаться и с помощью материальной модели, которая имеет отличную от оригинала физическую природу, но описывается теми же математическими выражениями, что и оригинал. Такие модели называются аналоговыми, так как в основу их построения положена аналогия математических описаний оригинала и модели.

Абстрактные модели подразделяются на математические, словесно-описательные, образные и графические.

Математические модели. Именно эти модели лежат в основе методов теории исследования операций, применяемой при системных исследованиях, и именно они позволяют получать результаты, обладающие достаточно высокой точностью [4, 7].

По форме представления математические модели делятся на аналитические и алгоритмические.

В аналитических моделях зависимость между переменными, описывающими модель, является математическим выражением или системой таких выражений. Решение на основе аналитических моделей может быть получено в результате однократного просчета безотносительно к конкретным значениям характеристик, что является удобным и наглядным. Но недостатком таких моделей является то, что их удается построить лишь для относительно простых процессов обработки оперативной информации.

Алгоритмические модели позволяют описывать структуру процессов обработки оперативной информации, и провести с такой моделью ряд вычислительных (машинных) экспериментов. Характерной особенностью алгоритмических моделей является то, что последовательность шагов их воспроизведения на ВК (выполнения алгоритма) соответствует поведению моделируемого объекта, т. е. моделирует поведение оригинала во времени. Такие модели часто называют имитационными моделями, а процесс исследования с их помощью – имитационным.

В случае, когда процесс функционирования оригинала носит стохастический характер, для нахождения значений характеристик этого процесса требуется его многократное

воспроизведение на ЭВМ с последующей статистической обработкой полученных результатов [7]. В качестве метода реализации имитационной модели такого процесса используется метод статистического моделирования, который является обобщением понятия имитационного моделирования при исследовании вероятностных характеристик процессов обработки оперативной информации.

С точки зрения предоставляемых возможностей можно выделить оценочные и оптимизационные модели [7].

Так как оценочные модели позволяют оценить эффективность принимаемых решений, то на вход таких моделей поступает принятое решение, а на выходе будут оценки его эффективности. Для поиска оптимального решения с помощью оценочной модели требуется ее многократный прогон для различных вариантов решений (исходных данных). В качестве примера оценочной модели можно привести модель, описываемую с помощью теории массового обслуживания.

Оптимизационные модели наряду с оценкой эффективности позволяют находить и само оптимальное решение. К оптимизационным моделям можно отнести модели математического программирования, а также некоторые аналитические модели, основанные, например, на применении градиентного метода.

По характеру процессов, протекающих в моделируемой системе, выделяют детерминированные и стохастические модели [7]. Детерминированные модели отражают процессы, в которых отсутствуют какие-либо случайные воздействия. Стохастические модели учитывают вероятностный характер процессов, протекающих в оригинале. С помощью таких моделей обычно определяют средние значения характеристик существенных свойств моделируемого объекта.

В зависимости от того, какую природу (дискретную или непрерывную) имеют параметры существенных свойств оригинала, различают дискретные и непрерывные модели.

С точки зрения учета или не учета времени модели могут быть динамическими и статическими. В динамических моделях ряд параметров является функциями времени, а в статических такой зависимости нет.

Для построения комплексной математической модели процессов обработки оперативной информации, рассмотрим следующую укрупненную схему, рис. 3.

На схеме условно изображен ЦУ АСУ со средствами автоматизации и автоматизированными рабочими местами (АРМ) должностных лиц соответствующего органа управления, а также распределенный по пространству ЦУ ВК, модули которого объединены сетью внутреннего обмена.

В вычислительный комплекс ЦУ АСУ поступает для обработки оперативная информация с различных средств автоматизации (КСА ЦУ и АРМ ДЛ органа управления (ОУ)), соответственно с параметрами, заданными величиной нагрузки

$$\lambda_{obr} = \lambda_{АРМ} + \lambda_{КСА}, \quad (1)$$

где $\lambda_{АРМ}$ – нагрузка на оперативную обработку, поступающая с АРМ ДЛ ОУ;

$\lambda_{КСА}$ – нагрузка на оперативную обработку, поступающая с комплексов средств автоматизации ЦУ (в том числе информационных систем ПУ АСУ).

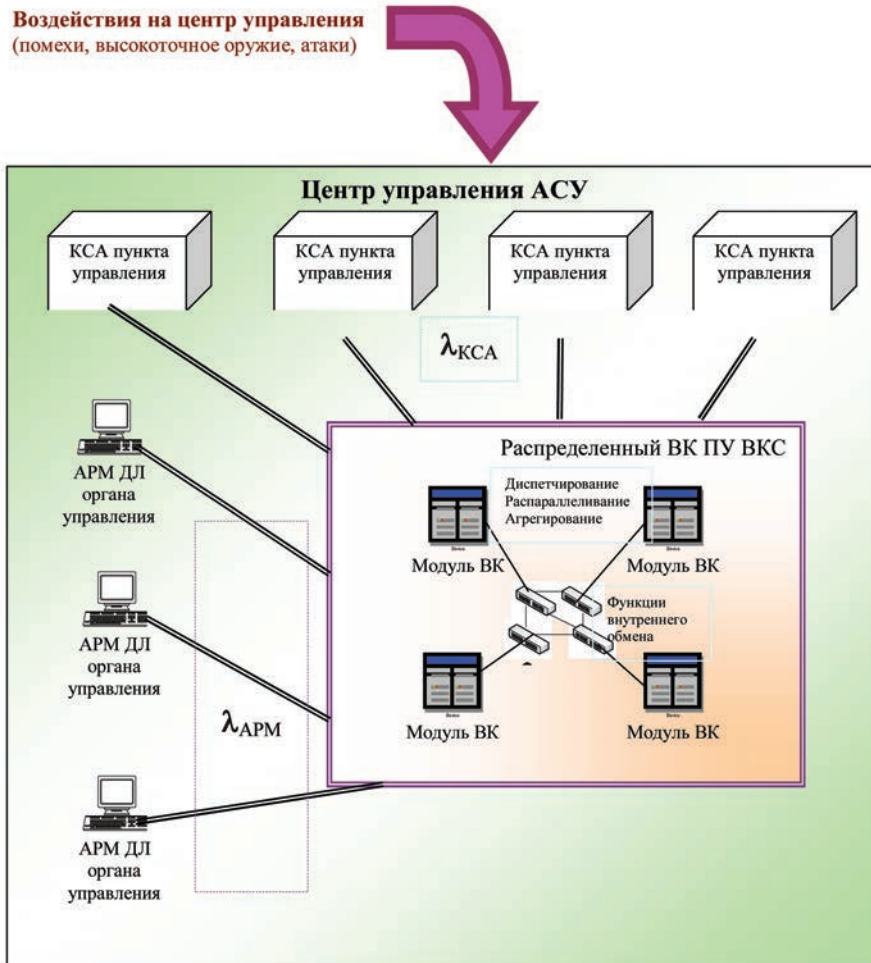


Рис. 3. Схема взаимодействия средств центра управления АСУ с распределенным вычислительным комплексом

Внутри распределенного по пространству ЦУ АСУ вычислительного комплекса протекают процессы внутреннего обмена информацией между модулями ВК, процессы диспетчеризации, распараллеливания и агрегирования вычислительной информации. Модули ВК связаны между собой пространственно распределенной сетью обмена, которая может быть построена на различных технологиях, но чаще на технологиях IP/SDN, IP/MPLS/SDN, IP/F или G-Ethernet/SDN [7].

В соответствии с рассмотренной схемой и ее описанием целесообразно представить модель обработки оперативной информации ЦУ АСУ состоящей из следующих элементов:

- модель нагрузки, поступающей с АРМ ДЛ органа управления, комплексов средств автоматизации КСА ЦУ (в том числе информационных систем ЦУ АСУ);
- модель вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, включающая модель организации вычислительного процесса;
- модель воздействий на компоненты комплексов обработки оперативной информации;
- модель информационного обмена между компонентами современных распределенных вычислительных комплексов.

Потоки нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ, характерных для типового ЦУ определяются с одной стороны потребностями органов управления и информационных систем ЦУ, а с другой – процессами функционирования самого ЦУ АСУ во времени.

Важны основные свойства потоков нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ [7–9].

Стационарность или нестационарность – это одно из основных свойств потоков требований, характеризующих зависимость их вероятностных характеристик от времени.

Другим свойством информационных потоков является отсутствие, частичное присутствие или присутствие последствий, которое характеризует вероятностное развитие процесса поступления требований в зависимости от предыстории.

И, наконец, третьим свойством потоков требований является ординарность или отсутствие ординарности, характеризующее возможность поступления одновременно нескольких требований.

Немаловажной характеристикой потоков, циркулирующих в ЦУ АСУ и поступающих для обработки на ВК, яв-

ляется функция распределения интервала времени между двумя соседними поступающими элементами потока и зависимость или независимость случайных величин интервалов между двумя поступающими элементами.

В соответствии с приведенными свойствами и характеристиками потоков требований, циркулирующих в ЦУ АСУ, в качестве наиболее применяемых при моделировании процессов, можно взять [7]:

- примитивный (или пуассоновский стационарный) поток;
- поток Пальма;
- поток Эрланга;
- рекуррентный поток;
- поток Бернулли;
- самоподобный поток.

Примитивный информационный поток обладает всеми тремя свойствами, т.е. он является ординарным, стационарным и без последствия. Для него вероятность того, что на участке времени τ поступит ровно k требований, определяется следующим выражением

$$P\{N(t, \tau) = k\} = \frac{\alpha^k e^{-\alpha}}{k!}, \quad (2)$$

где $\alpha = \lambda\tau$, а λ – интенсивность потока.

Естественно модель примитивного информационного потока, хотя достаточно часто используется исследователями и проектировщиками вычислительных сетей в силу ее простоты и достаточной точности воспроизведения реальных потоков при рассмотрении их в расчетных задачах для так называемых периодов наибольшей нагрузки, не всегда адекватно отражает реальные процессы нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ПУ АСУ в динамике функционирования СУ ВКС [7].

Стационарные, ординарные информационные потоки Пальма являются более общими потоками в части допущения ограниченного последствия. Для того чтобы информационный поток в ПУ АСУ можно было назвать потоком Пальма необходимо и достаточно, чтобы этот поток являлся рекуррентным потоком, у которого функции распределения промежутков времени между двумя поступившими элементами нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ПУ АСУ удовлетворяли соотношению

$$F_1(t) = \lambda \int_0^t 1 - F(u) du \quad (3)$$

Частным случаем потока Пальма являются поток Эрланга. Потоком Эрланга k -го порядка с параметром λ является информационный поток Пальма, у которого интервалы между элементами нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ПУ АСУ распределены по закону Эрланга k -го порядка. Поток получается из примитивного при его «просеивании» через узел обслуживания.

Примитивный поток и поток Пальма являются частными случаями, так называемых рекуррентных информационных потоков [7–9], определяемых функциями распределения:

$$F_1(t) = P\{\tau_1 \leq t\}. \quad (4)$$

$$F_1(t) = P\{\tau_k \leq t\} \forall k = 2, \dots, n. \quad (5)$$

В некоторых случаях поступающие на ВК для обработки элементы нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ, реальные потоки, позволили обнаружить явление структурного сходства статистических характеристик нагрузки при ее измерении в разных масштабах времени (самоподобие).

Поток N называется точно самоподобным, если $z^{(m)}(k) = z(k)$ для всех $m = 1, 2, 3, \dots$; $k = 1, 2, 3, \dots$ и если составные потока становятся неотличимыми от процесса N в отношении их функций автокорреляции. Такими свойствами обладают все процессы с самоподобными свойствами. Однако существенны трудности моделирования таких потоков, т.к. непонятно как их формально описать. Поэтому на практике рассматривают частные виды потоков с самоподобными свойствами: броуновские процессы и процессы Бернулли.

Поток Бернулли получается при сборе информации с подчиненных звеньев и при сборе подтверждений о выполнении команд. В таком потоке элементов нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ, элементы поступают независимо друг от друга, но в отличие от примитивного потока, при котором считается источник бесконечным, в нем их число во временном интеграле фиксировано, а каждое обязательно произойдет в этом интервале.

В потоке Бернулли:

$$f(t) = \begin{cases} (\Delta t)^{-1} & \text{при } 0 \leq t < \Delta t \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}. \quad (6)$$

Вероятность поступления ровно r поступающих элементов нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ПУ АСУ в интервале $[0, \Delta t]$ составит:

$$P_k(\Delta t) = G_k^r \left(\frac{\Delta t}{\Delta t} \right)^r \left(1 - \frac{\Delta t}{\Delta t} \right)^{k-r}. \quad (7)$$

Анализ приведенных типовых потоков позволяет сделать следующий вывод. Для ЦУ АСУ верхнего звена управления, в которых как число КСА ЦУ, так и число АРМ ДЛ органов управления достаточно велико, в качестве модели потока поступающих элементов нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ, следует выбрать модель примитивного потока, т.к. в соответствии с теоремой Хинчина [7, 9], сумма потоков при достаточно большом их числе дает поток Пуассона.

Для ЦУ АСУ нижних звеньев управления, в которых как число КСА, так и число АРМ ДЛ органов управления невелико, в качестве модели потока поступающих элементов нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ, следует выбрать модель потока Бернулли. И в первом и во втором случае для одного цикла управления, потоки с поступающими элементами нагрузки, поступающей с комплексов средств автоматизации и информационных систем ЦУ АСУ считаются стационарными.

В состав вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, входят различные элементы на разных уровнях, обеспечивающие непрерывный вычислительный процесс в соответствии с требуемыми задачами обработки оперативной информации.

Взаимодействие элементов осуществляется в соответствии с принятыми способами и для этого используются, как правило, только первые три уровня.

Каждый уровень выполняет определенное множество функций, причем функции различных уровней существенно отличаются, что и привело к целесообразности выделения их в иерархические функциональные уровни (ФУ). Группирование функций в такие уровни производится исходя из следующих основных принципов:

- функции различных уровней должны иметь заметное отличие, аналогичные функции должны сосредотачиваться на одном уровне;
- любой уровень должен иметь возможность реконструироваться и изменяться (например, для взаимодействия с встраиваемыми системами управления или обеспечения безопасности), не влияя на работу других уровней;
- количество уровней не должно быть очень большим, чтобы не усложнять задачу их описания;
- на границе между уровнями должно обеспечиваться простейшее взаимодействие.

Таким образом, логическая структура вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, включает в себя некоторые множества функциональных уровней, каждый из которых реализует определенные протоколы взаимодействия между двумя элементами сквозного тракта.

Логическая структура $\Phi_{оп}$ определяется функциональными уровнями (рис. 4), каждый из которых включает некоторое множество алгоритмов данного уровня, т.е.

$$\Phi_{оп} = \left\{ A_i^{оп} \right\}_{i=1}^3, \quad (8)$$

где $A_i^{оп}$ – множество алгоритмов i -го уровня, $i = \overline{1,3}$.

Элементы вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, можно задать тремя функциональными уровнями. Они взаимодействуют с двумя соседними элементами, поэтому логическая структура некоторого j -го элемента Φ_{Mj} может быть задана следующим образом:

$$\Phi_{Mj} = \left\{ A_i^{M(j-1)}, A_i^{M(j+1)} \right\}_{i=1}^3, \quad (9)$$

где $D(\xi) = \sum_{n=1}^N p_s(n) v_s^2(n) - M^2(\xi)$ – множества алгоритмов взаимодействия с соседними элементами на i -м функциональном уровне, $i = \overline{1,3}$;

j – порядковый номер элемента в траектории (рис. 4), $j = \overline{1, l}$.

Исходя из этого, логическая структура вычислительных модулей современных распределенных вычислительных

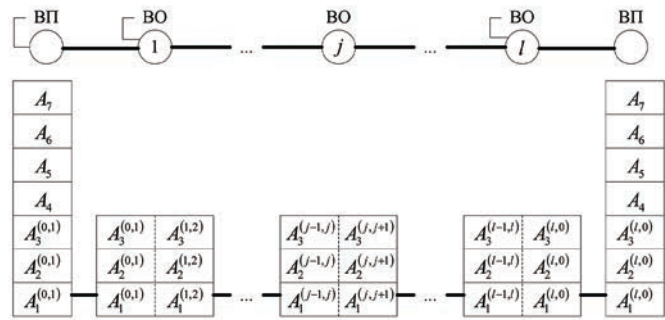


Рис. 4. Логическая структура вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации

ных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, может быть представлена рис. 4.

В общем случае каждый функциональный уровень в элементах вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, отображается некоторым множеством алгоритмов (база алгоритмов), из которых выбирается один определенный алгоритм, удовлетворяющий требованиям и характеристикам.

Для логической структуры вычислительного процесса (ВП) множество алгоритмов M

$$A_i^{оп} = \left\{ a_{i\gamma_i}^{оп} \right\}, \quad i = \overline{1,3}; \quad \gamma_i = \overline{1, m_i}, \quad (10)$$

где $a_{i\gamma_i}^{оп}$ – γ_i -й алгоритм i -го уровня ВП;

m_i – число алгоритмов i -го уровня ВП, находящихся в базе алгоритмов.

Для логической структуры вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации маршрутизаторов:

$$A_i^{M(j-1)} = \left\{ a_{i\xi_i}^{M(j-1)} \right\}, \quad A_i^{M(j+1)} = \left\{ a_{i\eta_i}^{M(j+1)} \right\}, \quad (11)$$

где $i = \overline{1,3}$; $j = \overline{1, l}$; $\xi_i = \overline{1, n_{j-1}^i}$; $\eta_i = \overline{1, n_{j+1}^i}$;

n_{j-1}^i – число алгоритмов i -го уровня по взаимодействию с предыдущим элементом в банке алгоритмов;

n_{j+1}^i – число алгоритмов i -го уровня по взаимодействию с последующим элементом в банке алгоритмов.

Все алгоритмы в базе должны иметь некоторый стандартный набор характеристик, которые используются для анализа алгоритма и оценки его применимости в данном вычислительном модуле современного распределенного вычислительного комплекса ЦУ АСУ, обеспечивающего обработку оперативной информации.

Для упрощения будем рассматривать характеристики алгоритмов безотносительно к элементам вычислительных модулей и будем предполагать, что множество характеристик i -го функционального уровня Z_i является общим для всех алгоритмов этого уровня, т.е.

$$Z_i = \{ z_{i1}, \dots, z_{i\delta}, \dots, z_{ik} \}, \quad (12)$$

k – общее число характеристик алгоритмов i -го уровня.

К характеристикам множества Z_i относятся ВВХ, характеристики достоверности, сложности реализации и др. Поэтому может быть предложена математическая модель алгоритмов вычислительных модулей современных распределенных вычислительных комплексов, обеспечивающих обработку оперативной информации, позволяющая оценивать ВВХ вычислительных алгоритмов каждого функционального уровня. При этом требуется обеспечить универсальность модели и удобство исследования.

Вычислительный процесс связан с воздействием различных случайных факторов, например, ошибки, помехи, наводки, атаки противника, недостаточная производительность ВК в период наибольшей нагрузки (ПНН) и т.п.

Процессы удобно представить простой однородной цепью Маркова в некотором пространстве состояний $C = \{c_1, c_2, \dots, c_s\}$, с матрицей вероятностей переходов $P = \|p_{ij}\|$ из состояния c_i в состояние c_j , $j = \overline{1, s}$. Переходы цепи из состояния в состояние отождествляются с последовательными экспериментами, а на множество C исходов накладываются ограничения:

- исходом эксперимента на каждом шаге может быть только один исход $c_i \in C$;

- задается исходное состояние $c_i \in C$ до начала первого эксперимента, т.е. вектор начальных вероятностей $\pi(0) = \{1, 0, \dots, 0\}$;

- вводится поглощающее состояние $c_s \in C$, являющееся последним в классификации состояний. В отдельных случаях могут быть рассмотрены подмножества исходных $c_u \in C$ и поглощающих $c_n \in C$ состояний;

- в каждом эксперименте вероятность исхода c_i зависит от исхода только одного эксперимента, непосредственно предшествующего данному.

Исходы соответствуют определенным событиям реального процесса. Экспериментам или испытаниям, приводящим к переходам цепи из состояния в состояние, соответствуют некоторые этапы процесса.

Для каждой пары состояний c_i и c_j вводится параметр v_{ij} , равный математическому ожиданию потерь, которые имеют место при переходах $c_i \rightarrow c_j$ за один шаг. Под потерями при обработке информации понимаем потери времени t_{ij} , потери достоверности и др. Совокупность параметров v_{ij} образует s – размерную матрицу потерь $V = \|v_{ij}\|$, которая при решении конкретных задач должна заменяться на соответствующую матрицу потерь времени $T = \|t_{ij}\|$.

Если B – множество всех возможных шагов многошагового дискретного процесса, отображающего функционирование алгоритма, а B_n – подмножество множества B , причем индекс n соответствует попаданию в поглощающее состояние c_s и тем самым завершению процесса на n -м шаге. $n = \overline{1, N}$, где N может быть конечным или бесконечным. Таким образом, подмножество $B_n \subset B$ включает в себя b_n подпроцессов, каждый из которых характеризуется потерями v_{bn} , $b = \overline{1, b_n}$, зависящими от последовательности переходов в пределах множества транзитивных состояний цепи с учетом значений элементов матриц P и V .

В соответствии с этим введем в рассмотрение случайную величину ξ , которая принимает значения условных

математических ожиданий потерь $v_s(n)$ при переходах цепи $c_i \rightarrow c_j$ за n шагов. При этом случайный вектор состояния анализируемой модели после n -го шага будет следующим:

$$\pi(n) = \|\pi_1(n), \dots, \pi_i(n), \dots, \pi_s(n)\| = \pi(0)P^n. \quad (13)$$

Здесь $\pi_i(n)$, $i = \overline{1, s}$ – вероятность того, что цепь будет находиться в состоянии c_i после n шагов, если известно ее состояние при $n = 0$.

Определив значения $v_s(n)$ при $n = 1, 2, \dots, N$, получаем ряд распределения случайной величины ξ с матожиданием и дисперсией соответственно:

$$M(\xi) = \sum_{n=1}^N p_s(n) v_s(n) \quad (14)$$

$$D(\xi) = \sum_{n=1}^N p_s(n) v_s^2(n) - M^2(\xi), \quad (15)$$

где $p_s(n) = \pi_s(n) - \pi_s(n-1)$.

Весь спектр воздействий, которым нарушитель может подвергнуть комплексы обработки оперативной информации целесообразно разделить на разрушительные, вызванные применением высокоточного оружия, помеховые и кибератаки.

Разрушительные воздействия приводят практически к безвозвратной потере того или иного элемента или компонента. Его восстановление достаточно долгое. Поэтому математически разрушительные воздействия можно задать вероятностью того, что тот или иной k -й элемент или компонент комплекса обработки оперативной информации будет работоспособным с некоторой вероятностью $P_k(T_z)$ для данного цикла управления T_z .

Помеховыми воздействиями на комплекс обработки оперативной информации ЦУ АСУ в случае стационарного размещения и ограниченного применения средств беспроводной связи можно.

Кибератаки могут проявляться по разному и результаты их воздействия зависят от многих причин, принципов построения средств коммуникаций и их возможной связью со средствами сетей общего пользования. В основном кибератаки следует отнести к так называемым программно-аппаратным воздействиям (ПАВ).

Под угрозой в статье понимается потенциально существующая возможность случайного или преднамеренного действия (бездействия), в результате которого могут быть нарушены основные свойства информации и систем ее обработки: доступность, целостность и конфиденциальность [7].

Знание спектра потенциальных угроз защищаемой информации, умение квалифицированно и объективно оценить возможность их реализации и степень опасности каждой из них, является важным этапом сложного процесса организации и обеспечения защиты. Определение полного множества угроз информационной безопасности (ИБ) практически невозможно, но относительно полное описание их, применительно к рассматриваемому объекту, может быть достигнуто при детальном составлении модели угроз.

ПАВ обычно классифицируют [10] по характеру и цели воздействия, по условию начала осуществления воздей-

ствия и наличие обратной связи с атакуемым объектом, по расположению объекта относительно атакуемого объекта и по уровню эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМОС), на котором осуществляется воздействие.

К классификационным признакам угроз безопасности в ЦУ АСУ можно отнести как способы несанкционированного доступа (НСД) к информации в защищаемых комплексах ЦУ, так и угрозы воздействия на сами средства НСД ЦУ

Следует учитывать возможные способы и методы осуществления ПАВ:

- анализ сетевого трафика, исследование локальных вычислительных сетей (ЛВС) ЦУ и средств защиты для поиска их слабостей и исследования алгоритмов функционирования ВК. В системах с физически выделенным каналом связи передача сообщений осуществляется напрямую между источником и приемником, минуя остальные объекты системы. В такой системе при отсутствии доступа к объектам, через которые осуществляется передача сообщения, не существует программной возможности анализа сетевого трафика;

- введение в сеть несанкционированных устройств;
- перехват передаваемых данных с целью хищения, модификации или переадресации;
- подмена доверенного объекта в ВК;
- внедрение в сеть несанкционированного маршрута (объекта) путем навязывания ложного маршрута с перенаправлением через него потока сообщений;
- внедрение в сеть ложного маршрута (объекта) путем использования недостатков алгоритмов удаленного поиска;
- использование уязвимостей общесистемного и прикладного ПО;
- криптоанализ;
- использование недостатков в реализации криптоалгоритмов и криптографических программ;
- перехват, подбор, подмена и прогнозирование генерируемых ключей и паролей;
- назначение дополнительных полномочий и изменение параметров настройки системы защиты;
- внедрение программных закладок;
- нарушение работоспособности (устойчивости) ВК путем внесения перегрузки, уничтожения "критических" данных, выполнения некорректных операций;
- доступ к узлу ВК, принимающему сообщения или выполняющему функции маршрутизации.

Все методы, позволяющие несанкционированно вмешаться в работу ЦУ АСУ, можно разделить на следующие группы:

1. Позволяющая несанкционированно запустить исполняемый код;
2. Позволяющая осуществить несанкционированные операции чтения/записи файловых или других объектов;
3. позволяющая обойти установленные разграничения прав доступа;
4. Приводящая к отказу (Denial of Service) в обслуживании (системный сбой);
5. Использующая встроенные недокументированные возможности (ошибки и закладки);
6. Использующие недостатки системы хранения или

выбора (недостаточная длина) данных об аутентификации (пароли) и позволяющие путем реверсирования, подбора или полного перебора всех вариантов получить эти данные.

К группе угроз, позволяющих несанкционированно запустить исполняемый код, относятся угрозы, которые основываются на переполнении буфера для входных данных (переполнение стека) и последующей передаче управления на исполняемый код, занесенный при этом в стек.

Для переполнения стека используется тот факт, что часто при выполнении функций работы со строками, переменными среды исполнения и т.д., разработчики ПО не заботятся о проверке размерности входных данных. А это приводит к выходу за границы массивов, выделенных для работы с этими данными. В последнее время появилось целое направление системных средств по борьбе с угрозами данной группы (Pax, StackGuard).

Одним из методов предотвращения подобных ошибок является присвоение атрибута, исключающего исполнение кода страницам памяти, выделенным под стек. Тем не менее, существуют возможности обхода данного ограничения.

Большая часть примеров, реализующих эту группу угроз, рассчитаны на ОС семейства UNIX. При этом переполнение буфера возможно в самых разнообразных приложениях и системных утилитах. Наиболее часто оно используется для удаленного запуска исполняемого кода, посредством обработчиков сетевых запросов и протоколов (ftp, telnet, pop3 и др.).

Переполнение буфера можно использовать и в локальном контексте, для того, чтобы увеличить свои привилегии или получить доступ на уровне администратора системы (root).

Примерами реализации этой группы угроз являются следующие программы: «Zgv_exploit.c», «Kmemthief.c» «Imapd_exploit.c» и др.

Для ОС семейства UNIX эта группа включает в себя наибольшее количество опубликованных примеров для несанкционированного доступа к системе (более 30%).

Для ОС семейства Windows применение угроз данной группы также возможно, но в основном это приводит только к сбоям прикладного или системного уровня, которые отнесены к другой группе. Общее число угроз, использующих переполнение буфера для целей отличных от вывода систем ЦУ АСУ из строя, не превышает 10%.

Ко второй группе можно отнести угрозы, основывающиеся на неправильной интерпретации прикладными и системными программами входных параметров. В результате они дают доступ к объектам, не перечисленным в списках санкционированного доступа.

Неправильная интерпретация входных параметров связана с некорректной программной реализацией их обработки. Это происходит потому, что программы, обрабатывающие данные запросы, являются либо системными утилитами, либо прикладными программами, запущенными в контексте безопасности системы. Поэтому они имеют непосредственный доступ к любым файловым (и другим) объектам, и могут предоставить этот доступ пользователям, не обладающими достаточными правами для непосредственной работы с этими объектами.

Наибольшее распространение получили реализации данных методов для ОС семейства MS Windows. В основном ошибки встречаются в стандартных включенных в состав операционных систем сетевых приложениях, которые включены в состав ОС, таких как IIS (Internet Information Server), почтовые клиенты (MS Mail, Exchange) и др.

Достаточно большое количество ошибок данного рода можно встретить в системных утилитах, реализующих взаимодействие по сетевым протоколам прикладного уровня (NETBIOS и др.).

Например, ошибка в IIS заключается в следующем. ITS, обрабатывая запросы в формате UNICODE, может неправильно интерпретировать символы 'Y', '/' и т.п. (%cO%af, %cl%9c и т.п.), что приводит в дальнейшем к генерации некорректных команд (недоступных в нормальной ситуации) и получению несанкционированного доступа к объектам.

Большое количество ошибок встречается в реализации Java-апплетов, VB-скриптов и т.д., в браузерах фирм Microsoft и Netscape. Через них с помощью соответствующих апплетов можно получить несанкционированный доступ к файловым объектам. А поскольку обе фирмы выпускают свои браузеры не только для ОС семейства Windows, но и для ОС семейства UNIX, то ошибки в большинстве случаев дублируются в версиях ПО для разных платформ. Здесь же стоит отметить, что проблема апплетов относится собственно не к языку Java, а к его реализации, например, Microsoft Java VM.

К третьей группе угроз можно отнести примеры, основывающиеся на недоработках (ошибках) в ядре и системных утилитах ОС, позволяющих программными методами обходить установленные разграничения доступа к объектам системы.

Примеры ошибок, составляющих эту группу, немногочисленны, т.к. требуют детального анализа работы механизмов (функций API) ОС и соответствующей квалификации нарушителя. При этом нужно учитывать, что при рассмотрении коммерческих ОС (не имеющих общедоступных исходных текстов) данный анализ сильно затруднен, поскольку производители, по понятным причинам, крайне неохотно документируют внутреннюю архитектуру систем.

В качестве примера для данной группы можно привести известную программу «GetAdmin», реализующую получение администраторских прав, используя некорректную работу функции NTAddAtom, позволяющую записывать значения в любую область адресного пространства. В системе Windows есть некий глобальный флаг NtGlobalFlag, имеющий адрес примерно 0xSOIXXXXX. Изменением одного из битов этого флага существует возможность превратить Windows NT в Windows NT Checked Build. В результате право «SeDebugPrivilege» не будет необходимо для внедрения в системные процессы. Далее, внедряя свой исполняемый код (для чего нужна была привилегия «SeDebugPrivilege») в системные процессы, можно обойти любые ограничения, связанные с политикой безопасности (в данном случае создавался пользователь с администраторскими правами).

К четвертой группе можно отнести угрозы, приводящие к отказу в обслуживании (системный сбой). Большую часть этой группы составляют примеры, основанные на недостаточной надежности реализации стека сетевых прото-

колов ОС. Сбои в работе ОС достигаются посылкой групп пакетов с некорректными заголовками, параметрами и т.п.

Примерами подобных программ служат: teardrop; jolt/jolt2; lornuke; winnuke; winfreez и др.

Другую часть этой группы составляют угрозы, не использующие напрямую (или совсем не использующие) детали реализации стека сетевых протоколов конкретной ОС. Они провоцируют отказ в обслуживании путем чрезмерной загрузки канала. Простейшим примером может служить посылка большого количества пакетов из источника, обладающего более скоростным каналом, приемнику, обладающему менее скоростным каналом. Таким образом, полностью исчерпывается ресурс приемника, приводя к его полному или частичному отказу в обслуживании.

Более сложным примером является так называемый флудер-множитель. При отправке на удаленный хост сообщения, состоящего из 20-и байт IP-заголовка, в поле Protocol которого содержится значение 00 (что соответствует IPPROTO_RAW), удаленная система ЦУ АСУ (или ближайший к провоцируемой системе маршрутизатор сети), получив такое сообщение, ответит сообщением ICMP-Destination Unreachable-Protocol Unreachable, длиной от 68 до 84 байт. Очевидно, что, заменяя Source Address на адрес атакуемого, провоцируется поток с коэффициентом умножения 4 (если рассчитывать динамическое сжатие, то много больше).

Следует отметить, что программы, представляющие данную группу, не нарушают напрямую безопасность атакуемой системы ЦУ АСУ, а просто выводят ее из строя. Но можно представить себе пример более сложных атак, где угрозами, приводящими к отказу от обслуживания, можно устранять, например, реально действующие в системе узлы, а затем от их имени получать несанкционированный доступ к защищенным данным.

К пятой группе можно отнести методы, использующие встроенные недокументированные возможности (закладки). К таким закладкам относятся:

- встроенные инженерные пароли для входа в систему;
- специальные возможности (последовательность действий) для недокументированных действий (например, в одном из хранителей экрана фирмы Microsoft присутствует сетевой код);
- закладки в разнообразных прикладных приложениях и т.п.

Примером использования встроенного инженерного пароля может служить широко известный пароль фирмы Award «AWARD_SW», позволяющий получить весь спектр прав для работы с BIOS.

К шестой группе можно отнести угрозы, использующие недостатки системы хранения или выбора (недостаточная длина) данных об аутентификации (пароли) и позволяющие путем реверсирования, подбора или полного перебора всех вариантов получить эти данные. Эти программы основываются на недостатках алгоритмов кодирования (хеширования) паролей на защищаемые ресурсы или на вход в ОС.

Примером может служить реализация защиты разделяемых ресурсов в Windows 9X, где при разграничении доступа на уровне ресурса (по паролю), пароль для доступа

хранится в реестре (HKLM \Software\ Microsoft\Windows\ CurrentVersion \ Network \ LanMan \<ИМЯ КАТАЛОГА>, в ключе ParmEnc), зашифрованный с помощью алгоритма, который легко поддается расшифровке, поэтому легко получить исходный пароль.

Также неудачен сам алгоритм аутентификации в Windows через NETBIOS. Если клиент посылает вместо полного пароля открытым текстом только его первый символ (байт), то при совпадении этого символа пароль считается правильным.

Следует отметить, что существует большое количество программ (не только для ОС семейства Windows), предназначенных для перебора паролей по различным алгоритмам, учитывающим слабость реализации систем аутентификации и выбора паролей. К таким программам относятся: L0phtcrack; pwlhack; pwlview; John the Ripper и др.

Кроме того, для более старших и более защищенных версий ОС Windows, основанных на технологии Windows NT, таких как Windows XP Professional, Windows 7, Windows 8, Windows 10 и др., существуют программы, позволяющие подбирать пароль для известной учетной записи полным перебором по сети.

Наиболее же простым способом осуществления НСД в такие ОС при возможности локального физического доступа является обнуление или изменение пароля для любой учетной записи. Эта возможность реализуется путем загрузки специализированного ПО в обход ОС с отчуждаемых носителей: загрузочного CD- или Flash диска.

Математически задать кибератаки можно в виде стохастического потока, который определенным образом меняет основные параметры потоков информации для обработки их комплексами обработки и параметры обслуживания.

При распределенном в пространстве ЦУ АСУ вычислительном комплексе организуется внутренняя сеть ВК,

которая, как правило, строится путем наложения защищенной IP-сети на транспортную основу с применением маршрутизаторов вычислительных модулей или маршрутизаторов, размещенных в помещении модулей [11].

При построении IP-сети поверх коммутируемой высокоскоростной цифровой сети (например, сети В-ISDN) между слоем коммутируемых цифровых каналов и слоем IP существует цифровая сеть. Это, при соответствующей корректировке вероятностно-временных характеристик, справедливо и при организации IP-сети поверх сети F-Eth, ATM, MPLS over SDH, over ATM и пр.

Каждый порт маршрутизатора модуля ВК ЦУ АСУ должен поддерживать интерфейс соответствующего канала в качестве конечного узла. После того как каналы установлены, маршрутизаторы могут пользоваться ими как физическими, посылая данные порту соседнего (по отношению к виртуальному каналу) маршрутизатора. Таким образом, образуется сеть выделенных каналов с собственной топологией, которая и является информационной сетью обмена распределенного ВК ЦУ АСУ (рис. 5).

Подсеть коммутируемых каналов прозрачна для IP-маршрутизаторов информационной сети обмена распределенного вычислительного комплекса ЦУ АСУ, они ничего не знают о физических связях между портами коммутаторов сети. При этом IP-сеть является наложенной по отношению к этой сети. А сам сеанс организации того или иного соединения для повышения устойчивости функционирования ВК ЦУ АСУ осуществляется только на время обмена управляющей информацией, что существенно повышает скрытность организованных вычислительных процессов.

Для оценки вероятностно-временных характеристик передачи вычислительной информации рассмотрим схему ее организации при наложенной сети, рис. 6.

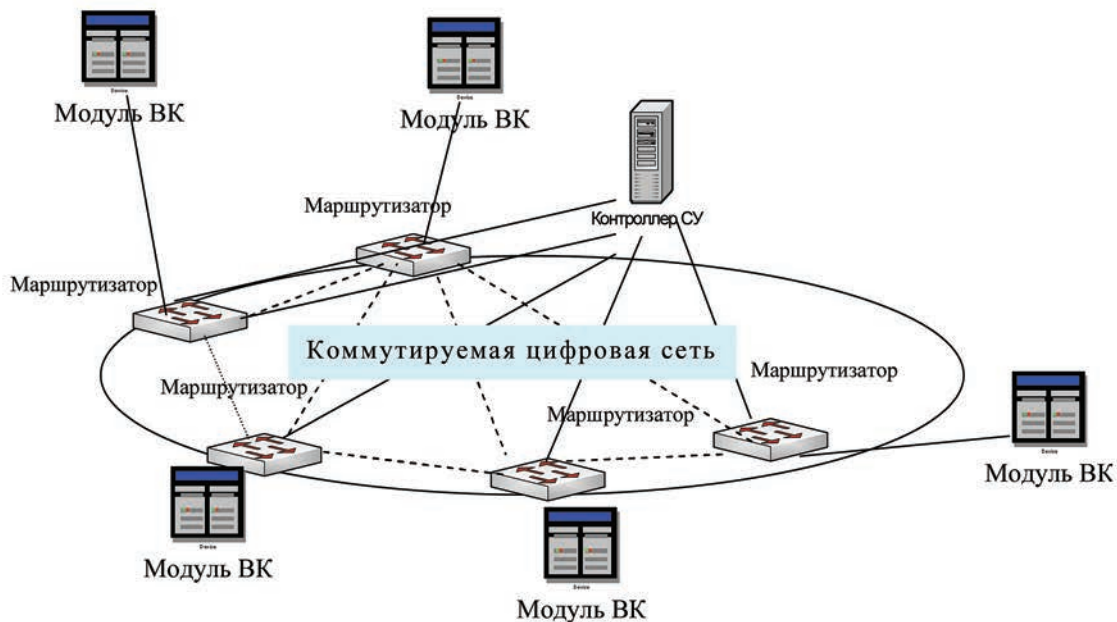


Рис. 5. Топология информационной сети обмена распределенного вычислительного комплекса ЦУ АСУ

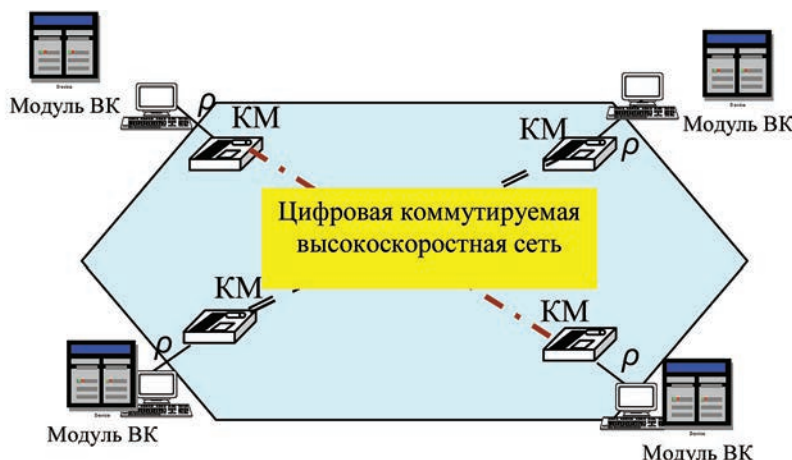


Рис. 6. Двухполюсная декомпозиция процедур обмена вычислительной информацией между модулями ВК ЦУ АСУ

Для обеспечения защищенной передачи вычислительной информации в информационной сети обмена распределенного вычислительного комплекса ЦУ АСУ целесообразно применять высокопроизводительный криптомаршрутизатор (КМ), который реализует протокол IP-sec (защищенный подпротокол протокола IPv6) в транспортном или туннельном вариантах.

В рассматриваемом варианте для каждого цикла обмена вычислительной информацией информационной сети обмена распределенного вычислительного комплекса ЦУ АСУ может быть представлена совокупностью двухполюсных сетей между взаимодействующими модулями ВК.

В цифровой сети используется метод коммутации цифровых каналов, при котором информация (в виде IP-пакетов) вводится в сеть только после установления соединения, т.е. передача массива IP-пакетов возможна лишь после того, как образован сквозной канал между вызываемым и вызывающим КМ. Несомненным преимуществом такой организации является возможность немедленного (с задержкой на время установления соединения) обмена информацией между двумя КМ. В сети с коммутацией каналов прохождение срочной информации, обладающей высшим приоритетом, происходит сравнительно быстро, однако этот эффект достигается путем прерывания каналов для информации с низкой категорией приоритета. Естественно, управляющая информация обладает высшим приоритетом.

В цифровой сети используется метод коммутации цифровых каналов, при котором информация (в виде IP-пакетов) вводится в сеть только после установления соединения, т.е. передача массива IP-пакетов возможна лишь после того, как образован сквозной канал между вызываемым и вызывающим КМ. Несомненным преимуществом такой организации является возможность немедленного (с задержкой на время установления соединения) обмена информацией между двумя КМ. В сети с коммутацией каналов прохождение срочной информации, обладающей высшим приоритетом, происходит сравнительно быстро, однако этот эффект достигается путем прерывания каналов для информации с низкой кате-

горией приоритета. Естественно, управляющая информация обладает высшим приоритетом.

Эффективность метода коммутации каналов в базовой цифровой коммутируемой сети существенно зависит от соотношения между средним временем передачи одного массива IP-пакетов \bar{t}_{n1} и временем установления соединения \bar{t}_y . В современной цифровой сети всегда выполняется условие:

$$\bar{t}_{n1} > \bar{t}_y \quad (16)$$

Среднее время установления соединения \bar{t}_y на k участков равно $\bar{t}_y = k\bar{t}_{k1}$, где \bar{t}_{k1} – среднее время проключения (коммутации) цифрового канала между двумя соседними узлами. Случайное время t_{k1} в цифровой сети имеет распределение близкое к нормальному с дисперсией незначительной величины, которой можно пренебречь. Поэтому можно считать $t_{k1} \approx \bar{t}_{k1}$.

Случайное число транзитных участков в установленных соединениях цифровых каналов в цифровой сети, как правило, имеет распределение близкое к равномерному. Это объясняется тем фактом, что в цифровой сети применяются алгоритмы динамического управления сетью.

Поэтому можно считать, что случайное время t_y также имеет равномерное распределение со средним значением \bar{t}_y .

Тогда среднее время доставки IP-пакета в наложенной информационной сети обмена распределенного вычислительного комплекса ЦУ ВКС можно определить из выражения:

$$\bar{t}_{п} = \frac{Q_{п}}{v_{эф}} + \bar{t}_{к2} + \bar{t}_3, \quad (17)$$

где \bar{t}_3 – среднее время задержки пакета в КМ; $\bar{t}_{к2}$ – среднее время обработки заголовка IP-пакета с обращением к маршрутной таблице; $Q_{п}$ и $v_{эф}$ – соответственно объем IP-пакета и эффективная скорость передачи его по установленному цифровому каналу.

Средне время задержки пакета в КМ \bar{t}_3 можно определить, если описать КМ в виде системы массового обслуживания (СМО), предполагая, что пакеты, поступающие из

центров управления сетью, образуют самоподобный поток с конечным числом источников, при этом значение \bar{t}_3 определится выражением:

$$\bar{t}_3 = \frac{Q_{\Pi} \sum_{k=1}^m \frac{(k-1)m! \rho^k}{(m-k)!}}{v_{\text{эф}}} P_0, \quad (18)$$

где ρ – нагрузка, поступающая на КМ,
 m – число IP-пакетов, которое может поступить за время цикла обмена (определяется объемом сообщения, команды);

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{m! \rho}{(m-1)!} + \sum_{k=2}^m \frac{m! \rho^k}{(m-k)!}}$$

– вероятность того, что КМ не загружен.

Тогда среднее время доведения вычислительного сообщения для каждой пары взаимодействующих модулей ВК составит:

$$\bar{t}_{\text{двс}} = \bar{t}_y + m \left[\bar{t}_{k2} + \frac{Q_{\Pi}}{v_{\text{эф}}} \left(1 + \frac{\sum_{k=1}^m \frac{(k-1)m! \rho^k}{(m-k)!}}{1 + \frac{m! \rho}{(m-1)!} + \sum_{k=2}^m \frac{m! \rho^k}{(m-k)!}} \right) \right] \quad (19)$$

Отметим важное обстоятельство, что для рассматриваемой модели (одноканальной СМО), приведенные выражения справедливы в состоянии установившегося стохастического равновесия для любых законов распределения времени обслуживания.

Полный ряд распределения вероятностей возможных состояний отдельного КМ можно получить, вычислив вероятности этих состояний:

$$P_k = \frac{m! \rho^k}{(m-k)!} P_0 \quad (20)$$

При этом каждое состояние КМ будет соответствовать определенному времени задержки IP-пакета, поступающего на него. Так с вероятностью P_0 время задержки равно 0, с вероятностью P_1 время задержки равно $\frac{Q_{\Pi}}{v_{\text{эф}}}$, с вероятностью P_2 время задержки составит $\frac{2Q_{\Pi}}{v_{\text{эф}}}$ и т.д.

С целью получения оценки вида непрерывного распределения этот ряд может быть аппроксимирован соответствующей функцией (например, взвешенной суммой экспонент).

Таким образом, рассмотренные в статье типовые схемы организации обработки оперативной информации, характерные для центров управления автоматизированных систем управления любыми сложными объектами, позволили не только представить состав модели процессов обработки информации, но и построить математические модели ее основных компонентов.

Литература

1. Мультипроцессорные системы и параллельные вычисления: пер с англ. / под ред. Энслоу. М.: Мир, 1976. 384 с.
2. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / под ред. П. Пархоменко. М.: Энергия. 1976. 387с.
3. Пешель М. Моделирование сигналов и систем: пер. с нем. М.: Мирл. 1981. 300 с.
4. Бусленко Н.П., Калашников Н.Н., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М.: Советское радио. 1973. 441 с.
5. Липаев В.В. Распределение ресурсов в вычислительных системах. М.: Статистика. 1979. 248 с.
6. Липаев В.В. Надежность программного обеспечения АСУ. М.: Энергоиздат. 1981. 240 с.
7. Буренин А.Н., Легков К.Е. Современные инфокоммуникационные системы и сети специального назначения. Основы построения и управления. М.: Медиа Паблшер, 2015. 348 с.
8. Буренин А.Н., Легков К.Е., Нестеренко О.Е. К вопросу моделирования процессов мониторинга при обеспечении оперативного контроля эксплуатации инфокоммуникационных сетей специального назначения // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2014. № 3 (28). С. 9–15.
9. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения пер. с англ. / под ред. А.Н. Ширяева. М.: Наука, 1969. 512 с.
10. Буренин А.Н., Легков К.Е. Вопросы безопасности инфокоммуникационных систем и сетей специального назначения. Угрозы, способы и средства обеспечения комплексной безопасности // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 3. С. 46-61
11. Буренин А.Н., Легков К.Е. К вопросу моделирования организации информационной управляющей сети для системы управления современными инфокоммуникационными сетями // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2011. Т. 3. № 1. С. 22–25.

Для цитирования:

Легков К.Е., Буренин А.Н., Нестеренко О.Е. Методический подход к организации обработки оперативной информации распределенными вычислительными комплексами специального назначения // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 18–30.

METHODICAL APPROACH TO PROCESSING THE OPERATIONAL INFORMATION OF DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS, SPECIAL PURPOSE

Andrey N. Burenin,

St. Petersburg, Russia, konferencia_asu_vka@mail.ru

Konstantin E. Legkov,

St. Petersburg, Russia, constl@mail.ru

Oleg E. Nesterenko,

St. Petersburg, Russia, benaffee@gmail.com

Abstract

In the article the definition of the architecture of the computing complex taking into account the main factors determining efficiency of its operation and taking into account the structure and rules of interaction of its component parts.

For solving problems of analysis of properties and the main dependencies that characterize the processing of operational information in time, the chosen method of modeling. Identified the advantages and disadvantages of the main types of models.

In accordance with the features of construction and conditions of functioning of the automated control systems of different complex objects, the issues of meaningful and formalized description of the main processes resulting from the processing of operational information inside the control centers automated control systems means of a distributed computing complex.

Based on the verbal and meaningful description of the functioning of a typical control centers automated control systems, the basic flow of information is directed to the modules of the distributed computing complex.

Discussed in the article the model of the organization scheme of the processing of operational information specific to control centers automated control systems any complex objects, allowed us not only to represent the model of information processing, but also to build mathematical models of its main components:

- workload model is coming with automated workstations officials, complexes of automation means control centers (including information systems control centers automated control systems);
- model computational modules of modern distributed computing systems that provide processing the operational information includes a model of computing process organization;
- model impacts on the components of the systems processing of operational information;
- model of information exchange between the components of modern distributed computing systems.

The basic types of threads and the main properties characterizing them. As the model flow elements of the load coming from the automation systems and information systems control centers automated control systems, the selected model primitive stream.

There are the dependences allowing to calculate the basic time and the probabilistic characterization of the processing of operational informa-

tion computing complex control centers automated control systems.

Keywords: computer system; computer complex; NUM; parallel program; the duration of information exchange.

References

1. Enslow P. H. (Ed.). Multiprocessors and Parallel Processing. New York, Wiley-Interscience, 1974.
2. Parkhomenko P. (Ed.). Modeli ob"ektov, metody i algoritmy diagnoza [Object model, methods and algorithms of diagnosis]. Moscow, Energiya. 1976. 387 p.
3. Peschel M. Modellbildung für Signale und Systeme. Berlin, Verlag Technik, 1978. 184 p.
4. Buslenko N.P., Kalashnikov N.N., Kovalenko I.N. Lektsii po teorii slozhnykh sistem. [Lectures on the theory of complex systems]. Moscow, Sovetskoe radio. 1973. 440 p. (In Russian).
5. Lipaev V.V. Raspredelenie resursov v vychislitel'nykh sistemakh [The distribution of resources in computing systems]. Moscow, Statistika. 1979. 248 p. (In Russian).
6. Lipaev V.V. Nadezhnost' programmnoho obespecheniya ASU. [The Reliability of the software of ACS]. Moscow, Energoizdat. 1981. 240 p. (In Russian).
7. Burenin A.N., Legkov K.E. Sovremennye infokommunikatsionnye sistemy i seti spetsial'nogo naznacheniya. Osnovy postroeniya i upravleniya: Monografiya. [Modern infocommunication systems and special purpose networks. Basics of creation and control]. Moscow, Media Publisher, 2015. 348 p. (In Russian).
8. Burenin A.N., Legkov K.E., Nesterenko O.E. K voprosu modelirovaniya protsessov monitoringa pri obespechenii operativnogo kontrolya ekspluatatsii infokommunikatsionnykh setey spetsial'nogo naznacheniya [modelling of processes monitoring under the operational control of operation of information and communication networks]. Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. . 2014. No. 3 (28). Pp. 9–15. (In Russian).
9. Barucha Reid A.T. Elements of the Theory of Markov Processes and their Applications, McGrawHill, New York, Toronto, London, 1960. 157 p.
10. Burenin A.N., Legkov K.E. Security Issues of infocommunication systems and networks. Threats, ways and means of ensuring comprehensive security of science-intensive technologies in space studies of the Earth. H&ES Research. 2015. Vol. 7. No. 3. Pp. 46–61. (In Russian).
11. Burenin A.N., Legkov K.E. modeling the organization of information management network to the management system of modern infocommunication networks. H&ES Research. 2011. Vol. 3. No. 1. Pp. 22–25. (In Russian).

Information about authors:

Burenin A.N., Ph.D., associate professor, professor of the Department automated systems of control, Military Space Academy; Legkov K.E., Ph.D., head of the Department automated systems of control, Military Space Academy; Nesterenko O.E., postgraduate student of the Department automated systems of control, Military Space Academy.

For citation:

Burenin A.N., Legkov K.E., Nesterenko O.E. Methodical approach to processing the operational information of distributed computer systems, special purpose. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 18–30.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Голин

Валерий Николаевич,

преподаватель кафедры автоматики и вычислительных средств Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны, г. Ярославль, Россия, Golin.1974@mail.ru

Ключевые слова:

автоматизированная система управления; комплексы средств автоматизации; географическая информационная система; цифровая карта местности; информационная модель обстановки; информационный объект; информационный массив.

АННОТАЦИЯ

Постановка проблемы: анализ влияния внешних и внутренних факторов на процесс управления силами и средствами и предъявляемых к нему современных требований позволяет вскрыть основные противоречия в практике между реальными возможностями автоматизированных систем управления войсками и требованиями, предъявляемыми к ним в современных условиях. Исследовано, что радикальным способом решения противоречий управления войсками, в частности по автоматизированному выполнению оперативно-тактических расчетов, которые сильно ограничены, является внедрение комплексов средств автоматизации.

Изученные комплексы средств автоматизации не охватывают весь спектр решаемых задач, выполняются по упрощенным алгоритмам и не учитывают влияние физико-географических условий района боевых действий на реализацию боевых возможностей сил и средств, а также не используют системы электронного документооборота, обеспечивающие автоматизированную генерацию, хранение электронных текстовых и графических боевых документов.

Определено, что спутниковые навигационные и географические информационные системы используются недостаточно, а геоинформационное обеспечение предполагает циркуляцию данных о местности по каналам, связанным с базами данных географических информационных систем, которая отображает цифровую модель обстановки (ЦМО) в виде слоев, перекрывающих и показывающих текущую обстановку и совмещенные с ней элементы местности, точно соответствующие потребностям пользователя.

Предметом исследования являются способы построения информационных моделей обстановки, целью – повышение качества информационной модели обстановки путем формирования рациональной структуры информационных массивов географических информационных систем перспективных комплексов средств автоматизации войсковой ПВО.

При выполнении теоретических исследований использованы методы экспертного опроса, системного анализа, теории вероятности и математической статистики, математического моделирования.

В результате работы усовершенствована методика оценки качества информационной модели обстановки, формируемой геоинформационной системой, которая позволяет рассчитывать значения показателей достаточности и избыточности информации информационной модели обстановки с учетом слоевой структуры информационных массивов географических информационных систем.

Предложенное решение может быть использовано при обосновании рациональной структуры средств и систем тренажа номеров боевых расчетов, разработке облика перспективной распределенной многопозиционной системы радиолокационной разведки воздушного противника, а также в учебном процессе войсковой ПВО ВС РФ при проведении компьютерных командно-штабных учений.

Таким образом, применение разработанной методики применительно к разработке решения командира на отражение ударов воздушного противника в армейской системе ПВО, позволит сократить время для анализа отображаемой информации ИМО на АРМ и принятия необходимого решения.

Для разработки усовершенствованной методики формирования рациональной структуры информационных массивов географических информационных систем (ГИС), необходимо рассмотреть входные и выходные данные для ее работы [1,4].

Входными данными необходимо считать количество этапов работы командира (L), определяемое характером решаемой задачи, а также количество типов информационных объектов (ИО) ГИС необходимых для принятия решения для каждого из этапов работы. К входным данным также стоит отнести предлагаемую структуру информационных массивов ГИС, которая будет определяться количеством слоев информации ГИС и составом информационных объектов ГИС каждого слоя, выведенного для отображения на экран в каждом из этапов работы командира. Выходными данными методики является рекомендованная рациональная структура информационных массивов ГИС, которая определяется рациональным составом и количеством слоев информации ГИС.

Как правило, лицо принимающее решение (командир) уже будет иметь свою слоевую структуру информационных массивов ГИС (слои с ВКП, свои данные, от начальников служб, от взаимодействующих сил и средств и т.д.), определяемую произвольным количеством слоев и составом каждого из них [3, 6]. Вследствие чего, возникает вопрос проверки ее на рациональность по показателю избыточности и достаточности информации информационной модели обстановки, которая будет формироваться на каждом из этапов работы, и при необходимости перераспределении избыточной информации в дополнительные слои. Совокупность слоев, выведенная на отображение для каждого из этапов, формирует информационную модель обстановки. Слой информации выводится на отображение в том случае, если в его состав входит, хотя бы один тип информационного объекта, требующийся для принятия решения на данном этапе работы. Отсюда возникает необходимость в обоснованном формировании состава и количества слоев информации ГИС, применительно к характеру решаемой задачи, что и будет составлять рациональную структуру информационных массивов ГИС.

Решением возникшей задачи является усовершенствованная методика формирования рациональной структуры информационных массивов ГИС. Необходимо отметить, что данная методика содержит в себе, как составную часть, методику формирования состава и количества слоев информации ГИС.

Методика состоит из трех этапов, характеризующих решение поставленной задачи, и представлена на рис. 1:

1. Подготовительный этап – характеризуется формированием исходных данных для работы основного этапа методики.

2. Основной этап – характеризует принцип работы самой методики.

3. Заключительный этап – определяет завершение работы методики, результатом которой является рекомендованная рациональная структура информационных массивов ГИС.

Подготовительный этап

В ходе данного этапа методики определяются этапы работы должностных лиц органов управления (ДЛОУ), которые необходимы для выполнения поставленной задачи, т.е. поставленная задача, разбивается по времени на этапы работы, последовательное выполнение каждого из них приведет к решению поставленной задачи в целом за отведенное время, путем использования качественной информационной модели обстановки. Исходя из сказанного, начало методики (блок 1) направленно на формирование этапов работы командира. Исходные данные для формирования этапов работы определяются руководящими документами – приказами, боевыми уставами, наставлениями и т.д. При формировании этапов работы необходимо учитывать мнения экспертов в данной области. Учитывая вышесказанное, появляется необходимость применения методов экспертного опроса на подготовительном этапе работы методики. Выходными данными данного действия методики будет множество L – множество этапов работы командира по решению определенной задачи.

Данное множество, будет распределено по времени, которое отводится на выполнение всей задачи в полном объеме, и будет являться одним из входных данных для следующего действия методики.

Блок 2 предназначен для выбора необходимого количества типов информационных объектов ГИС применительно к каждому из этапов работы командира.

Помимо множества этапов работы (L) входными данными для выбора необходимого количества типов ИО ГИС каждого из этапов работы является мнение экспертов в данной области. Мнение экспертов будет формироваться с применением методов экспертного опроса (рис.1).

В результате будет сформирована матрица смежности размерностью (NL) , характеризующая принадлежность типа ОИ ГИС к решению каждого из этапов работы ДЛОУ. Элементы матрицы представляют собой значения равные 1 или 0 в зависимости от того используется тип информационного объекта ГИС на данном этапе (1), или нет (0) соответственно. Сформированная матрица смежности будет иметь вид, представленный в табл.

Таблица

Матрица смежности, характеризующая принадлежность ИО ГИС к этапам работы командира

Элементы множества N	Элементы множества L				
	l_1	l_2	l_3	.....	l_c
n_1	0	1	1	.....	0
n_2	0	1	1	.....	0
n_3	0	1	1	.....	0
.....					
n_t	0	1	1	.....	0

Следующий этап методики (блок 3) направлен на определение количества слоев информации ГИС и их состава из предложенной структуры информационных массивов ГИС. Выходными данными этого действия являются

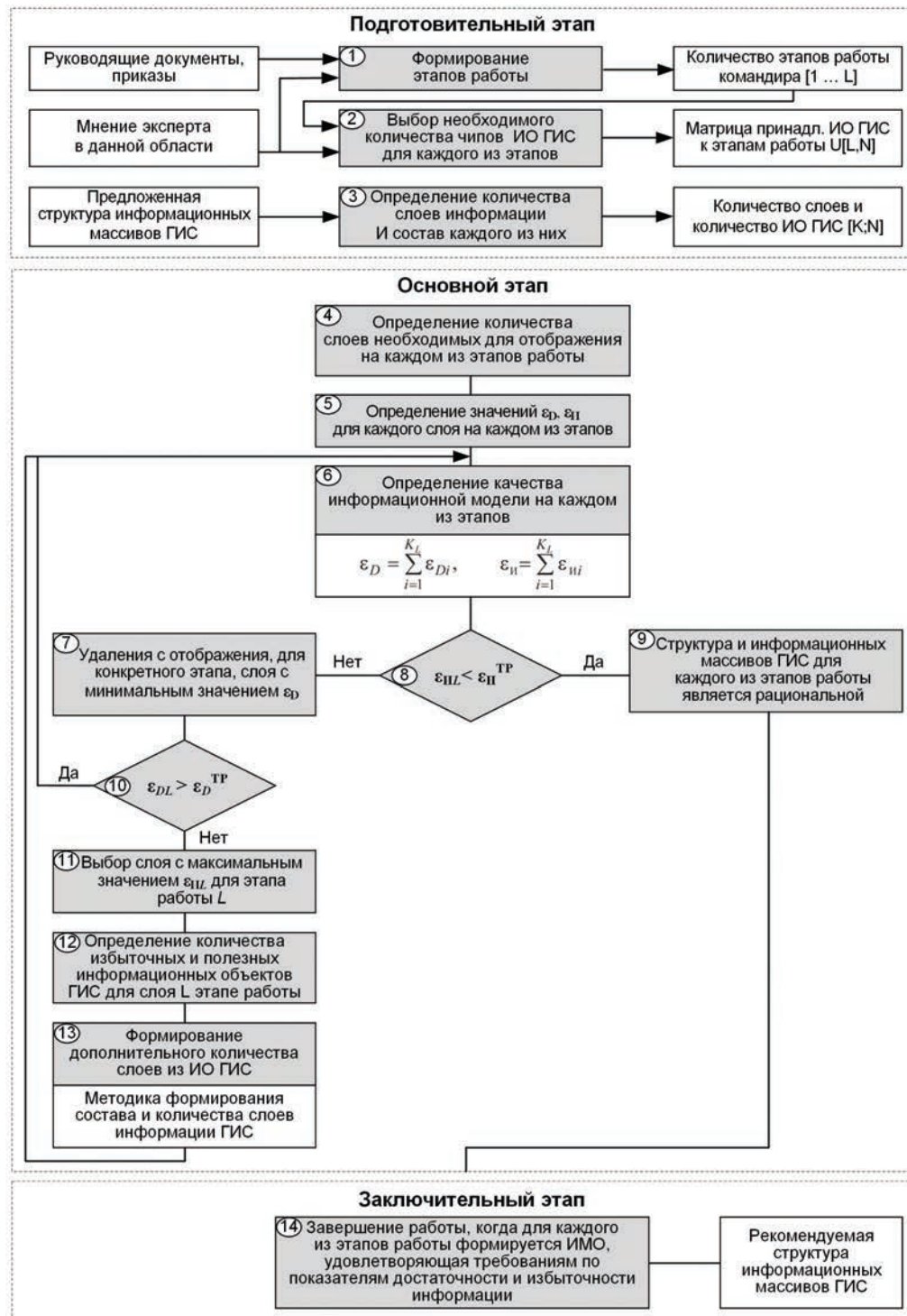


Рис. 1. Усовершенствованная методика формирования рациональной структуры информационных массивов ГИС

совокупность множеств, характеризующих отношение слоев информации и их состав, предложенной структуры информационных массивов.

Под предложенной структурой информационных массивов ГИС необходимо понимать совокупность слоев информации, имеющихся в базе данных ГИС комплексов средств автоматизации (КСА) на момент начала работы методики [5].

Предварительный этап усовершенствованной методики формирования рациональной структуры информационных массивов ГИС заканчивается предоставлением исходных данных в виде этапов работы и требуемых ИО ГИС на каждом из этих этапов, а также множеством слоев и их составом предложенной структуры информационных массивов ГИС.

Основной этап

Выполнение основного этапа (блок 4) начинается с определения количества слоев информации, необходимых для отображения на каждом из этапов работы. Данное действие происходит путем сравнения информационных объектов ГИС, находящихся в слое информации с матрицей принадлежности ИО ГИС к этапам работы L . В случае если ИО ГИС, содержащийся в слое, совпал с ИО ГИС матрицы принадлежности на данном этапе, то считается, что слой выводится на отображение. Циклически перебрыв все слои информации для каждого из этапов работы, определится количество слоев, которое будет отображаться на каждом из рассматриваемых этапов работы.

Следующее действие основного этапа (блок 5) направлено на определение значений показателей качества информационной модели, таких как достаточность (ε_D) и избыточность (ε_{II}) информации ИМО, для каждого слоя на каждом из этапов работы.

Зная количество слоев, отображаемых для каждого из этапов работы, и значение показателей достаточности и избыточности информации каждого слоя, в блоке 6 предложенной методики, происходит определение качества ИМО, формируемой на каждом этапе по формулам:

$$\varepsilon_D = \sum_{i=1}^{K_L} \varepsilon_{Di}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{II} = \sum_{i=1}^{K_L} \varepsilon_{IIi}$$

где ε_D – достаточность информации ИМО;

ε_{II} – избыточность информации ИМО;

i – номер слоя информации ГИС;

K_L – количество слоев, отображаемых на L этапе.

Значение показателя избыточности информации ИМО в блоке 8 методики сравнивается с требуемым значением, которое определено в диапазоне от 1 до 2. Данное требование характерно для каждого из этапов работы командира и определено требованиями руководящих документов по эргономическому обеспечению [2].

Если значение показателя избыточности информационной модели обстановки соответствует требуемому значению для каждого из этапов работы, то блок 9 методики формирует сообщение, что структура информационных массивов ГИС является рациональной и наступает завершающий этап работы методики. В случае если значение показателя избыточности ИМО на любом из этапов работы превышает требуемое, то в блоке 7 на данном этапе с отображения убирается слой информации с минимальным значением показателя достаточности информации ИМО для данного этапа работы.

После этого в блоке 10 проверяется выполнение требований к качеству информационной модели по показателю достаточности информации ИМО с удаленным слоем информации ГИС. Если требование выполнено, то происходит переход к блоку 6 где вычисляется значение показателя избыточности информации с уменьшенным количеством слоев информации для данного этапа работы. Далее бло-

ком 8 проверяется соответствие ИМО требованию по показателю избыточности информации. Если это требование выполняется, то для данного этапа этот слой не отображается, и состав структуры ИМ ГИС является рациональным для этого этапа. Процесс снятия с отображения слоев с минимальным значением показателя достаточности ИМО повторяется до тех пор, пока не выполнится условие по показателю избыточности информации, при этом значение достаточности информации будет соответствовать предъявляемому к нему требованию. В случае если удаление слоя с минимальным значением показателя достаточности информации приведет к тому, что ИМО по данному показателю перестанет соответствовать требуемому значению, то блок 11 предлагаемой методики определяет слой информации ГИС с максимальным значением показателя избыточности информации ИМО для данного этапа работы. В блоке 12 определяется количество избыточных и полезных типов ИО ГИС для данного слоя, рассматриваемого этапа работы. Избыточными ИО ГИС на данном этапе работы считаются те информационные объекты, которые не принадлежат матрице принадлежности ИО ГИС для этого этапа работы, соответственно полезные ИО ГИС – которые находятся в слое информации и используются для принятия решения на данном этапе работы.

Блок 13 предназначен для формирования из рассматриваемого слоя дополнительного количества слоев информации (деление слоя). Для этого используется методика формирования состава и количества слоев информации ГИС, рассмотренная выше. Результатом выполнения данного блока будет являться совокупность дополнительных слоев (слоя) информации в структуре информационных массивов ГИС. После этого действия методики повторяются циклически с учетом измененной структуры информационных массивов ГИС (слои отображаемые на экране для данного этапа работы изменяются).

Заключительный этап

Данный этап методики определяет процесс завершения работы, который заканчивается после того, как требуемые слои информации ГИС выведенные на отображение для каждого из этапов работы, будут формировать информационную модель, которая по показателям качества информационной модели обстановки таким как достаточность и избыточность информации ИМО будет удовлетворять требованиям. Результатом работы выше предложенной усовершенствованной методики является рекомендованная рациональная структура информационных массивов ГИС.

Усовершенствованная методика формирования рациональной структуры информационных массивов ГИС, в отличие от существующего подхода к формированию ИМ для каждого из этапов работы, позволяет формировать ИМО, учитывая слоевую структуру информационных массивов ГИС.

Рациональность структуры информационных массивов ГИС определяется значениями показателей качества ИМО, такими как достаточность и избыточность информации ИМ для каждого из этапов. Значения данных показателей ИМО должны удовлетворять требуемым значениям на каждом из

этапов работы. Результатом работы методики является рациональная структура информационных массивов ГИС, определяемая через количество и состав слоев информации, сформированных применительно к характеру решаемой задачи.

Таким образом, предложенная методика позволяет оптимизировать объем обрабатываемой при выработке решения информации, что сокращает требования к вычислительным ресурсам АСУ и повышает оперативность выработки и принятия решений на применение подчиненных сил и средств.

Литература

1. Меньков А.В., Острейковский В.А. Теоретические основы автоматизированного управления. М.: Оникс, 2005. 640 с.
2. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика.

М.: НИИ школьных технологий, 2008. 160 с.

3. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ, 1998. 376 с.

4. Аэрокосмические системы и геоинформационные технологии для обеспечения действий ВС РФ и систем высокоточного оружия: сб. материалов ВНК ГУ и РАРАН 22-23 ноября 2001 г. М.: в/ч 54023, 2002. 240 с.

5. Легков К.Е., Буренин А.Н. Вопросы управления структурой инфокоммуникационных сетей специального назначения // Информация и космос. 2015. № 3. С. 23-28.

6. Буренин А.Н., Легков К.Е., Левко И.В. Вопросы организации и модели функционирования современных инфокоммуникационных сетей // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 6. С. 70-79.

Для цитирования:

Голин В.Н. Методика формирования рациональной структуры информационных массивов геоинформационной системы // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 31–35.

METHOD OF FORMING RATIONAL STRUCTURE INFORMATION FILES GEOINFORMATION SYSTEMS

Valeriy N. Golin,

Yaroslavl, Russia, Golin.1974@mail.ru

Abstract

Statement of the problem - analysis of the impact of external and internal factors on the management of forces and means and requirements of the modern requirements, allowing to identify the main contradictions in practice between the real capabilities of automated command and control systems requirements to them today. It investigates what a radical way to solve the contradictions of command and control, in particular to automate operational and tactical calculations, which are very limited, is the introduction of automation systems.

Learned automation systems does not cover the entire spectrum of tasks, performed under the simplified algorithms and do not reflect the impact of physical and geographical conditions of the region fighting for the implementation of the combat capabilities of forces and means, and do not use the electronic document management system, provides automated generation, storage of electronic text and graphic combat documents.

It was determined that satellite navigation and geographic information systems (GIS) are underutilized, and geographic information systems software involves the circulation of terrain data channels associated with geographic information systems databases, which displays a digital model environment (CIE) in the form of layers, overlapping, and shows the current situation and combined with elements of the terrain it that exactly match the user's needs. The subject of research are ways of building information models of the situation, the goal - improving the quality of the information model of the situation by forming a rational structure information files geographic information systems perspective automation systems army air defense. When the theoretical research methods used by the expert survey, system analysis, probability theory and mathematical statistics, mathematical modeling. As a result of improved methods of assessing the quality of the information model of the situation formed geographic information system, which allows you to calculate the values of sufficiency and redundancy information model of the situation in view of the layered structure of geographic information systems information files. The proposed solution can be used in the justification of a rational structure of means and systems Exercises room crews, the develop-

ment of image perspective distributed system multiposition radar reconnaissance aircraft of the enemy, as well as in the educational process of army air defense Armed Forces of the Russian Federation during computer command post exercises. Consequently, the use of the developed technique in relation to the development of solutions commander "zrbr" reflection air strikes in the army air defense system, will reduce the time to analyze the information displayed on the workstation and the IMO decision-making.

Keywords: automatic control systems; automation equipment systems; geographic information systems; digital maps; information model of the situation; information object data set.

References

1. Men'kov A.V., Ostreykovskiy V.A. Teoreticheskie osnovy avtomatizirovannogo upravleniya [Theoretical foundations of automated control]. M.: ONIKS, 2005. 290 p. (In Russian).
2. Sergeev S.F. Engineering psychology and ergonomics [Engineering psychology and ergonomics]. Moscow, Nauchno-issledovatel'skiy institut shkol'nykh tekhnologiy, 2008. 160 p. (In Russian).
3. Trahtengerz E.A. Komp'yutornaya podderzhka prinyatiya resheniya [Computer support of decision-making]. Moscow, Sistemnyy Integrator, 1998. 376 p. (In Russian).
4. Aerokosmicheskie sistemy i geoinformatsionnye tekhnologii dlya obespecheniya deystviy VS RF i sistem vysokotochnogo oruzhiya [Aerospace systems and information technology to support the actions of the Armed Forces and precision weapon systems] Sbornik materialov VNK GU i RARAN 22-23 noyabrya 2001 g. [Sb. materials VNK GU and RARAN 22-23 november 2001] Moscow, Military unit 54023, 2002. 240 p. (In Russian).
5. Legkov K.E., Burenin A.N. Questions of management of structure of infokommunikatsionny networks of a special purpose. Information and space. 2015. No. 3. Pp. 23-28. (In Russian).
6. Burenin A.N., Legkov K.E., Levko I.V. Questions of the organization and models of functioning of modern infocommunication networks. H&ES Research. 2015. Vol. 7. No. 6. Pp. 70-79. (In Russian).

Information about authors:

Golin V.N., lecturer of the department of automation and computing means Yaroslavl Higher Military School of Air Defense.

For citation:

Golin V.N. Method of forming rational structure information files geoinformation systems. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 31–35.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ

Грудинин

Игорь Владимирович,

д.в.н., профессор, профессор
кафедры оперативного искусства
и тактики Военно-космической
академии имени А.Ф.Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
giviniv@yandex.ru

Новиков

Владимир Александрович,

д.в.н., профессор, профессор
кафедры оперативного искусства
и тактики Военно-космической
академии имени А.Ф.Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
giviniv@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются методологические проблемы и проблемы повышения эффективности управления боевыми действиями.

По мнению авторов важнейшей методологической проблемой является противоречия, определяющие направления развития и совершенствования процессов управления боевыми действиями. Авторами анализируется проблема терминологического характера, оказывающих влияние на теорию и практику управления боевыми действиями войск

Наличие разных подходов к определению сущности и содержания понятия терминов ведет к неоднозначности их восприятия. Решение проблем методологического характера обеспечит повышение эффективности управления боевыми действиями. Авторы в качестве примера приводят анализ понятия «управление боевыми действиями».

Также авторы детально анализируют проблему оптимального использования боевых возможностей группировок войск противовоздушной обороны, как основную проблему управления боевыми действиями. Наиболее целесообразным подходом решения данной проблемы является проведение анализа процесса управления с точек зрения оценки его оперативности и качества решений.

Авторы предлагают определение оперативности управления боевыми действиями, под которым следует понимать способность системы управления своевременно вырабатывать управляющие воздействия.

Авторы предлагают ввести величину K_p – показатель качества управления на этапе непосредственного огневого противоборства с воздушным противником, так как именно качество решений определяет потенциальную эффективность управления.

Результаты исследований процесса выработки решений позволяют сделать вывод о том, что качество решений определяется подготовкой, психической устойчивостью, физическим состоянием командира, а также величиной временного интервала, которым он располагает для выработки решения. Качество решений зависит от сложности обстановки.

В данной статье авторами предприняты подходы к решению проблем управления боевыми действиями. Сделаны выводы и выявлены противоречия, обуславливающие несоответствие эффективности процесса управления требуемому уровню.

Ключевые слова:

проблемы управления сложными
организационно-техническими системами;
сложные организационно-технические
системы; управление боевыми действиями;
управление войсками; теория управления,
теория и практика управления боевыми
действиями войск.

Проблематика предметной области управления боевыми действиями представлена совокупностью взаимосвязанных проблем научного, методологического, организационного, технического характера, охватывающих вопросы развития теории и потребности практики боевого применения войск.

Наиболее существенными среди них являются методологические проблемы и проблемы повышения эффективности управления боевыми действиями.

Важнейшей методологической проблемой является выявление и анализ возникших (существующих) противоречий, определяющих направления развития и совершенствования процессов управления боевыми действиями.

К основным из них следует отнести:

высокую степень неопределенности данных обстановки в процессе планирования боевых действий;

сложность формализации предметной области планирования боевых действий;

противоречие между усложнившимся характером действий группировок войск при отражении ударов противника и сокращающимися ресурсами времени для выполнения задач управления;

противоречие в направлении все большей специализации в системе управления боевыми действиями и необходимостью интеграции задач управления;

противоречие между необходимостью централизации управления боевыми действиями, преимущества которой доказаны теоретически, и невозможностью ее практической реализации в условиях активного и высокоэффективного радиоэлектронного и огневого противодействия со стороны противника;

противоречие между необходимостью повышения оперативности процессов управления боевыми действиями и достижением требуемого качества принимаемых в процессе планирования и оперативного управления решений.

В настоящее время существенное влияние на теорию и практику управления боевыми действиями войск оказывают проблемы терминологического характера, в частности:

проблема несоответствия классического определения понятия «боевые действия» современному уровню развития форм и способов вооруженной борьбы (в частности, в области информационного противоборства);

проблема определения сущности и содержания понятия «управление боевыми действиями».

На современном этапе развития теории управления боевыми действиями можно выделить четыре основных подхода к определению сущности и содержания понятия «управление боевыми действиями».

1. «Классическое» определение, трактующее управление войсками как целенаправленную деятельность различных органов военного управления по поддержанию постоянной боевой готовности войск, подготовке их к боевым действиям, и руководству ими при выполнении поставленных боевых задач.

Приведенному определению присущи все признаки управления, как процесса социального, реализуемого человеком и направленного на человека. В таком процессе

человек выступает как в качестве объекта, так и в качестве субъекта управления.

2. Определение, трактующее управление боевыми действиями с точки зрения степени заблаговременности выполнения управленческих операций по отношению к их практической реализации. С этой точки зрения управление принято рассматривать как совокупность двух взаимосвязанных процессов: планирования и оперативного управления.

При этом прерогативой планирования являются:

уяснение задачи;

оценка обстановки;

многовариантная разработка замысла;

утверждение замысла у старшего начальника;

согласование замысла действий с замыслами взаимодействующих сил и средств;

согласование замыслов подчиненных;

представление замысла в виде плана предстоящих боевых действий;

формирование боевых документов.

В свою очередь, оперативное управление обеспечивает реализацию таких управленческих функций, как:

оценка текущей обстановки;

вскрытие замысла противника на основе анализа его реальных действий;

оценка степени соответствия текущей обстановки типовой, предусмотренной в реализуемом варианте плана боевых действий;

корректировка задач подчиненных в соответствии с условиями складывающейся обстановки;

краткосрочное прогнозирование дальнейших действий противника и прикрываемых войск;

общая оценка соответствия реализуемого плана условиям текущей обстановки и выводам краткосрочного прогнозирования.

3. Определение, трактующее управление боевыми действиями в виде комплекса двух самостоятельных областей управления: управления войсками и управления оружием.

К области управления войсками при таком подходе относят вопросы планирования боевых действий войск, а к области управления оружием – вопросы управления огнем.

4. Определение, трактующее управление боевыми действиями с позиций специфики приоритетного решения управленческих задач на различных этапах процесса подготовки и ведения боевых действий.

В соответствии с положениями такого подхода принято вычленять в едином процессе управления следующие компоненты:

планирование;

управление боевыми действиями;

управление боевыми действиями в условиях непосредственного огневого противоборства с противником (управления огнем).

При этом к различным областям относят:

к области планирования – разработку плана предстоящих действий, управление процессом разведки, маневра, управление огнем дежурных средств;

к области управления боевыми действиями – управле-

ние перемещением сил и средств, осуществление взаимодействия, управление обеспечением, процессом ведения разведки, огнем дежурных средств, поддержанием систем разведки и огня, процессом восстановления боеспособности, среднесрочное и краткосрочное планирование;

к области управления боевыми действиями в условиях непосредственного огневого противоборства с противником — управление огнем, направленное на поражение противника (прикрытие войск и объектов группировки).

Наличие нескольких специфических подходов к определению сущности и содержания понятия «управление боевыми действиями» объективно ведет к неоднозначности их восприятия при исследованиях, и, следовательно, ошибкам методического характера. Вместе с тем, четкая формулировка сущности и содержания понятия является обязательным и необходимым условием для исследования процессов, оперирующих им [1].

Таким образом, проведение исследований и поиск путей разрешения методологических проблем связаны с:

отсутствием в теории и практике управления боевыми действиями единства взглядов на ряд важнейших терминологических определений и положений;

неоднозначным пониманием законов, закономерностей и принципов управления боевыми действиями;

необходимостью разработки методологии управления с использованием перспективной технической базы, основанной на практической реализации идей искусственного интеллекта;

необходимостью развития методического аппарата исследования системы управления боевыми действиями группировок сил и средств ПВО.

Успешная реализация проблем методологического характера обеспечит возможность создания базы для решения практических проблем, главной из которых, безусловно, является проблема повышения эффективности управления боевыми действиями.

Центральной проблемой управления боевыми действиями группировок войск ПВО является проблема оптимального использования их боевых возможностей. Сущность проблемы заключается в противоречии между уровнем возможностей группировки и способностью командиров (начальников) всех степеней реализовать их в процессе планирования боевых действий и нанесения (отражения) ударов в соответствии с поставленной задачей и сложившейся обстановкой.

Конкретным проявлением данной проблемы в практике противовоздушной обороны служат:

низкие (по сравнению с потенциально возможными) результаты боевых действий сил и средств ПВО;

нерациональное расходование ресурсов группировок войск ПВО;

неоправданные потери средств ПВО;

непреднамеренное поражение своих летательных аппаратов.

Практика ведения боевых действий группировками войск ПВО доказывает важность проблемы оптимального (возможно более полного) использования их боевых возможностей, а анализ хода боевых действий свидетельствует о том,

что одной из главных причин низких результатов выполнения боевой задачи являются недостатки в управлении [3].

Этот вывод подтверждается результатами учений и исследований процесса управления.

В основе указанной причины лежит широкий круг неоптимальных (ошибочных, нерациональных или несвоевременных) действий должностных лиц органов управления и номеров боевых расчетов пунктов управления, которые определяют отличия принятого варианта ведения боевых действий от оптимального.

Для определения путей решения проблемы целесообразно провести ее декомпозицию на множество частных задач. Известен ряд подходов к декомпозиции основной проблемы управления боевыми действиями группировок войск.

Обобщая эти подходы, можно сделать вывод, что наиболее целесообразно провести анализ процесса управления с точек зрения оценки его оперативности и качества решений, составляющих сущность управления.

Оперативность управления, являясь категорией временной, достаточно просто измеряется и позволяет судить о соответствии управляющей системы условиям и возможностям управляемого объекта.

Понятие качества решений является достаточно новым для теории управления боевыми действиями.

По качеству решений можно судить, насколько система способна выработать управляющие воздействия, направленные на достижение цели управления. При этом имеет смысл провести анализ характеристик процесса управления отдельно для двух специфических его составляющих:

управления боевыми действиями на этапе планирования;

управления боевыми действиями на этапе непосредственного противоборства с воздушным противником.

Оперативность в общем смысле выражает способность какой-либо системы выполнять свои функции в течение выделяемого промежутка времени. Следовательно, под оперативностью управления боевыми действиями следует понимать способность системы управления своевременно вырабатывать управляющие воздействия.

В основе проблемы оперативности управления лежат противоречия между располагаемым и требуемым для выполнения задач управления временем, а также между возможностями органа управления по формированию управляющих воздействий и возможностями подчиненных средств по выполнению поставленных боевых задач в конкретно сложившихся условиях обстановки.

Исходя из сущности понятия оперативности управления, для ее количественной оценки могут быть использованы временные и вероятностные показатели.

Исследования показывают, что оперативность управления боевыми действиями на современном этапе развития системы управления является неудовлетворительно низкой. Практически на всех уровнях системы управления производительность органа управления по формированию управляющих воздействий (постановке боевых задач) значительно ниже возможностей объектов управления по реализации своих функций (например, по показателю огневой производительности средств ПВО).

Как правило, функции управления боевыми действиями выполняются в условиях дефицита времени, особенно на этапе оперативного управления. Это приводит к возможности выполнения лишь необходимого минимума механических операций, которые укладываются в располагаемое время, что практически лишает командира возможности решать задачи творческого характера, создает стрессовые условия работы должностных лиц органов управления и номеров боевых расчетов.

Основная часть продуктивного времени в процессе функционирования органа управления затрачивается на:

сбор и обработку информации о масштабе и характере действий противостоящей группировки средств воздушного нападения (СВН), положении, состоянии и действиях подчиненных, взаимодействующих, прикрываемых и обеспечиваемых войск, приведении ее к виду, удобному для восприятия;

приведение принятых по текущим данным обстановки элементов решений к виду, удобному для восприятия;

доведение распорядительной информации до подчиненных.

В результате, значительно снижаются возможности органа управления по обеспечению многовариантности планирования, качество вырабатываемых планов не отвечает требованиям ситуационного управления.

Низкая оперативность управления боевыми действиями на этапе нанесения (отражения) ударов приводит к тому, что часть целей, причем весьма значительная, остается «необработанной» боевыми расчетами пунктов управления, и основная масса огневых средств не получает задачи и вынуждена действовать самостоятельно.

Основные причины низкой оперативности управления заключаются в ограниченных возможностях человека, низком уровне автоматизации управления, громоздкой структуре системы управления, имеющей четыре – пять уровней иерархии, а также в несовершенстве методов управления боевыми действиями группировок сил и средств ПВО.

Анализ тенденций развития средств воздушного нападения и систем их бортового вооружения показывает, что проблема оперативности управления как на этапе долгосрочного планирования, так и на этапе непосредственного огневого противоборства с воздушным противником в дальнейшем будет усугубляться ввиду постоянного совершенствования систем автоматизации управления противника, повышения динамичности действий его активных средств, что объективно обуславливает существенное сокращение располагаемого времени в процессе реализации функций управления [2].

Дефицит времени на выполнение функций управления весьма остро ставит проблему качества принимаемых решений.

Проблема качества решений является одной из наиболее актуальных в теории и практике управления. Вполне очевидно, что далеко не достаточно успеть выработать управленческие воздействия, достичь требуемого уровня оперативности. Эти воздействия должны отвечать сложившейся обстановке, возможностям подчиненных средств, быть правильными, обоснованными и направленными на достижение цели управления. Другими словами, управление должно быть оптимальным или достаточно близким к нему.

В теории управления качество решения трактуется как совокупность его свойств, отражающих степень полезности решения с точки зрения цели управления. Традиционно качество объекта (системы) оценивается по степени его приближения к идеальному объекту (системе) данного рода. Такой подход близок к взглядам на оценку эффективности систем. Существенное различие состоит лишь в том, что при анализе качества решений не учитываются ограничения, накладываемые свойством оперативности.

Сущность проблемы качества решений заключается в противоречии между требованием оптимальной реализации боевых возможностей группировки войск и способностью системы управления сформировать управляющие воздействия, обеспечивающие достижение цели управления. Проблема качества решений военной наукой исследована недостаточно, в ряде случаев она рассматривается только в постановочном плане. В полной мере данные положения относятся к качеству решений, вырабатываемых как на этапе долгосрочного планирования, так и в процессе нанесения (отражения) ударов. Тем не менее, бесспорная значимость проблемы требует более детального ее рассмотрения, поскольку качество решений определяет потенциальную эффективность управления.

Показателем качества управления на этапе непосредственного огневого противоборства с воздушным противником может служить величина K_p , вычисляемая по зависимости

$$K_p = \frac{\mathcal{E}_{y.p}}{\mathcal{E}_{y.opt}}$$

где $\mathcal{E}_{y.p}$ – эффективность управления при реализации рассматриваемого решения;

$\mathcal{E}_{y.opt}$ – эффективность управления при оптимальном (или достаточно близком к нему рациональном) решении.

Наибольшее развитие в теории управления получил аппарат оценки качества решений на ведение огня, которые принимаются в различных формах практически на всех уровнях системы управления. Это объясняется низким уровнем неопределенности используемой информации (решение принимается по конкретным данным текущей обстановки).

Анализ исследований качества решений на ведение огня показывает, что низкий уровень эффективности управления закладывается еще на этапе принятия решений. Истоки такого положения определяются двумя группами факторов:

недостаточным уровнем качества информационного обеспечения управленческой деятельности органов управления; низкими возможностями по обработке информации и формированию рациональных решений.

Проблема качества информационного обеспечения процесса управления является весьма сложной и многогранной. Ее центральным звеном является проблема разведки средств воздушного нападения противника в ходе ведения противовоздушного боя.

Результаты исследований процесса выработки решений позволяют сделать вывод о том, что основная тяжесть работы по формированию управляющих воздействий на соответствующем уровне иерархии ложится на командира

(начальника). Качество решений в значительной степени определяется его подготовкой, психической устойчивостью, физическим состоянием, а также величиной временного интервала, которым он располагает для выработки решения.

Между качеством решений и сложностью обстановки имеется вполне определенная связь. Усложнение условий обстановки приводит к снижению качества решений, вырабатываемых существующими методами. Таким образом, в дальнейшем проблема их качества будет усугубляться, и для ее решения требуются радикальные меры.

Обобщая результаты анализа проблем управления боевыми действиями, можно сделать следующие выводы.

Центральной проблемой управления является проблема оптимального использования боевых возможностей группировок войск ПВО в процессе непосредственного огневого противоборства с противником.

Совершенствование процесса управления позволяет использовать внутренние ресурсы повышения эффективности группировок и достичь при прежних затратах более высоких результатов.

Процесс управления характеризуется рядом противоречий, обуславливающих несоответствие его эффективности требуемому уровню.

Основными из них являются:

противоречие между располагаемым и требуемым временем для решения задач управления (проблема оперативности управления);

противоречие между существующим и требуемым уровнем качества решений, принимаемых в процессе управления (проблема качества решений);

противоречие между возможностями человека (должностных лиц органов управления, номеров боевых расчетов пунктов управления) и требованиями по объему, скорости и качеству обработки информации (проблема автоматизации управления);

противоречие между существующими методами, возможностями технических средств автоматизированного решения задач управления и требованиями практики (проблема развития методической и материальной базы управления).

Литература

1. Заяц В.А. Эволюция концепций строительства и боевого применения ВВС США // Зарубежное военное обозрение. 2002. № 1. С. 22–30.
2. Светлишин Н.А. Войска ПВО страны в Великой Отечественной войне. М.: Наука, 1979. 296 с.
3. Бабич В.К. Авиация в локальных войнах. М.: Воениздат, 1988. 207 с.

Для цитирования:

Грудинин И.В., Новиков В.А. Проблемы управления сложными организационно-техническими системами и направления их решения // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 36–41.



THE PROBLEMS OF CONTROL OF SIMPLEX ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS AND THEIR SOLUTIONS

Igor V. Grudinin,

St. Petersburg, Russia, giviniv@yandex.ru

Vladimir A. Novikov,

St. Petersburg, Russia, giviniv@yandex.ru

Abstract

In the article discusses the methodological problems and the problem improve the efficiency of management of fighting.

In the opinion of the authors of the most important methodological problem is the contradictions that determine the direction of development and improve the management processes fighting. The authors analyzed the problem terminological the nature of affecting the theory and management practices fighting troops.

The presence of different approaches to the definition of the essence and the content of the concept of the terms leads to the ambiguity of their perception. Troubleshooting methodological will provide more efficient management of fighting. The authors as an example result in the analysis of the concept of "management of fighting". Also the authors in detail analyze the problem of the optimal use of combat capabilities groups of troops air defense, as the main problem management of fighting. The most appropriate approach the solution of the problem is the analysis of the process control points of view assessment of its efficiency and quality of solutions.

The authors offer the definition of efficiency of management of fighting under which should be understood the ability to control system in a timely manner to produce the control the impact.

The authors offer to enter the value of K_p – quality control at the stage of direct fire confrontation with air- the enemy, as it is the quality of

solutions determines the potential management efficiency.

Research results of the process development of solutions allow to conclude that the quality solutions is determined by the preparation, mental stability, physical state of the commander, as well as the value of time interval, which he has to generate solutions. The quality of solutions depends on the complexity of the situation.

This article authors made approaches to the problem solving the control fighting. Conclusions and identified the contradictions, conditional on the discrepancy the effectiveness of management process required level.

Keywords: information support; principles of information support; difficult organizational and technical systems; management of difficult organizational and technical systems; fire control of anti-aircraft means of groups of troops of anti-aircraft defense.

References

1. Zayc V.A. Evolutsiy kontseptcii stroitelstva i boevogo primeneniia BBC USA // Zarubezhnoe voennoe obozrenie. 2002. No. 1. Pp. 22–30. (In Russian).
2. Svetlishin, N.A. Voiska PVO strany v Velikoi Otechestvennoi voine [Armies of air defense of the country in the Great Patriotic War]. Moscow, Nauka, 1979. 296 p. (In Russian).
3. Babich V.K. Aviatciiia v lokalnykh voynakh [Aircraft in local wars]. Moscow, Voenizdat, 1988. 207 p. (In Russian).

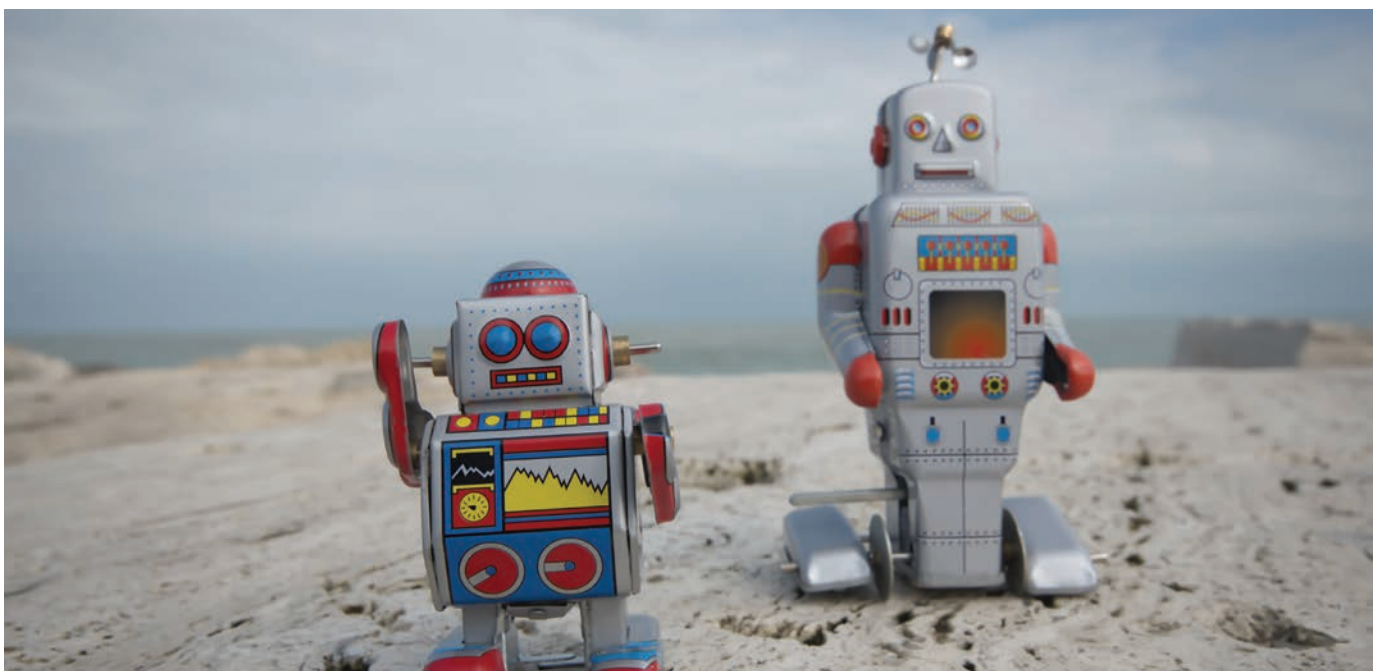
Information about authors:

Grudinin I.V., Ph.D., professor, professor of chair, Military Space Academy;

Novikov V.A., Ph.D., professor, professor of chair, Military Space Academy

For citation:

Grudinin I.V., Novikov V.A. The problems of control of simplex organizational and technical systems and their solutions. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 36–41.



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГРАММНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ревин

Сергей Алексеевич,

к.т.н., доцент, профессор Академии военных наук, старший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Минобороны Российской Федерации, г. Щелково, Россия, RevinSr@yandex.ru

Ключевые слова:

программное планирование; автоматизированная система, эффективность автоматизированной системы; структура автоматизированной системы; траектория развития автоматизированной системы.

АННОТАЦИЯ

Качественные изменения, происходящие в сфере автоматизации управления, вызванные применением новых инфокоммуникационных технологий, проникновением автоматизации в элементы, ранее не относящиеся к автоматизированным системам, привели к тому, что возможности экспертной оценки программ развития сложных автоматизированных систем военного назначения уже не соответствуют возникшим синергетическим эффектам. Это привело к формированию новой, относительно самостоятельной, области научных исследований как результат преодоления диалектического противоречия между достигнутым масштабом и уровнем развития автоматизированных систем военного назначения и устаревшим способом управления их созданием. Объектом научных исследования являются автоматизированные системы военного назначения, представляемые как организационно-технический комплекс сил и средств, взаимоувязанный с точки зрения технического, математического, программного, информационного, лингвистического и других видов обеспечения. На начальном этапе формирования рассматриваемой области научных исследований, предлагается рассмотреть три предмета исследования: структуру автоматизированных систем военного назначения, эффективность применения управляемых сил и средств, определяемая с учетом характеристик автоматизированных систем военного назначения, и траекторию развития автоматизированных систем военного назначения во времени. Вербальная постановка задачи определения структуры автоматизированных систем военного назначения формулируется следующим образом: для заданного алгоритма преобразования (обработки) информации в процессе управления необходимо определить вариант построения автоматизированных систем военного назначения, соответствующий современным возможностям обработки (передачи) информации и позволяющий реализовать процессы управления с учетом обеспечения требований к системе. В основу решения задачи положен компромисс между требованием обеспечения устойчивости управления и минимизацией суммарных информационных потоков в системе. При оценке эффективности автоматизированных систем военного назначения, объект исследования представляется точкой в фазовом пространстве его характеристик, которая в последующем проецируется в критериальное пространство, отражающее влияние системы управления на эффективность применения управляемых сил и средств. Задача обоснования стратегии создания (развития) автоматизированных систем военного назначения состоит в выборе такой траектории движения системы в фазовом пространстве её состояний, которая соответствует экстремальному значению функции определяющей эффективность применения управляемых сил и средств. При этом траекторию движения системы в фазовом пространстве можно представить как вариант Государственной программы вооружения, реализующийся как последовательность согласованных Государственных оборонных заказов.

Возрастание масштабов автоматизации управления войсковыми формированиями и оружием как по номенклатуре разрабатываемых комплексов средств автоматизации (КСА), так и глубине проникновения автоматизации в процессы управления привели к необходимости использования согласованных методов, моделей и методик программного планирования создания (развития) автоматизированных систем военного назначения (АС ВН). В настоящее время разработано значительное количество методик, решающих спектр задач от обоснования необходимости автоматизации до определения целесообразности модернизации комплексов средств автоматизации, находящихся в эксплуатации. Данные методики использовались также и при решении частных задач программного планирования создания (развития) АС ВН. Но с возрастанием масштабов автоматизации применение частных методик, в целом не согласованных по критериям, методам и исходным данным, приводило к получению неадекватных результатов. В результате это привело к отказу от их совместного применения и переходу к экспертной оценке. В то же время, качественные изменения, происходящие в сфере автоматизации управления, вызванные применением новых инфокоммуникационных технологий, проникновением автоматизации до элементов, ранее не относящихся к АС ВН, объединение различных автоматизированных систем привели к тому, что возможности экспертной оценки программ развития АС ВН уже не соответствуют возникшим синергетическим эффектам. Следует констатировать, что фактически в настоящее время формируется новая, относительно самостоятельная, область научных исследований как результат преодоления диалектического противоречия между достигнутыми масштабами и уровнем развития АС ВН и устаревшими способами управления их созданием.

Исходя из этого сформулирована и решена следующая научная проблема: повышение качества программного планирования создания (развития) АС ВН и уровня обоснования предложений в Государственную программу вооружения (ГПВ) на основе обоснования структуры АС ВН и определения оптимальной траектории их развития во времени.

Объектом исследования являются автоматизированные системы военного назначения, представляемые как организационно-технический комплекс сил и средств, взаимоувязанный с точки зрения технического, математического, программного, информационного, лингвистического и других видов обеспечения.

Комплексное рассмотрение АС ВН, находящихся на различных этапах жизненного цикла, требует руководствоваться некоторой топологической моделью объекта исследования, позволяющей системно увязать решения частных задач. В настоящее время, при рассмотрении АС ВН, общепризнанным является представление систем согласно ГОСТ 34.003-90, с выделением различных видов обеспечения (лингвистического, информационного, математического, программного, технического и т.д.), реже используется эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99.

Представление АС ВН, согласно положениям ГОСТ

34.003-90, существенно важно при проектировании составных частей систем, но имеет ряд недостатков при программном планировании создания (развития) систем, к основным из которых следует отнести:

отсутствие целевой направленности создания и функционирования АС ВН;

отсутствие возможности иерархической увязки различных видов обеспечения АС ВН;

отсутствие механизма обоснования и изменения структуры АС ВН исходя из возможностей обработки информации, в том числе распределенной обработки.

Эталонная модель взаимодействия открытых систем разрабатывалась в интересах проектирования, прежде всего, систем связи и оправдывает свое назначение, но при исследовании АС ВН имеет ограниченное применение в силу обобщенного характера описания процессов управления [4].

С целью нивелирования указанных недостатков, предлагается альтернативное девятиуровневое структурирование объекта исследования с группированием на трех слоях: информационном, системном и физическом [1]. Данное представление АС ВН и результат сопоставления предлагаемой декомпозиции АС ВН с положениями ГОСТ 34.003-90 и ЭМВОС представлен в табл. 1. Автор не претендует на законченный характер топологического представления АС ВН. Данный вопрос достаточно сложен и требует широкого обсуждения, но в данных исследованиях именно такое представление позволило разработать основы программного планирования создания АС ВН с единых концептуальных позиций [5].

Сложный характер объекта исследования предполагает предметную область представить тремя относительно независимыми сегментами. Каждый из сегментов характеризуется своим предметом исследования, которыми соответственно являются: структура АС ВН, эффективность применения управляемых сил и средств, определяемая с учетом характеристик системы управления, и траектория развития АС ВН по этапам программного периода.

В первом сегменте исследуется структура объекта исследования, и разрабатываются теоретические основы обеспечения её рациональности. Примем, что процессы управления могут быть реализованы различными вариантами построения АС ВН. Тогда вербальная постановка задачи определения структуры АС ВН формулируется следующим образом: для заданного алгоритма преобразования (обработки) информации в процессе управления необходимо определить такой вариант построения АС ВН, назовем его рациональным, который будет соответствовать современным возможностям обработки (передачи) информации и позволит реализовать процессы управления с учетом обеспечения требований к системе. В основу обеспечения рациональности структуры АС ВН положен компромисс между требованием обеспечения устойчивости управления и принципом минимизации суммарных информационных потоков в системе, что повышает оперативность управления, снижает нагрузку на каналы и сети связи, а также способствует снижению суммарных затрат на её разработку. На основе данного принципа разработан метод синтеза информационных структур, в основу которого положено

Топологическая декомпозиция АС ВН

Слой	№ п/п	Уровень	Описание уровня	Виды обеспечения АСУВ (ГОСТ 34.003-90)	Уровень ЭМВОС
Информационный	1	Операционный (процессный)	Взаимосвязанная совокупность операций по преобразованию информации в интересах обеспечения применения сил (средств)	Информационное, математическое	Прикладной
	2	Информационно-лингвистический	Классификаторы, взаимосвязанная совокупность баз данных и их связи с источниками и потребителями информации с учетом организации хранения и доступа к информации	Информационное, лингвистическое	Представительный
	3	Программный	Совокупность алгоритмов преобразования информации, выраженная в программном виде	Программное	
Системный	4	Функциональный	Взаимосвязанная совокупность должностных лиц	Организационное, правовое, методическое	
	5	Организационный	Система пунктов обработки информации, должностные лица, распределенные по пунктам обработки информации		
	6	Технический	Взаимосвязанная совокупность комплексов средств автоматизации	Техническое, эргономическое	Сеансовый
	7	Транспортный	Совокупность каналов и сетей связи между пунктами обработки информации		Сеансовый, транспортный, сетевой
Физический	8	Материальный (ресурсный)	Совокупность материальных средств, необходимых для выполнения войсковыми формированиями задач по предназначению		Канальный, физический
	9	Целевой	Совокупность средств поражения (воздействия на противника), в процессе выполнении задач по предназначению		

графоаналитическое представление процессов преобразования информации (информационных потоков) [2]. Фактически данный метод является расширением методологии структурного анализа и проектирования SADT (IDEF0). В графическом представлении система IDEF0-моделей – это иерархически организованная совокупность диаграмм, состоящих из блоков, соединенных дугами, где верхняя диаграмма является наиболее общей, а нижние диаграммы являются детализацией предыдущих.

Во втором сегменте АС ВН представляется точкой в фазовом пространстве её характеристик, которая в последующем проецируется в критериальное пространство, отражающее влияние системы на эффективность применение управляемых сил и средств. В основу исследования положен следующий принцип: развитие обеспечивающих

систем, к которым в данном контексте относится и АС ВН, определяется требованием максимальной реализации эффективности применения войсковых формирований и оружия (ВФиО) [3]. Многообразие КСА, разрабатываемых в интересах обеспечения применения сил и средств, представляет определенную трудность при проведении сравнительного военно-экономического анализа. Особенно это относится к КСА, обеспечивающим решение задач различного физического содержания. Например, при обосновании предложений в Государственную программу вооружения представляет сложность сравнить вклад в приращение боевых возможностей авиации КСА пункта сбора и обработки данных воздушной разведки и КСА группы боевого управления, разворачиваемой при КП мотострелкового подразделения. Но данные средства принадлежат

одному разделу ГПВ и в рамках бюджетных ограничений могут рассматриваться как альтернативные решения при распределении ассигнований на разработку и серийные поставки (СП). Выходом из этой ситуации является оценка эффективности автоматизации управления в показателях эффективности надсистемы. Анализ показал, что целесообразно выделить три уровня оценки:

- оценка элемента АС ВН;
- оценка составных частей (подсистем) АС ВН (функциональная эффективность);
- оценка АС ВН как элемента надсистемы (интегральная эффективность).

Методический аппарат оценки эффективности АС ВН должен обеспечить решение следующих задач:

- выявление «узких мест» в процессе функционирования системы управления и обоснование необходимости разработки автоматизированных подсистем и комплексов управления;
 - обоснование рациональной структуры АС ВН;
 - предъявление тактико-технических требований к системе в целом и её подсистемам (элементам);
 - программное планирование развития АС ВН;
 - принятие решение о целесообразности модернизации КСА.
- В третьем сегменте АС ВН рассматривается как сложная многофункциональная территориально-распределенная

организационно-техническая система, требующая обоснования траектории изменения структуры и состава АС ВН во времени. Задача обоснования стратегии создания (развития) АС ВН состоит в выборе такой траектории движения системы в фазовом пространстве её состояний, которая соответствует экстремальному значению функции, определяющей эффективность применения управляемых сил и средств. При этом траекторию движения системы в фазовом пространстве её состояний можно представить как вариант Государственной программы вооружения, реализующийся как последовательность согласованных Государственных оборонных заказов. По сути, речь идет о количественно-качественной оптимизации состава АС ВН по этапам жизненного цикла. Основной принцип исследования – скользящее планирование – предполагает учитывать как предысторию процесса создания системы, так и изменение условий её разработки и эксплуатации. При этом задача обоснования траектории изменения структуры и состава АС ВН ставится как задача оптимального управления.

В основу программного планирования создания АС ВН предлагается положить научно-методический аппарат, структура которого соответствует рассмотренному представлению предметной области и представлена на рис. 2.

Апробация научно-методического аппарата проведена

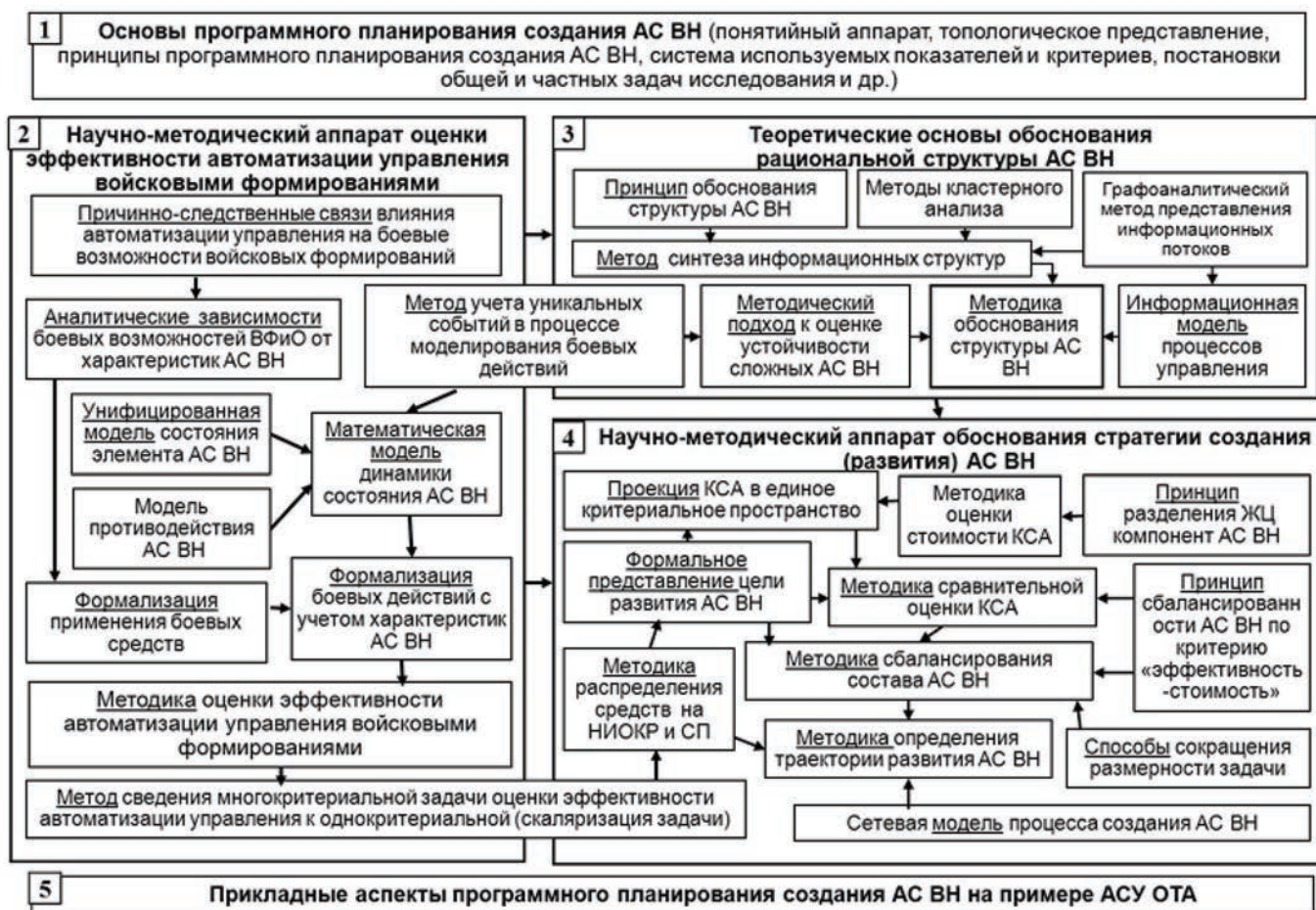


Рис. 1. Структура научно-методического аппарата программного планирования создания (развития) АС ВС

на примере АСУ оперативно-тактической авиации. Исследования проводились на основе комбинаторного и логического анализа, структурно-функциональной декомпозиции объекта исследования, были использованы методы кластерного анализа и исследования операций (в частности метод динамики средних, аналитический аппарат теории массового обслуживания, методы теории игр), сетевое планирование, многокритериальная оптимизация, оптимальное управление, математическое моделирование, а также современные средства компьютерного моделирования, включая имитационное моделирование.

В качестве инструмента создания моделей и их прототипов использовались модули «Поиск решения» и «Анализ данных» MS Excel 2007, пакеты AnyLogic 6.4 Professional, MathCAD 7, среда объектно-ориентированного программирования Delphi 7. При разработке теоретических положений обоснования структуры АС ВН использовались онтологический подход к представлению знаний и методология структурного анализа и проектирования SADT (IDEF0).

Литература

1. Ревин С.А. Топологическое представление автоматизированных систем управления войсками // Вестник Академии военных наук. 2014. № 2 (47). С. 53–56.
2. Ревин С.А., Сарычев А.П. Теоретические положения обоснования структуры автоматизированных систем управления специального назначения // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2014. Т. 6. № 3. С. 38–43.
3. Фунтиков А.Г. и др. Основы теории вооружения / Под ред. А.Г. Фунтикова. М.: Воениздат. 1993. 456 с.
4. Легков К.Е. Основные теоретические и прикладные проблемы технической основы системы управления специального назначения и основные направления создания инфокоммуникационной системы специального назначения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 7. № 6. С. 42.
5. Смирнов Б.П., Зверев А.Б., Легков К.Е. К вопросу о создании информационного пространства автоматизированных систем специального назначения // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 53–57.

Для цитирования:

Ревин С. А. Научно-методические аспекты программного планирования создания автоматизированных систем военного назначения // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 42–46.

SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL ASPECTS OF PROGRAM PLANNING OF THE CREATION OF AUTOMATED MILITARY SYSTEMS

Sergey A. Revin,

Shelkovo, Russia, RevinSr@yandex.ru

Abstract

Qualitative changes occurring in the field of automation control, caused by the use of new information and communication technologies, by the penetration of automation to elements, that were not previously associated with automated systems, have led to the fact that opportunities of expert evaluation of development programs for complex automated military systems (AMS) already do not correspond to a synergistic effects arising. This led to the shaping of new, relatively independent field of scientific research, how a result of overcoming the dialectical contradiction between the achieved scale and the level of development of automated military systems and outdated way of controlling with their creation. The object of scientific research is automated military systems submitted as organizational and technical complex of forces and means, interrelated with the point of view of technical, mathematical, software, information, linguistic and other types of ensure. At the initial stage of shaping of the considered area of scientific research, it is proposed to consider three subjects of study: the structure of the automated military systems, the efficiency of the application managed force and means, defined with due account to characteristics of the automated military systems, and the trajectory of development of the automated military systems in time.

Verbal formulation of the problem of determining the structure of the automated military systems is formulated as follows: for a given transformation algorithm (processing) of information in the management process necessary to the variant to determine of constructing of automated military systems, appropriate with current modern capabilities processing (transmission) of information and allowing to realize the management processes with due account of the ensure to requirements to system. To the basis of solving the task puted the compromise between the ensure of requirement of sustainability management and the minimization of the total information flow in the system.

When assessing the effectiveness of the automated military systems, the object of

study is represented by a point in phase space of its characteristics, which in subsequent is projected into the criterial space, reflecting the impact of management systems on the efficiency of the application managed force and means. Herewith possible the trajectory of movement of the system in phase space to be represented as a variant of the Government program of armament, which is realized as a sequence of agreed Government programs of armament.

Keywords: program planning; automated systems; the efficiency of automated systems; the structure of automated systems; the trajectory of development of automated systems.

References

1. Revin S.A. Topological representation of automated command and control systems by troops. Vestnik Akademii voennykh nauk. 2014. No. 2 (47). Pp. 53–56. (In Russian).
2. Revin S.A., Sarychev A.P. The theoretical framework of the study structure of automated control system of special designation. H&ES Research. 2014. Vol. 6. No. 3. Pp. 52–55. (In Russian).
3. Funtikov A.G. Osnovy teorii vooruzheniya [Fundamentals of the theory of arms]. Moscow, Voenizdat. 1993. 456 p. (In Russian).
4. Legkov K.E. Main theoretical and applied problems of a technical basis of a control system of a special purpose and main directions of creation of infokommunikatsionny system of a special purpose. T-Comm. 2015. Vol. 7. No. 6. 42 p. (In Russian).
5. Smirnov B.P., Zverev A.B., Legkov K.E. K voprosy o sozdaniy informatsionnogo prostranstva avtomatizirovannykh spetsial'nogo naznacheniya [To a question of creation of information space of the automated systems of a special purpose]. Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tekhnicheskogo universiteta svyazi i informatiki [Works of the North Caucasian branch of the Moscow technical university of communication and informatics]. 2014. No. 1. Pp. 53–57. (In Russian).

Information about authors:

Revin S.A., Ph.D., associate professor, senior researcher Central research institute of Air forces of Department of defense of Russian Federation.

For citation:

Revin S.A. Scientific-methodical aspects of program planning of the creation of automated military systems. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 42–46.

МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ГАММА-3

Степанов

Михаил Федорович,

д.т.н., профессор Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина,
г. Саратов, Россия,
mfstepanov@mail.ru

Степанов

Андрей Михайлович,

к.т.н., с.н.с. Института проблем точной механики и управления Российской академии наук,
г. Саратов, Россия,
ripkilobyte@gmail.com

Михайлова

Любовь Сергеевна,

к.т.н., доцент Электростальского политехнического института Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ),
г. Электросталь, Россия
lsmixx@rambler.ru

Салихова

Альмира Равилевна,

студентка Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина
г. Саратов, Россия

Ключевые слова:

автоматизация решения задач; системы автоматического управления; пакет программ; нейроуправление; интерактивные проектные операции.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена автоматизации решения задач проектирования и исследования систем автоматического управления. Цель статьи: повышение эффективности решения наиболее распространенных классов задач. В проектировании систем автоматического управления выделяются два класса задач: типовые (стандартные) и нетиповые. Для типовых задач имеются готовые процедуры. Нетиповые задачи возникают в более сложных случаях, как правило, могут быть сведены к совокупности более простых (типовых) подзадач. Такое редуцирование задач в непроцедурной постановке могут выполнять некоторые системы автоматизации, относимые к категории интеллектуальных. В развитых системах автоматизации количество типовых задач становится столь велико, что инженеру уже трудно подобрать подходящую процедуру. Использование интеллектуальных средств позволяет сделать этот выбор автоматически. Типовые процедуры для эффективной работы требуют настройки различных параметров, которую среды автоматизации не могут осуществить. Как следствие, возникает актуальная задача: повышение эффективности решения типовых задач в интеллектуальных системах автоматизации. Предлагаемый в работе подход базируется на использовании неформализованных знаний инженеров-проектировщиков. Реализация подхода основана на создании интерактивных проектных процедур. Это позволяет специалисту оперативно осуществить настройку ключевых параметров процедур, что повышает их эффективность. Система ГАММА-3 обладает возможностями решать задачи, как в процедурной, так и в непроцедурной (декларативной) постановке. Предлагаемый подход иллюстрируется примером создания пакета программ в составе системы ГАММА-3 для автоматизации решения задач нейроуправления. Предложены три варианта представления процедур решения задач, используя средства пакета: совокупность команд языка ГАММА (программа на языке ГАММА), исполняемых в пакетном режиме; программа на языке ГАММА, использующая интерактивные операции; укрупненная интерактивная операция, реализующая процедуру решения задачи в целом. Показана целесообразность интерактивных реализаций проектных операций для процедур с недостаточно высоким уровнем формализации, что приводит к необходимости постоянного участия специалиста-проектировщика. Приведен пример решения задачи построения нейроэмулятора объекта управления.

Постановка задачи

В процессе развития теории автоматического управления, как и любой проблемной области, для всё более широких классов задач разрабатываются процедуры их решения. М. Минский [1] к интеллектуальным отнес новые задачи, для которых неизвестны план (программа, порядок, процедура) их решения, т.е. непроцедурно (декларативно) поставленные. Процесс их решения требует формализации знаний проблемной области и методов планирования действий, что относится к области исследований, называемой «искусственный интеллект», или, как её стали в последнее время называть «вычислительный интеллект». Решение новых задач не всегда может привести к успеху. Это обусловлено рядом факторов. Так поставленная задача может выходить за рамки класса задач, охватываемого моделью проблемной области, внесенной в базу знаний системы автоматизации решения задач. С другой стороны, используемый формализм планирования действий может не обеспечивать решение задач с подобной структурой. Например, может не предусматриваться учет требований к результату решения задачи. Либо в качестве искомого результата не допускается более одного объекта. В таких случаях поставленная задача не будет решена, даже процедура решения задачи в принципе существует. Для типовых задач (с известным для системы автоматизации планом решения задачи) дело обстоит иначе [7]. Процедура решения задачи известна, апробирована, сферы её применения определены. Как следствие, решение задачи гарантируется при определенных условиях, которые заранее известны. Также к типовым уже относятся и задачи нейроуправления. Однако до сих пор нейроуправление не получило должного распространения, несмотря на наличие многочисленных нейропакетов, призванных автоматизировать построение искусственной нейронной сети. Секрет кроется в подходе к построению средств поддержки разработки систем с использованием ИНС. Как следствие, актуальна

Задача. Разработка принципов и методологии построения средств автоматизированного решения задач нейроуправления.

Принципы построения средств разработки и исследования САУ

Обобщим известные в области автоматизации (поддержки разработки и исследования) систем автоматического управления (САУ) принципы построения средств проектирования и исследования САУ [2], [3]:

1. *Открытость* к расширениям;
2. *Классификация пользователей:* (Пользователи-разработчики САУ, Разработчики пакетов расширения, Исследователи-эксперты);
3. *Интерактивный режим работы* для каждой категории пользователей с возможностью организации коллективной работы;
4. *Гибкость* архитектуры и критериев эффективности разрабатываемых систем управления;
5. *Средства* моделирования и исследования САУ в целом и их компонентов по отдельности, как традиционных, так и интеллектуальных с учетом вариации параметров объекта управления, внешней среды, цели управления и т.д.;

6. *Интерактивный режим* работы слабоформализованных операций построения и исследования компонентов САУ;

7. *Виртуализация* средств проектирования.

Обобщенная системная структура средств информационной поддержки решения задач проектирования и исследования систем управления

$$S = \langle F, A, G, R, T, D, O \rangle \quad (1)$$

где $F = \{f_i\}$, $n_f = \dim(F)$ – набор функциональных компонентов, $A = \{a_i\}$, $\dim(A) = n_A$ – набор алгоритмов их функционирования;

$$G = \left\{ \langle f_i, f_j, r_{ij}(f_i, f_j) \rangle \mid f_i \in F, f_j \in F, r_{ij}(f_i, f_j) = \begin{cases} r_k \in R \\ 0 \end{cases} \right\},$$

$r_k \in R$, $k = \overline{1, n_R} = \dim(R)$, $i = \overline{1, n_f}$, $j = \overline{1, n_f}$ – схема (граф) взаимосвязей компонентов системы;

$T = \{t \mid t = \langle t_s, t_R, t_D \rangle, t_s = \text{Source}(t) \in D, t_R = \text{Result}(t) \in D, t_D = \text{Demand}(t) \in \{\cup p \otimes q \mid p, q \in P, \otimes = \{\wedge, \vee, \neg\} - \text{множество задач, где } t_s - \text{исходные данные,}$

t_R – искомые результаты,

t_D – требования к искомым результатам решения задачи t ;

$D = \{d_i\}$ – множество видов информационных структур данных, используемых в решаемых задачах;

$P = \{p_i \mid p_i = p_i(D_1, D_2), D_1 \subset D, D_2 \subset D - \text{множество отношений, используемых в постановках решаемых задач;}$

$O = \{o_i\}$, – множество действий (операций), используемых при решении задач.

Однако конкретная реализация рассмотренных принципов в различных средствах автоматизации осуществляется по-разному.

Рассмотрим это на примере решения задач управления с использованием методов теории искусственных нейронных сетей (ИНС).

Сферы применения ИНС, как вычислительных моделей непрерывно расширяется. Известны и продолжают развиваться методики решения задач в нейросетевом формализме, например [4]. Однако, несмотря на их разнообразие, решение конкретных задач часто вызывает затруднения. Это обусловлено не только трудностями определения значений многочисленных параметров, но и проблемой выбора типа и структуры искусственной нейронной сети (ИНС). Направление исследований, связанное с применением методов искусственных нейронных сетей в задачах управления получило название «нейроуправление» [5]. Оно унаследовало все проблемы разработки ИНС и при решении конкретной задачи управления. Следование известным методикам решения задач в нейросетевом базисе при исходном выборе структуры сети и алгоритма определения её параметров (обучения) может не обеспечить достижение желаемых результатов. В результате процесс решения задачи становится итерационным, а достижение результата зависит ещё и от квалификации проектировщика, его способности подобрать как структуру ИНС, так и наиболее адекватный в конкретном случае алгоритм её обучения.

Системы автоматизации решения задач призваны, не только освободить пользователя от выполнения рутинных действий, но и помочь в трудных случаях выбора вариантов

продолжения решения задачи.

В области нейрорупления разработан целый ряд структур ИНС, реализующих известные принципы управления. В частности, например, [5]:

- последовательная схема нейронного управления;
- параллельная схема нейронного управления;
- нелинейный алгоритм наблюдения для ИНС;
- нелинейный контроллер для ИНС;
- и т.д.

Тем не менее, проектировщик системы управления должен сам определить конкретные параметры структуры ИНС, к которым относятся:

- тип ИНС,
- количество слоёв ИНС,
- количество искусственных нейронов в каждом слое,
- вид активационной функции искусственных нейронов в каждом слое;
- начальные значения весовых коэффициентов синаптических связей искусственных нейронов в каждом слое
- и т.д.

Далее, также проектировщик должен определить алгоритм и параметры алгоритма обучения (процедуры подбора параметров весовых коэффициентов синаптических связей искусственных нейронов) ИНС.

Настройки «по умолчанию» не всегда оказываются приемлемыми, т.е. могут не обеспечивать достижение желаемого результата нейронного управления – обеспечение желаемых инженерных показателей точности и качества управления заданным объектом.

Методология решения задач нейрорупления

Процесс построения искусственной нейронной сети, осуществляющей решение заданной конкретной задачи нейрорупления обычно осуществляется в виде итерационной процедуры, предусматривающей часто многократное повторение следующих этапов:

- геометрической постановки задачи (выбор архитектуры сети),

- нейросетевой постановки задачи (определение исходных данных и обучение сети),

- тестирования до достижения желаемого значения заданного функционала качества.

Как следствие, решение задач нейронного управления скорее является искусством, а не привычной инженерной практикой. В целях поддержки принятия решений и создания комфортной среды для проектировщика систем управления в системах автоматизации решения задач создаются пакеты программ, предоставляющие возможности в пакетном или в интерактивном режиме автоматизированное построение ИНС. Однако, как правило, интерактивная версия соответствующих операций, фактически, представляет собой интерактивные формы задания исходных данных и визуализации результатов. При этом решение задачи осуществляется с использованием функций, реализующих операции пакетного варианта реализации. Как следствие, если допускается визуализация промежуточных результатов, проектировщик имеет возможность лишь прервать процесс, а затем, задав, новые исходные данные заново начать решение задачи. Итерационный процесс может занять достаточно длительное время.

Итерационные процессы решения задач пока проще задать процедурно, чем породить с помощью машины вывода. Поэтому, в дополнение к возможностям решения декларативно поставленных задач, в системе ГАММА-3 [6] для типовых задач (задач с известным планом решения) используются записи процедур их решения на языке ГАММА. Его синтаксис близок к входному языку пакета МАТЛАБ.

В системе ГАММА-3 в дополнение к описанным способам автоматизации решения задач нейронного управления предоставляются возможности оперативной корректировки параметров в ходе решения задачи, сохраняя историю процесса, что может сократить общее время решения задачи.

Укрупнённая структурная схема распределённой системы автоматического решения задач ГАММА-3 приведена на рис. 1.

В развитие известной [4] методики решения задач в нейросетевом логическом базисе предлагается:

- в рамках этапа геометрической постановки задачи в

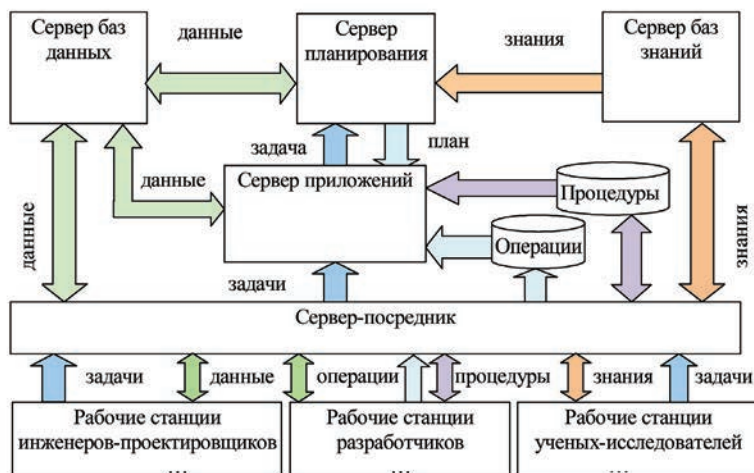


Рис. 1. Укрупнённая структурная схема распределённой системы автоматического решения задач ГАММА-3

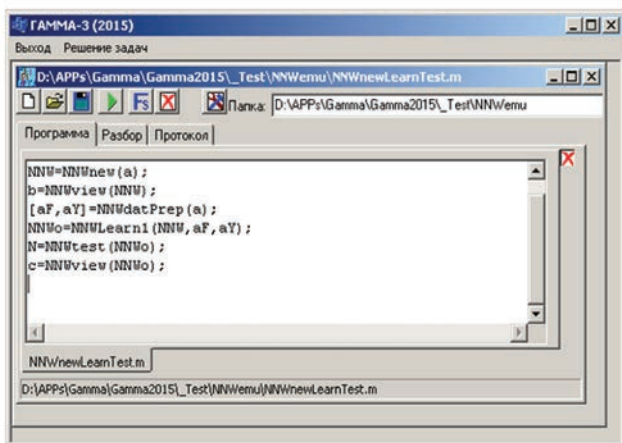


Рис. 2. Программа на языке ГАММА для построения ИНС

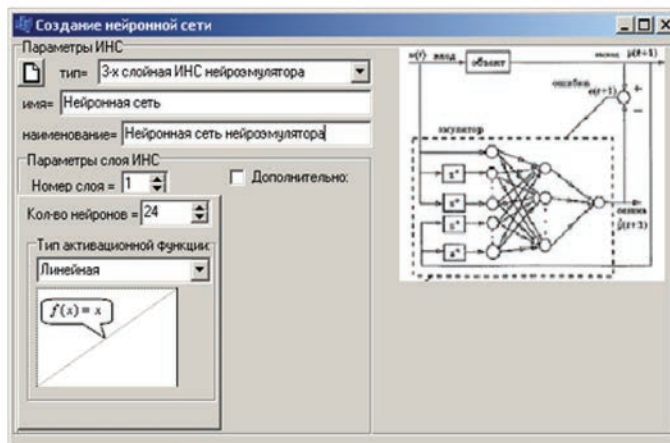


Рис. 3. Задание структурных параметров создаваемой ИНС

целях сокращения шагов итерационного подбора конфигурации ИНС учитывать априорную информацию о характере свободной и желаемой динамики объекта управления, что может помочь при определении используемой глубины истории (задержанных данных) поведения объекта и управляющих воздействий, а, следовательно, количества нейронов во входном слое ИНС.

• в рамках этапа нейросетевой постановки задачи иметь возможность оперативно (в том числе и в ходе обучения ИНС) корректировать не только исходные данные для обучения (входные и целевые наборы), но и параметры алгоритмов обучения и архитектуру создаваемой ИНС.

В связи с этим в системе ГАММА-3, в дополнение к соответствующим командам на языке ГАММА (реализуют отдельные этапы построения нейроконтроллера) разработаны также их интерактивные аналоги, позволяющие более гибко настраивать параметры создаваемой искусственной нейронной сети, а также проводить её исследование.

В системе ГАММА-3 реализованы в виде пакета команд языка ГАММА следующие этапы методики решения задач нейруправления:

1. Разработка ИНС (например, нейроэмулятора сложного объекта).
2. Разработка ИНС для идентификации параметров объекта управления.
3. Разработка структуры ИНС, например, нейроконтроллера.
4. Настройка параметров ИНС (обучение).
5. Тестирование ИНС.

Основной состав рассматриваемого пакета:

1. Создание ИНС (операция NNWnew);
2. Визуализация параметров ИНС (операция NNWview);
3. Загрузка и предварительная подготовка исходных данных для обучения ИНС (операция NNWdatPrep);
4. Обучение ИНС классическим методом обратного распространения ошибки (операция NNWLearn1), известными и модифицированными методами для ускорения сходимости и повышения точности (с учетом истории процесса, реализации эффекта «отжига» и т.п.);
5. Тестирование обученной ИНС (операция NNWtest) и т.д.

Порядок использования операций пакета задается программой на языке ГАММА, например, как представлено на рис. 2. Выполнение отдельных операций иллюстрируют рис. 3-5.

В состав пакета входят также ещё ряд специализированных операций, в частности, к ним относится и операция

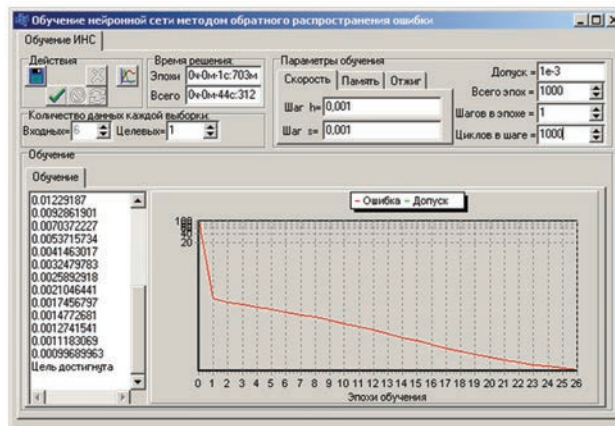


Рис. 4. Обучение ИНС: Изменение ошибки обучения

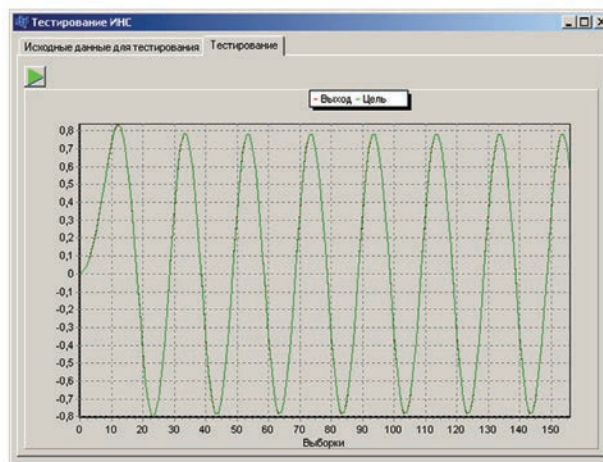


Рис. 5. Тестирование ИНС: подтверждается высокая степень совпадения целевого сигнала и выхода ИНС для тестового примера

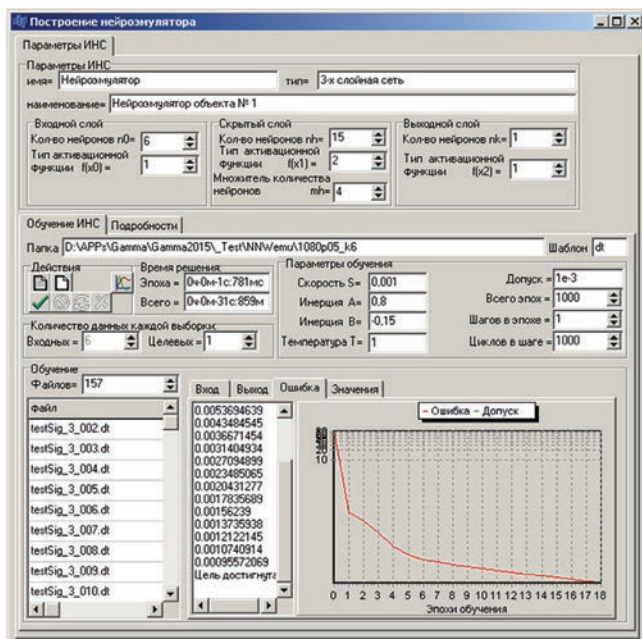


Рис. 6. Загрузка данных и обучение нейронной сети

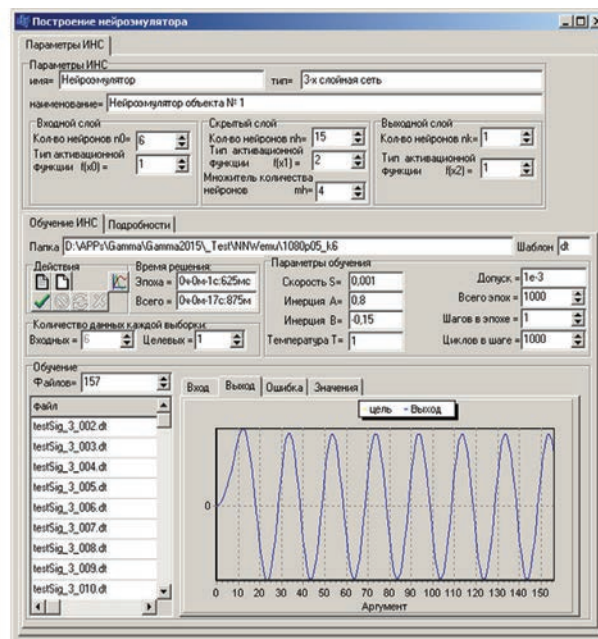


Рис. 7. Тестирование построенной нейронной сети

NNemulator, обеспечивающая построение нейроэмулятора сложного объекта по экспериментальным данным (рис. 6-7). В интерактивных операциях исходные данные (экспериментальные данные) более удобно размещать в файлах. Применительно к операции NNemulator каждый такой файл включает данные одного эксперимента (наборы входных воздействий на объект управления и выходные сигналы, предоставляемые измерительной подсистемой системы автоматического управления).

Обобщены и сформулированы принципы построения средств проектирования и исследования САУ, включающие как общеизвестные принципы построения информационных систем, так и учитывающие особенности проектируемых систем, содержащих интеллектуальные компоненты. Показаны варианты использования указанных принципов в системе ГАММА-3. Изложена усовершенствованная методика решения задач нейронного управления в системе ГАММА-3. Приведен пример решения задачи нейроуправления – построения нейроэмулятора объекта управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-07-99684-а).

Литература

1. Минский М. Фреймы для представления знаний: пер. с англ. М.: Энергия, 1979, 152 с.
2. Системы автоматизированного проектирования. В 9 кн. / Под ред. И.П.Норенкова. М.: Высшая школа, 1986.
3. Степанов А.М. Принципы построения, архитектура средств проектирования, моделирования и исследования интеллектуальных систем управления / А.М.Степанов, М.Ф.Степанов // Восьмая Всероссийская мультиконференция по проблемам управления: Материалы 8-й Всероссийской мультиконференции. В 3 т. Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2015. Т.1. С. 109–112.
4. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн. 1 / Под ред. А.И.Галушкина. М.: ИПРЖР, 2000. 272 с.: ил.
5. Омату С., Халид М., Юсоф Р. Нейрокомпьютеры и их применение. В кн. 2. Кн. 2: Нейроуправление и его приложения: пер. с англ. Н.В.Батина / Под ред. А.И.Галушкина, В.А.Птичкина. Кн. 2. М.: ИПРЖР, 2000. 272 с.: ил.
6. Александров А.Г., Михайлова Л.С., Степанов М.Ф. Система ГАММА-3 и ее применение // Автоматика и телемеханика, 2011, № 10. С. 19–27.

Для цитирования:

Степанов М.Ф., Степанов А.М., Михайлова Л.С., Салихова А.Р. Методология автоматизированного решения задач нейроуправления в системе ГАММА-3 // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 47–52.

METHODOLOGY OF THE AUTOMATED TASKS DECISION OF NEUROCONTROL WITHIN THE SYSTEM "GAMMA-3"

Mikhail F. Stepanov,

Saratov, Russia, mfstepanov@mail.ru

Andrew M. Stepanov,

Saratov, Russia, ripkilobyte@gmail.com

Lubov S. Mikhailova,

Electrostal, Russia, lsmixx@rambler.ru

Almira R. Salichova,

Saratov, Russia

Abstract

Work is devoted to automation of the decision of tasks of designing and research of automatic control systems. The purpose of article: increase of efficiency of the decision of the most widespread classes of tasks of control system design. In area of designing of control system, the two classes of tasks are allocated (classified): typical (standard) and not typical. Known procedures are developed for typical tasks. Not typical tasks arise in more difficult cases and, as a rule, can be shown to set of more simple (typical) subtasks. Such approach to decision of tasks in not procedural statement can carry out some systems of automation, those which can be named "intellectual". In the developed systems of automation, the quantity of typical tasks becomes so great, that it is already difficult for engineer to choose adequate procedure for current task. Use of intellectual means allows making this choice automatically. Typical procedures for effective task's decision can demand tuning of various parameters, which systems of automation cannot automatically carry out yet. As consequence, arises an actual problem: increase of efficiency of the decision of typical tasks in intellectual systems of automation. The approach offered in work is based on use of not formalized knowledge of engineers-designers. Realization of the approach is based on creation of interactive designing procedures. It allows the expert-designer to carry out tuning of key parameters of procedures that increases their efficiency. System "GAMMA-3" possesses opportunities to solve a task, both in procedural, and in not procedural (declarative) statement. The offered approach is illustrated by an example of creation of the software package in structure of system "GAMMA-3" for automation of the decision of tasks neurocontrol. Three variants of representation of procedures of the decision of tasks are offered, using means of a package: set of commands of language GAMMA (the program in language GAMMA), executed in a batch mode; the program in language the

GAMMA using interactive operations; the integrated interactive operation create (realizing) procedure of the decision of a task as a whole. The expediency of interactive realizations of design operations for procedures with insufficiently high level of formalization that leads to necessity of constant participation of the expert-designer is shown. The example of the decision of a task of construction plant's neuroemulator is present.

Keywords: automation of the tasks decision; control systems; the software package; neurocontrol; interactive design operations.

References

1. Minskiy M. Frames dlya predstavleniya znanii [Frames for knowledge representation]. Moscow, Energiya, 1979. 152 p. (In Russian).
2. Norenkova I.P. (Ed.). System automatizirovannogo proektirovaniya: v 9 kn. [Computer Aided Design. In 9 vol.]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986. (In Russian).
3. Stepanov A.M. Prinzipy postroeniya, arkhitektura sredstv proektirovaniya, modelirovaniya i issledovaniya intellektualnykh system upravleniya / A.M.Stepanov, M.F.Stepanov [Principles of design, architecture, design tools, modeling and research of intelligent control systems]. VIII Vserossiiskaya multiconferenciya po problemam upravleniya: Materialy VIII Vserossiiskoi multiconferencii: v 9 t. [Eighth All-Russia Multiconference management problems: Proceedings of the 8th All-Russian multiconference: in 9 vol.]. Rostov-on-Don: Yuzhnyy federalnyy universitet Publ., 2015. Vol. 1. Pp. 109–112. (In Russian).
4. Galushkin A.I. (Ed.). Teoriya neironnykh setey. Kn. 1 [The theory of neural networks]. Moscow, IPRZR, 2000. 416 p. (In Russian).
5. Omatu S., Khalid M.B., Yusof R. Neuro-control and its applications. Springer, 1996. 255 p.
6. Aleksandrov A.G., Mikhailova L.S., Stepanov M.F. GAMMA-3 System and Its Application. Automation and Remote Control. 2011. Vol. 72. No. 10. Pp. 2023–2030. (In Russian).

Information about author:

Stepanov M.F., Ph.D., professor, Yuri Gagarin state technical university of Saratov;
Stepanov A.M., Ph.D., The senior scientific employee, Institute of problems of exact mechanics and control of the Russian Academy of Science;
Mikhailova L.S., Ph.D., senior lecturer, Electrostal polytechnical institute of the Moscow state machine-building university (MSMU);
Salichova A.R., student Yuri Gagarin state technical university of Saratov.

For citation:

Stepanov M.F., Stepanov A.M., Mikhailova L.S., Salichova A.R. Methodology of the automated tasks decision of neurocontrol within the system "GAMMA-3". H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 47–52.

ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ЯДРА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С СИТУАЦИОННЫМ ТРЕХМЕРНЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Чувиков

Дмитрий Алексеевич,

аспирант Московского автомобильно-
дорожного государственного
технического университета, инженер-
программист, НИИ «МИВАР»,
г. Москва, Россия,
d.chuvikov@mivar.ru

Ключевые слова:

ситуационное моделирование;
трехмерное (3D) моделирование;
симуляция; виртуальный мир; миварное
ядро; миварные технологии;
семантический граф; Wi!Mi 2.1;
визуализация; моделирование в
реальном времени.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено применение миварного логического ядра в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным 3D моделированием.

Представлены основные функции, которым должно отвечать логическое ядро в системе ситуационного моделирования. Рассмотрены основные понятия, которые используются программным обеспечением Wi!Mi 2.1 (КЭСМИ) для представления данных в виде семантического миварного графа ВСО. Wi!Mi 2.1 (КЭСМИ) – это инструмент, который позволяет создавать модели знаний, с неограниченным количеством связей, параметров и отношений, обладающий логическим выводом. Выбран данный конструктор по причине того, что данная система моделирования, позволяет эффективно использовать все преимущества и возможности существующих инструментов работы со знаниями, таких как онтологии, когнитивные карты, ER-моделей и семантические сети.

В статье рассматривается применение программного обеспечения Wi!Mi в качестве логического ядра системы. Также в статье описывается перспектива использования миварного логического ядра в решении интеллектуальных задач связанных с ситуационным моделированием, в частности, в решении спорных ситуаций в дорожно-транспортных происшествиях, моделировании транспортного трафика, а также в области криминалистики или следственной деятельности.

Приведен пример экспертной системы «Анализ ДТП», созданной при помощи программного обеспечения Wi!Mi. Экспертная система «Анализ ДТП» решает такие классы задач, как определение тормозных качеств автомобиля, определение скорости автомобиля по заданным критериям, определение скорости автомобиля при сложных случаях скольжения при торможении, а также при движении автомобиля на криволинейных участках дороги. Также рассматриваемая экспертная система анализирует и выводит рекомендации по произошедшему дорожно-транспортному происшествию. Также стоит отметить, что при помощи правильно заданных связей, отношений, правил и ограничений, Wi!Mi позволит создать модель транспортного трафика.

В статье описывается перспектива синтеза графического ядра, физического ядра и логического миварного ядра, который позволит дать толчок к созданию качественно новых интеллектуально-адаптивных систем трехмерного вариационного моделирования различных ситуаций в реальном времени.

Введение

В настоящее время в информатике решаются задачи сбора, передачи, накопления, обработки и представления информации. Перспективные миварные технологии создания логического искусственного интеллекта решают задачи накопления и обработки информации. Однако полученную информацию надо представлять человеку для принятия решений. Для этого необходимо перейти на новое направление разработок, а именно на представление информации для принятия решений человеком. Ситуационное трехмерное моделирование играет важную роль в формировании интеллектуального моделирования в целом. Моделирование различных ситуаций позволяет исследовать определенную предметную область для проведения различных экспериментов, с целью получения информации о моделированной системе.

Обзор предметной области

Миварное логическое ядро – это самостоятельная программное обеспечение (ПО) или программа, входящая в комплекс общей системы, цель которой заключается в создании и редактировании различных логических моделей предметных областей.

Одной из главных особенностей миварной теории является представление данных в виде семантического графа «Вещь-Свойство-Отношение» (ВСО) [1-6]. То есть, после описания всех элементов и отношений, которые связывают их между собой, платформа генерирует модель рассматриваемой ситуации. Что является важным условием для создания интеллектуальных систем ситуационного моделирования. Также, стоит отметить, что в качестве связей могут использоваться вычислительные процедуры высокой сложности, вплоть до нейронных сетей. Используя значительные массивы информации (Big Data), миварный комплекс, обработав данные различного происхождения и большого объема, предложит решение поставленной перед ним задачи. Более того, в отличие от других систем, он обоснует свое решение, показав логическую цепочку вывода. При этом миварная экспертная система [7] способна работать в режиме реального времени: если в процессе реализации условия изменятся, то платформа найдет новое оптимальное решение задачи. Обработка данных в реальном времени является важнейшим условием для создания современной системы ситуационного моделирования.

Перечислим основные функции, которым должно отвечать логическое ядро в системе ситуационного моделирования:

1. Создание и редактирование моделей предметных областей:
 - создание и редактирование параметров и классов;
 - создание и редактирование отношений и правил, связывающих эти объекты.
2. Структурный анализ корректности и полноты введенных данных.
3. Прогнозирование развития ситуации.
4. Создание и вывод полученного алгоритма логического вывода разрешения ситуации, расчет необходимых значений.

Стоит отметить, что существует специальное программное обеспечение Wi!Mi 2.1 (КЭСМИ), которое позволяет

представлять все данные в виде семантического миварного графа ВСО [8-10]. По сути Wi!Mi 2.1 это основа для объединения существующих и перспективных разработок в области создания интеллектуальных экспертных систем. При помощи Wi!Mi пользователь может создавать автоматические обучаемые, логически рассуждающие системы.

Перечислим основные понятия, которые используются программным обеспечением Wi!Mi для представления данных в виде семантического миварного графа ВСО:

1. Связь – это ассоциация между объектами, важная для рассматриваемой предметной области.
2. Отношение – это вид связи, использующий абстрактные переменные, которые описывает их взаимодействие.
3. Правило – это вид связи, привязывающий отношение к конкретным объектам.
4. Ограничение – это вид правила, проверяющий входные данные на корректность.

Перечисленные понятия являются важным условием при создании модели по заданной предметной области.

Перспектива использования миварного логического ядра в решении задач связанных с ситуационным моделированием

При решении задачи связанной с ситуационным моделированием необходим определенное графическое ядро, которое будет играть роль визуализатора, что позволит представлять информацию для принятия решений человеком. Физическое ядро, цель которого будет заключаться в математическом моделировании различных физических процессов реального мира в виртуальном мире. И логическое ядро, которое будет содержать определенный базис логических правил. Именно логическое миварное ядро подходит для этой цели, так как благодаря универсальной миварной форме представления человеческих знаний ВСО, каждому трехмерному объекту многомерного пространства можно задать определенные параметры, такие как вещь, то есть описание самого объекта, его свойства и отношение к другим объектам сцены. Все трехмерные объекты сцены входят в определенную предметную область, где необходимо задать связи, отношения, правила и ограничения для построения адаптивной логической модели. Эти все параметры играют определенную роль законов, обрабатывая которые, будет визуализироваться общая картина событий в реальном времени.

Таким образом, можно прийти к следующему выводу: использование физического ядра в синтезе с логическим миварным ядром, а также при поддержке определенного визуализатора (графическое ядро) можно добиться успехов в решении задач связанных с ситуационным моделированием в реальном времени. Стоит отметить, что такая интеграция позволит достичь нового уровня в развитии 3D моделирования в целом [11-15]. На рис. 1 представлена структура системы ситуационного моделирования. То есть благодаря синтезу графического ядра, логического ядра и физического ядра можно перейти к этапу симуляции ситуации, что является удобным представлением информации для принятия решений человеком.

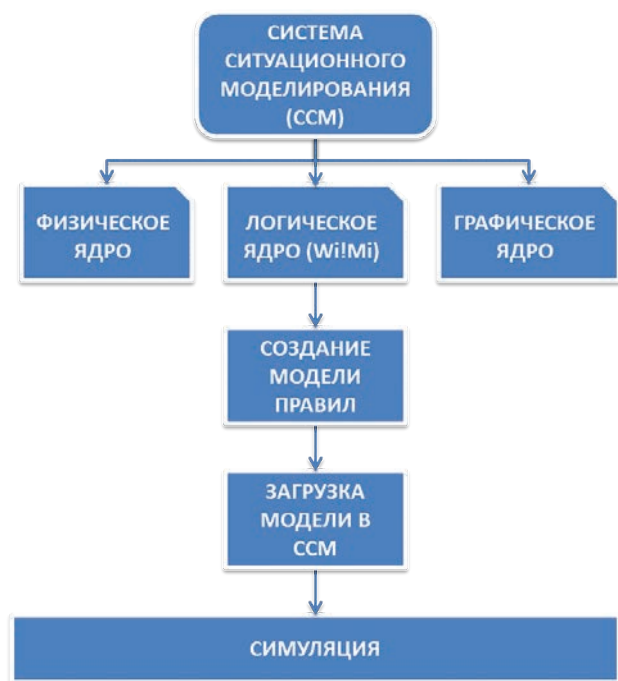


Рис. 1. Структура системы ситуационного моделирования

Перспектива использования миварного логического ядра заключается в том, что данное программное обеспечение, а именно ПО Wi!Mi, может создать экспертную систему практически по любой предметной области. Например, можно описать по параметрам различные дорожно-транспортные ситуации и визуализировать их при помощи графического ядра, таким образом, решается задача ситуационного моделирования спорных ситуаций в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП). Стоит отметить, что в качестве эксперимента уже создана, при помощи ПО Wi!Mi, экспертная система (ЭС) «Анализ ДТП». ЭС «Анализ ДТП» решает такие классы задач, как определение тормозных качеств автомобиля, определение скорости автомобиля по заданным критериям, определение скорости автомобиля при сложных случаях скольжения при торможении, а также при движении автомобиля на криволинейных участках дороги. Также рассматриваемая ЭС [16] анализирует и выводит рекомендации по произошедшему ДТП. Модель состоит из 13 классов, 130 параметров и 245 правил [17].

Также стоит отметить, что при помощи правильно заданных связей, отношений, правил и ограничений, Wi!Mi позволит создать модель транспортного трафика. Стоит отметить, что такая модель будет адаптивна, то есть при изменении окружающих условий, например, погодных, модель легко будет адаптироваться, при этом скорость обработки данных не снизится. Это является однозначным преимуществом миварной технологии в решении задач связанных с ситуационным моделированием в реальном времени.

Стоит отметить, что ситуационное графическое моделирование применимо также в такой отрасли как следственная деятельность или криминалистика. Сейчас вся следственная деятельность основывается лишь на опыте и интуиции следователя. Но, при использовании следователем техноло-

гии ситуационного графического моделирования позволит повысить уровень раскрываемости преступлений, так как следователь сможет моделировать в реальном времени всю картину места преступления, при помощи заданных параметров и правил. Таким образом, информация представляется в удобном виде для принятия решений человеком.

Заключение

Логическое ядро является неотъемлемой частью любой системы трехмерного ситуационного моделирования. Оно играет главную роль в создании и редактировании различных логических моделей предметных областей, которые необходимы для создания реалистичных симуляций.

Однако стоит отметить, что для решения интеллектуальных задач связанной с ситуационным трехмерным моделированием использовать только миварное логическое ядро недостаточно. Для решения подобных задач необходимо использовать совокупность трех основных технологий: логического ядра, физического ядра и графического ядра.

В качестве логического ядра было предложено применить миварные технологии, а именно программное решение Wi!Mi. При использовании данного решения можно добиться принципиально нового уровня в ситуационном логическом моделировании [18], что значительно расширяет границы автоматизации умственной деятельности человека [15]. Также стоит отметить, что уже проведен ряд исследований [19-21], которые доказали перспективу объединения миварного логического ядра и системы имитационного моделирования. Подобный синтез дает возможность моделировать поведение различных объектов, что позволяет виртуально испытывать алгоритмы СППР в различных заданных условиях.

Также была рассмотрена перспектива использования миварного логического ядра в решении задач связанных с ситуационным моделированием в реальном времени, в частности, в решении спорных ситуаций в дорожно-транспортных происшествиях, моделировании транспортного трафика, а также в области криминалистики или следственной деятельности. Стоит отметить, что только при объединении трех технологий – графического ядра, физического ядра и логического ядра можно совершить принципиально новый скачок в развитии инновационных методов в области интеллектуального ситуационного трехмерного моделирования в реальном времени [22-24].

Литература

1. Чувииков Д.А. Разработка электронного образовательного ресурса (ЭОР) «МИВАР». «МИВАР» – логический искусственный интеллект. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2015. 65 с. ISBN: 978-3-659-33033-9.

2. Варламов О.О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного подхода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3млн правил => понимание смысла+ сингулярность в виртуальной реальности. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. 700 с. ISBN: 978-3-8473-1953-5.

3. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний. Миварное информационное пространство // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2007. № 5 (77). С. 77–81.
4. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. М.: Радио и связь, 2002. 288 с. ISBN 5-256-01650-4.
5. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации для создания самоорганизующихся комплексов оперативной диагностики // Искусственный интеллект. 2003. № 3. С. 299.
6. Варламов О.О., Владимиров А.Н., Бадалов А.Ю., Чванин О.Н. Развитие миварного метода логико-вычислительной обработки информации для АСУ, тренажеров, экспертных систем реального времени и архитектур, ориентированных на сервисы // Труды Научно-исследовательского института радио. 2010. № 3. С. 18–26.
7. Варламов О.О., Майборода Ю.И., Сергушин Г.С., Хадиев А.М. Применение миварных экспертных систем для решения задач понимания текста и распознавания изображений // В мире научных открытий. 2015. № 6 (66). С. 205–214.
8. Varlamov O.O., Adamova L.E.E., Eliseev D.V., Mayboroda Yu.I., Antonov P.D., Sergushin G.S., Chibirova M.O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding // International Journal of Advanced Studies. 2013. Vol. 3. No. 3. Pp. 17–23.
9. Варламов О.О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах «если-то» в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 1. С. 60–97.
10. Варламов О.О. Создание интеллектуальных систем на основе взаимодействия миварного информационного пространства и сервисно-ориентированной архитектуры // Искусственный интеллект. 2005. № 3. С. 13.
11. Чувилов Д.А., Феоктистов В.П. Сравнительный анализ 3D форматов хранения данных в интеллектуальных системах и системах виртуальной реальности // Автоматизация и управление в технических системах. 2014. № 4 (12). С. 3–14. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-1.
12. Чувилов Д.А., Феоктистов В.П. Применение 3D технологий в Web при решении интеллектуальных задач // Автоматизация и управление в технических системах. 2015. № 1 (13). С. 130-138. DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-15.
13. Чувилов Д.А., Феоктистов В.П., Остроух А.В. Исследование 3D форматов хранения данных в интеллектуальных системах виртуальной реальности // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 3-3. С. 416–420.
14. Чувилов Д.А. Применение технологии WebGL при решении интеллектуальных задач // Современное общество, образование и наука: сб. научных трудов по материалам Международной науч.-практической конф.: в 16 частях, Тамбов, 31 марта 2015. Издательство: Консалтинговая компания Юком, 2015. С. 151–153.
15. Chuvikov D.A., Kazakova N.A., Varlamov O.O., Goloviznin A.V. 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems // International Journal of Advanced Studies. 2014. Vol. 4. No. 4. Pp. 16–22. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-4-3.
16. Чувилов Д.А., Петерсон А.О. Сравнительный анализ инструментальных сред для разработки экспертных систем в различных предметных областях // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 8. С. 20–27.
17. Чувилов Д.А. Роль использования синтеза систем имитационного и экспертного моделирования // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'16». 2016. Т. 2. С. 125-128.
18. Чувилов Д.А. Роль процедурной анимации в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15». 2015. Т. 2. С. 170-173.
19. Чувилов Д.А., Варламов О.О. Использование миварного подхода в решении задач, связанных с имитационным моделированием // Имитационное моделирование. Теория и практика" (ИММОД-2015): Труды седьмой всероссийской научно-практической конференции : в 2 т. Москва, 21–23 октября 2015. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2015. Т. 1. С. 280–284.
20. Чувилов Д.А., Петерсон А.О. Применение миварных технологий в интеллектуальном имитационном моделировании // Автоматизация и управление в технических системах. 2015. № 4.1. URL: auts.esrae.ru/16-346 (дата обращения: 29.10.2016).
21. Чувилов Д.А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с имитационным моделированием // Автоматизация и управление в технических системах. 2016. № 1. URL: auts.esrae.ru/18-362 (дата обращения: 29.10.2016).
22. Чувилов Д.А. Применение процедурной анимации в решении интеллектуальных задач и проблем, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 184–190.
23. Чувилов Д.А. Применение физического движка в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием в реальном времени // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 191–199.
24. Чувилов Д.А. Применение графического движка в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 200–209.

Для цитирования:

Чувилов Д.А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 47–52.

APPLICATION OF MIVAR LOGICAL KERNEL TO SOLVING TASKS RELATED TO SITUATIONAL THREE-DIMENSIONAL MODELLING

Dmitry A. Chuvikov,

Moscow, Russia, d.chuvikov@mivar.rul

Abstract

The paper considers application of mivar logical kernel to solving intelligent tasks related to situational three-dimensional modelling.

Main functions that the logical kernel should perform in the system of three-dimensional modelling have been represented. The paper considers the main concepts that Wi!Mi 2.1 software uses for representing data in the form of mivar semantic graph VSO. Wi!Mi 2.1 is a tool allowing us to design knowledge models with unlimited number of connections, parameters and relations, which has logical inference. This designer has been selected since this modelling system allows us to use all the advantages and capabilities of available tools for working with knowledge efficiently such as ontologies, cognitive maps, ER-models and semantic networks.

The paper considers application of Wi!Mi software as a logical kernel of the system. The paper also describes the prospect of using mivar logical kernel to solve intelligent tasks associated with situational modelling, in particular, solving disputes concerning road traffic accidents, modelling road traffic, as well as tasks in the field of criminology or investigative activities.

There is an example of expert system "RTA analysis" that has been developed using Wi!Mi software. Expert system "RTA analysis" solves the following tasks: determining car's stopping ability, determining the speed of the car using set criteria, determining the speed of the car in complex cases of brake slip, as well as when a car moves along a curve section of the road. The considered expert system analyses and provides guidelines concerning road-traffic accident. It should be noted that Wi!Mi will allow us to design a model of road traffic using correctly set connections, relations, rules and constraints.

The paper describes the prospect for synthesis of graphical kernel, physical kernel and mivar logical kernel, which will boost development of qualitatively new intelligent-adaptive systems of three-dimensional variation modelling of different situations in real time.

Keywords: situational modeling; three-dimensional (3D) modeling; simulation; virtual reality; mivar core; mivar technology; semantic graph; Wi!Mi 2.1; visualization; real-time simulation.

References

1. Chuvikov D.A. Razrabotka elektronogo obrazovatel'nogo resursa (EOR) "MIVAR". "MIVAR" – logicheskij iskusstvennyj intellekt [Development of electronic educational resources (EER) "MIVAR". "MIVAR" – logical AI], Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 65 p. ISBN: 978-3-659-33033-9.

2. Varlamov O.O. Logicheskij iskusstvennyj intellekt sozdan na osnove mivarnogo poxoda! MIVAR: aktivnye bazy dannyx s linejnym logicheskim vyvodom > 3mln pravil => ponimanie smysla+ singulyarnost v virtualnoj realnosti [Logical AI was created based on mivar technologies. MIVAR: active databases with linear logical reasoning > 3 million rules > meaning understanding + singularity of virtual reality], Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2012. 700 p. ISBN: 978-3-8473-1953-5.
3. Varlamov O.O. Evolutionary database. Mivar informational space. Izvestia of the South Federal University. Technical science. 2007. Vol. 77. No 2. Pp. 77–81. (In Russian).
4. Varlamov O.O. Evolyucionnye bazy dannyx i znaniy dlya adaptivnogo sinteza intellektualnyx sistem. Mivarnoe informacionnoe prostranstvo [Evolutionary knowledge and data base for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space], Moscow, Radio i svyaz', 2002. 288 p. (In Russian). ISBN 5-256-01650-4.
5. Varlamov O.O. System analysis and synthesis of data models and methods of information processing in the self-organizing complexes of online diagnostics. IT. 2003. No. 3. 299 p. (In Russian).
6. Varlamov O.O., Vladimirov A.N., Badalov A.Yu., Chvanin O.N. Development mivar method of logical and computational processing of information for ACS, simulators, real-time expert systems and architectures service-oriented. Collection of Federal State Unitary Enterprise Radio Research And Development Institute (NIIR). 2010. No. 3. Pp. 18–26. (In Russian).
7. Varlamov O.O., Mayboroda Yu.I., Sergushin G.S., Hadiev A.M. Use of mivar expert systems for solving problems of text understanding and image recognition. In the World of Scientific Discoveries. 2015. Vol. 66. No. 6. Pp. 205–214. (In Russian).
8. Varlamov O.O., Adamova L.E.E., Eliseev D.V., Mayboroda Yu.I., Antonov P.D., Sergushin G.S., Chibirova M.O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding. International Journal of Advanced Studies. 2013. Vol. 3. No. 3. Pp. 17–23.
9. Varlamov O.O. Practical realization of linear computational complexity of logical reasoning based on "IF-THEN" rules in mivar networks and handling more than three million production rules. Automation and control in technical systems. 2013. No. 1. Pp. 60–97. (In Russian).
10. Varlamov O.O. Creation of intellectual systems on the basis of interaction of mivar information space and service-oriented architecture. AI. 2005 No. 3. 13 p. (In Russian).
11. Chuvikov D.A., Feoktistov V.P. Comparative analysis of 3D data storage format in intelligent systems and virtual reality. Automation and control in technical systems. 2014. Vol. 12. No. 4. Pp. 3–14. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-1. (In Russian).
12. Chuvikov D.A., Feoktistov V.P. 3D web technologies application in solving intellectual tasks. Automation and control in technical systems. 2015. Vol. 13. No. 1. Pp. 130–138.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-15. (In Russian).

13. Chuvikov D.A., Feoktistov V.P., Ostrouh A.V. Research 3D data storage formats in intelligent systems of virtual reality. *International journal of experimental education*. 2015. No 3-3. Pp. 416–420. (In Russian).

14. Chuvikov D.A. Primenenie tehnologii WebGL pri reshenii intellektual'nyh zadach [Use of WebGL technology in solving intellectual tasks], *Sovremennoe obshchestvo, obrazovanie i nauka*: in 16 parts, Tambov, 31 March, 2015. Pp. 151–153. (In Russian).

15. Chuvikov D.A., Kazakova N.A., Varlamov O.O., Goloviznin A.V. 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems. *International Journal of Advanced Studies*, 2014. Vol. 4. No 4. Pp. 16-22. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-4-3.

16. Chuvikov D.A., Peterson A.O. Comparative analysis of tool environments for developing expert systems in different subject domains. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers*. 2016. No. 8. Pp. 20–27. (In Russian).

17. Chuvikov D.A. Rol' ispol'zovaniya sinteza sistem imitacionnogo i jekspertnogo modelirovaniya [The role of using synthesis of simulation modelling systems and expert modelling systems]. *Trudy Kongressa po intellektual'nym sistemam i informacionnym tehnologijam "IS&IT'16"*. 2016. Vol. 2. Pp. 125–128. (In Russian).

18. Chuvikov D.A. Rol' procedurnoj animacii v reshenii intellektual'nyh zadach, svyazannyh s situacionnym trehmernym modelirovaniem [The role of procedural animation in solving intelligent problems associated with situational three-dimensional modeling]. *Trudy Kongressa po intellektual'nym sistemam i informacionnym tehnologijam "IS&IT'15"*. 2015. Vol. 2. Pp. 170–173. (In Russian).

19. Chuvikov D.A., Varlamov O.O. Ispol'zovanie mivarnogo podhoda v reshenii zadach, svyazannyh s imitacionnym modelirovaniem [Use of mivar approach to solving the problems associated with simulation modeling] // *Sed'maja vserossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika" (IMMOD-2015)*. Moscow, 21–23 October 2015. Institut problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova RAN. 2015. Vol. 1. Pp. 280-284. (In Russian).

20. Chuvikov D.A., Peterson A.O. Application of mivar technologies in intelligent simulation. *Automation and control in technical systems*. 2015. No. 4.1. URL: auts.esrae.ru/16-346 (date of access 29.10.2016). (In Russian).

21. Chuvikov D.A. Application of mivar logical kernel in the task associated with simulation. *Automation and control in technical systems*. 2016. No. 1. URL: auts.esrae.ru/18-362 (date of access 29.10.2016). (In Russian).

22. Chuvikov D.A. Procedural animation application in solving intelligent tasks and problems related to situational three-dimensional modeling. *Radioindustry*. 2015. No. 3. Pp. 184–190. (In Russian).

23. Chuvikov D.A. Physics engine application in solving tasks related to situational three-dimensional realtime simulation. *Radioindustry*. 2015. No. 3. Pp. 191–199. (In Russian).

24. Chuvikov D.A. Graphics engine application in solving intelligent tasks related to situational three-dimensional modeling. *Radioindustry*. 2015. No. 3. Pp. 200–209. (In Russian).

Information about author:

Chuvikov D.A., postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» State Technical University, Software Engineer, RI «MIVAR»

For citation:

Chuvikov D.A. Mivar logical core application in solving tasks related to situational three-dimensional modeling. *H&ES Research*. 2016. Vol. 8. No. 5. Pp. 57–62.



ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НЕПОДВИЖНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОМ СКРЫТИИ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ МЕТОДОМ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА

Шелухин

Олег Иванович

д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой Информационной
безопасности Московского технического
университета связи и информатики
г. Москва, Россия,
sheluhin@mail.ru

Канаев

Сергей Дмитриевич

Магистрант 2 курса кафедры
информационной безопасности,
г. Москва, Россия,
sereghka93@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается проблема защиты авторских прав путем внедрения цифрового водяного знака в неподвижное изображение методом расширения спектра прямой последовательностью.

В начале работы приведены основные сведения об использовании цифрового водяного знака, описана идея встраивания водяных знаков в изображение-контейнер, определены главные требования для цифровых систем, использующих водяные знаки. Выделены основные области изображений, в которые встраивается цифровой водяной знак, и преобразования, которые могут быть использованы в выбранной области. Представлено теоретическое описание метода расширения спектра прямой последовательностью, приведены основные формулы для алгоритма модуляции, процедур встраивания и извлечения, а также описано условие, отвечающее за качество извлечения скрытого водяного знака.

Приведена блок-схема алгоритма встраивания цифрового водяного знака методом расширения спектра прямой последовательностью с описанием выполняемых действий и списком входных и выходных параметров на каждом шаге. Получены графики, характеризующие свойства базисных функций: корреляционная функция псевдослучайной последовательности и зависимость погрешности от степени ортогональности изображения-контейнера к базисным функциям.

Излагаются результаты оценки качества неподвижного изображения после встраивания в него цифрового водяного знака, а также качество цифрового водяного знака после извлечения из оригинального изображения. Приведены основные метрики, с помощью которых произведены оценки качества изображения-контейнера, содержащего цифровой водяной знак, и самого цифрового водяного знака.

В качестве метрик использованы среднеквадратическая ошибка (MSE), нормированная среднеквадратическая ошибка (NMSE), отношение «сигнал/шум» (SNR), максимальное отношение «сигнал/шум» (PSNR).

Получены зависимости отражающие влияние размера встраиваемого водяного знака на качество изображения. Показано, что качество контейнера, содержащего цифровой водяной знак, значительно ухудшается при увеличении размера цифрового водяного знака. Анализируется влияние свойств псевдослучайной последовательности на качество стеганографического скрывания цифрового водяного знака, а также качество выделения цифрового водяного знака из сигнала контейнера.

Показано, что если генератор псевдослучайной последовательности выбран неверно, то наблюдается значительное ухудшение качества выделения водяного знака из сигнала контейнера.

Ключевые слова:

стеганография; неподвижное изображение; цифровой водяной знак; расширение спектра сигнала прямой последовательностью; псевдослучайная последовательность.

Постановка задачи

В настоящее время широкое распространение цифровых объектов, таких как изображение, аудио, голос и текст может легко осуществляться с помощью CD носителей. Однако недостаток этой технологии заключается в возможном незаконном распространении копий, которые продаются по очень низкой цене, а по качеству не уступают оригиналу. Данное явление развивается с довольно высокой скоростью, в частности, в области аудио файлов MP3 или MPEG-2 AAC. Вследствие этого внимание специалистов уделяется подходам, направленным на обеспечение защиты авторских прав.

Среди спектра предложенных решений для контроля распространения информации как средство доказательства права обладания получило внедрение скрытых данных в оригинальный файл, получивших название цифровых водяных знаков (ЦВЗ). Цифровые водяные знаки могут быть использованы для отслеживания и контролирования цифрового контента. В медицинских приложениях, водяные знаки могут быть использованы для идентификации и доступа к индивидуальным записям пациента.

Основная идея заключается в том, чтобы встроить уникальный знак в цифровое изображение таким образом, что он не мог быть воспринимается зрительной системой человека, но мог быть извлечен в более позднее время, используя секретный ключ владельца, чтобы доказать авторство. Водяные знаки могут принимать различные формы, такие как логотип компании, изображение текста или псевдослучайно генерируемую последовательность битов или действительных чисел. Одним из основных требований цифровых систем водяных знаков является возможность скрыть водяной знак в изображении таким образом, что он становится невидимым для восприятия человека.

ЦВЗ может встраиваться в изображение либо в пространственной области или в области преобразования [4]. Примером подобных областей преобразования является дискретное преобразование Фурье (ДПФ), дискретное косинусное преобразование для всего изображения (ДКП) [2], блочное ДКП [9], дискретное вейвлет преобразование (ДВП) [1], фрактальная область [6–7], резервное (избыточное) преобразование [4], область Адамара, область Фурье-Меллина или область Радона [5]. Показано, что встраивание знака в средние частоты области преобразования является более выгодным с точки зрения видимости и более безопасным, чем для пространственной области [3].

Методы расширения спектра

Рассмотрим вариант встраивания ЦВЗ в неподвижное изображение методом расширения спектра сигнала прямой последовательностью [8]. Основное преимущество стеганографических методов, основанных на расширении спектра, – сравнительно высокая стойкость к различного рода атакам на изображение, поскольку скрываемая информация распределена в широкой полосе частот и ее трудно удалить без полного разрушения контейнера.

Как известно алгоритм модуляции методом расширения спектра прямой последовательностью состоит в следующем (1). Каждый бит сообщения m_i представляется неко-

торой базисной функцией ϕ_i размером $X \times Y$, умноженной, в зависимости от значения бита (1 или 0), на +1 или -1:

$$E(x, y) = \sum_i m_i \cdot \phi_i(x, y) \tag{1}$$

Модулированное сообщение $E(x, y)$, полученное при этом, попиксельно суммируется с изображением-контейнером $C(x, y)$, в качестве которого используется полутонное изображение размером $X \times Y$. Результатом является стеганоизображение $S(x, y) = C(x, y) + E(x, y)$, при $x \in 1 \dots X, y \in 1 \dots Y$. Чтобы сделать невозможным искажение уже встроенного бита сообщения, базисные функции должны быть ортогональными (2):

$$\langle \phi_i, \phi_j \rangle = \sum_{x,y} \phi_i(x, y) \cdot \phi_j(x, y) = n_\phi \cdot G^2 \cdot \delta_{i,j} \tag{2}$$

где n_ϕ – количество значащих пикселей в базисной функции; G^2 – средняя мощность, приходящаяся на пиксель, $\delta_{i,j}$ – дельта-символ Кронекера (3).

$$n_\phi \cdot G^2 = \sum_{x,y} \phi_i^2(x, y); \delta_{i,j} = \begin{cases} 1, \text{ при } i = j \\ 0, \text{ при } i \neq j \end{cases} \tag{3}$$

В идеальном случае, когда все базисные функции ϕ_i некоррелированы с изображением-контейнером C , то есть ортогональны к нему $\langle C, \phi_i \rangle = 0, \forall i$. На практике трудно найти контейнер, который был бы полностью ортогональным ко всем базисным функциям ϕ_i , поэтому для оценки степени ортогональности введем величину погрешности: $\langle C, \phi_i \rangle = \Delta \approx 0$.

Для надежного скрытия информации, нужно, чтобы значительное количество базисных функций были ортогональны к картинкам. Кодирование изображения имеет противоположное требование: идеальный вариант – это небольшой набор базисных функций, которые приближенно перекрывают всё пространство изображения. Эти требования приводят к конфликту, когда изображение, содержащее скрытую информацию, подвергается компрессии: идеальная схема компрессии не может полностью отражать базы, используемые для скрытия.

Базисные функции, используемые в различных схемах, могут быть организованы и сравнены в соответствии со свойствами, такими как полная мощность, степень пространственного расширения (или локализации), и степень пространственного частотного расширения (или локализации) [8].

На этапе извлечения информации нет необходимости владеть информацией о первичном контейнере C . Операция декодирования заключается в восстановлении скрытого сообщения путем проецирования полученного стеганоизображения S^* на все базисные функции ϕ_i (4):

$$\sigma_i = \langle S^*, \phi_i \rangle = m_i \cdot n_\phi \cdot G^2 \tag{4}$$

Значения m_i могут быть легко восстановлены с помощью знаковой функции (5):

$$m_i^* = \text{sign}(\sigma_i) = \begin{cases} -1, \text{ при } \sigma_i < 0; \\ 1, \text{ при } \sigma_i > 0; \\ ?, \text{ при } \sigma_i = 0; \end{cases} \text{ при условии, что } G^2 \gg 0 \tag{5}$$

Если $\sigma_i = 0$, то скрываемая информация была утрачена. При малых значениях средней мощности G^2 возрастает вероятность извлечения ошибочного значения бита информации, однако информация при этом искажается в меньшей степени. Основное преимущество стеганографических методов основанных на расширении спектра – сравнительно высокая стойкость к различного рода атакам на изображение, поскольку скрываемая информация распределена в широкой полосе частот и ее трудно удалить без полного разрушения контейнера. Искажения стеганоизображения увеличивают значение Δ , однако до тех пор, пока выполняется условие $|\Delta| < |n_\phi * G^2|$, скрытое сообщение не пострадает.

Программная реализация внедрения ЦВЗ методом расширения спектра

Рассмотрим порядок реализации рассмотренного алгоритма встраивания ЦВЗ. Блок схема алгоритма встраивания показана на рис. 1.

Шаг 1. Импортируем контейнер C размером $(X \times Y)$ и ЦВЗ W формата bmp . Формируем массив Φ ортогональных базисных функций, который должен иметь размерность сигнала-контейнера $(X \times Y)$.

Шаг 2. Записываем общее количество базисных функций N_ϕ , зависящее от ЦВЗ. Размерность значащего подмассива отдельной базисной функции ϕ определим, исходя из размерности массива Φ и общего количества базисных функций N_ϕ , с помощью следующей формулы (6):

$$n = \text{floor} \left(\sqrt{\frac{X \cdot Y}{N_\phi}} \right) \quad (6)$$

Функция $\text{floor}(x)$ возвращает наибольшее целое число, которое является меньшим или равняется x .

Шаг 3. Формируем псевдослучайную последовательность $Vmd(s)$. Для генерации ПСП используем примитивный полином d -й степени: $d = \log(N_\phi, 2)$, например, для $d = 12$, следующего вида: $\rho(x) = 1 + x^1 + x^2 + x^8 + x^{12}$, что означает $\mu \leftarrow (1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)$. Значение начального состояния регистра s — произвольное целое число из диапазона возможных значений $[1; N_\phi)$. Период повторения ПСП составляет $2d-1$. Значение ПСП будут повторяться, если будет допущена ошибка при выборе примитивного полинома $\rho(x)$.

Шаг 4. Формирование массива базисных функций ϕ осуществим путем выделения соответствующего базисной функции значащего подмассива $n \times n$ из общего массива Φ и последующего его встраивания на соответствующие позиции нулевого массива размерностью $X \times Y$. Результат присваивается псевдослучайному элементу массива ϕ .

Шаг 5. При выбранном контейнере и алгоритме формирования массива Φ найдем максимальное абсолютное значение погрешности ортогональности Δ .

Шаг 6. Преобразуем матрицу ЦВЗ W в одномерный массив M для дальнейшего встраивания в контейнер.

Шаг 7. Проведем модуляцию ЦВЗ W базисными функциями ϕ , предварительно присвоив тем элементам двоичного вектора сообщения, которые имели нулевое значение, значение -1 . На выходе получим модулированный ЦВЗ – E .



Рис. 1. Блок схема алгоритма встраивания ЦВЗ методом расширения спектра

Шаг 8. С учетом максимального значения погрешности Δ , проведем вычисление достаточного коэффициента усиления мощности K_g встроенного в контейнер C модулированного ЦВЗ E .

Шаг 9. С учетом коэффициента усиления мощности K_g , проводим предварительное нормирование массива контейнера S_{norm} , иначе может возникнуть ощутимый зрением человека скачок значения яркости. Встраиваем модулированный ЦВЗ, умноженный на коэффициент усиления мощности K_g , в нормированный контейнер S_{norm} , с помощью следующей формулы (7):

$$S = C_{norm} + K_g \cdot E \quad (7)$$

Шаг 10. Для извлечения ЦВЗ должны быть известны стеганоcontainer S ; размерность контейнера X и Y ; общее количество базисных функций N_ϕ ; конфигурация n и алгоритм получения базисных функций ϕ .

Шаг 11. Преобразуем извлеченный одномерный массив ЦВЗ M в матрицу W .

Изображение-контейнер и встраиваемый ЦВЗ формата bmp представлены на рис. 2.a,b.

Свойства базисных функций характеризуются корреляционной функцией псевдослучайной последовательности (рис. 3a), а степень ортогональности сигнала контейнера C к полученным базисным функциям ϕ_i – значением погрешности на i -ом шаге Δ_i (рис. 3b).



Рис. 2. а) изображение-контейнер; б) встраиваемый ЦВЗ

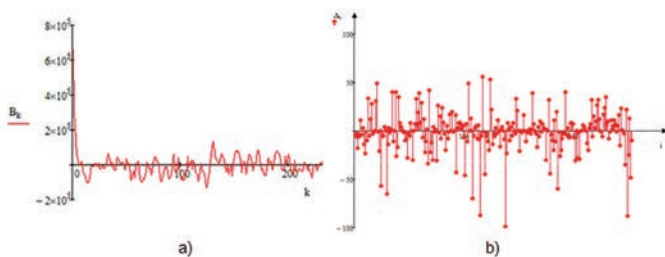


Рис. 3. Свойства базисных функций а) корреляционная функция ПСП, б) зависимость погрешности от степени ортогональности массива контейнера С к базисным функциям φ_i

Методы оценки качества контейнера и ЦВЗ при стеганографическом скрывании

Все существующие методы оценки качества графических изображений подразделяют на два типа – субъективные и объективные. Субъективные метрики используют особенности чувственного восприятия человека, объективные же не используют его. В качестве основных объективных показателей визуального искажения контейнера рассмотрим следующие показатели:

Среднеквадратическая ошибка (Mean Square Error – MSE) для изображения размером $M \times N$ вычисляется с помощью следующей формулы (8):

$$MSE = \frac{1}{M \cdot N} \cdot \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))^2 \quad (8)$$

где C – пустой контейнер, а S – контейнер, содержащий ЦВЗ.

Нормированная среднеквадратическая ошибка (Normalized Mean Square Error – NMSE) для изображения размером $M \times N$ вычисляется с помощью соотношения (9):

$$NMSE = \frac{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))^2}{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n))^2} \cdot 100 \quad (9)$$

Отношение «сигнал/шум» (Signal to Noise Ratio – SNR) – безразмерная величина, в которой в качестве сигнала берется исходное изображение, а шум определяется как разность между пикселями исходного и искаженного

изображения. Для изображения размером $M \times N$, SNR вычисляется при помощи формулы (10):

$$SNR = \frac{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} C(m,n)^2}{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))^2} \quad (10)$$

Обычно значение SNR приводится к логарифмической шкале в децибелах. Тогда SNR выражается следующей формулой (11):

$$\begin{aligned} SNR &= 10 \cdot \log_{10} \frac{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} C(m,n)^2}{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))^2} = \\ &= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} C(m,n)}{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Максимальное отношение «сигнал/шум» (Peak Signal to Noise Ratio – PSNR) определяет максимальное соотношение между сигналом и шумом изображения, и выражается следующей формулой (12):

$$PSNR = \frac{N \cdot M \cdot \max(C(m,n))^2}{\sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} (C(m,n) - S(m,n))^2} \quad (12)$$

Метрика PSNR является аналогом MSE и связана с ней следующим соотношением (13):

$$PSNR = \frac{\max(C(m,n))^2}{MSE} \quad (13)$$

На практике метрика PSNR чаще измеряется в логарифмической шкале в децибелах. В этом случае PSNR выражается следующей формулой (14):

$$\begin{aligned} PSNR &= 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{\max(C(m,n))^2}{MSE} \right) = \\ &= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\max(C(m,n))}{\sqrt{MSE}} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

Оценка влияния размера ЦВЗ на качество воспроизведения контейнера

На рис. 4 представлены графики зависимости качества контейнера от формата ЦВЗ для различного формата ЦВЗ, встраиваемого в контейнер: 1 – ЦВЗ(16×16); 2 – ЦВЗ(32×32); 3 – ЦВЗ(64×64) пикселей.

Из представленных характеристик можно видеть, что качество контейнера, содержащего ЦВЗ, значительно ухудшается при увеличении размера водяного знака, а именно: значения метрик MSE и NMSE увеличиваются, а значения метрик SNR и PSNR значительно уменьшаются.

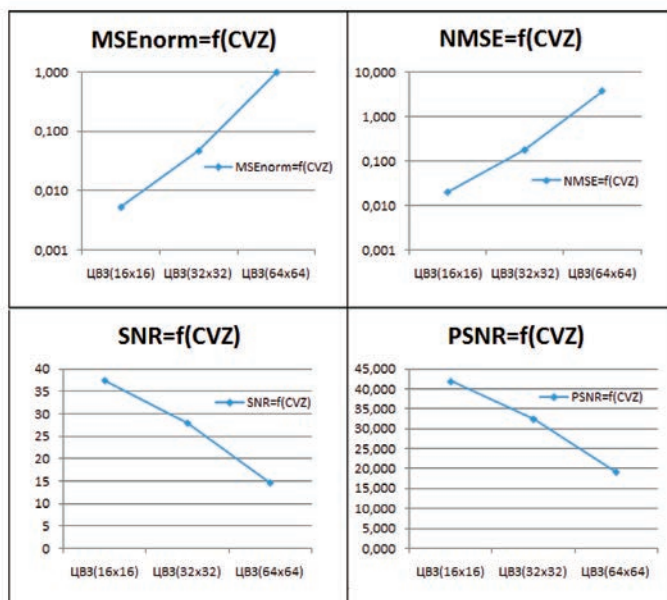


Рис. 4. Метрики, иллюстрирующие зависимость качества контейнера от размера формата ЦВЗ (16×16; 32×32; 64×64)

Важным фактором при стеганографическом скрывании ЦВЗ в контейнере является выбор генератора ПСП. Если генератор выбран неправильно и ПСП начинает повторяться, это приведет к значительному ухудшению качества извлеченного ЦВЗ (рис. 5). Также качество извлечения ЦВЗ может понизиться в случае нарушения условия ортогональности базисных функций.



Рис. 5. Извлеченный ЦВЗ при неправильно выбранном генераторе ПСП

Выводы

Основное преимущество стеганографических методов основанных на расширении спектра – сравнительно высокая стойкость к различного рода атакам на изображение, поскольку скрываема информация распределена в широкой полосе частот и ее трудно удалить без полного разрушения контейнера. Искажения стеганоизображения увеличивают значение Δ , однако до тех пор, пока выполняется условие $|\Delta| < |n_0 \cdot G^2|$, скрытое сообщение не пострадает.

Литература

1. Barni M., Bartolini F., Cappellini V., Piva A. A DCT domain system for robust image watermarking. Signal Processing (Special Issue on Watermarking). 1998. Vol. 66. No. 3. Pp. 357–372.
2. Barni M., Podilchuk C., Bartolini F., Delp E. Watermark embedding: hiding a signal within a cover image. IEEE Comm. Magazine. 2001. Pp. 102–108.
3. Cheng L. L., Ng K., Cheng L.M., Wong M. Adaptive watermarking by using pixel position shifting technique. IEEE Transactions on Consumer Electronics. 1999. 45. Pp. 1057–1064.
4. Cox I., Kilian J., Leighton F., Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. IEEE Trans. Image Process. 1997. Vol. 6. No. 12. Pp. 1673–1687.
5. Lie W., Chang L. Robust and high-quality time-domain audio watermarking based on low-frequency amplitude modification. IEEE Transactions on Multimedia. 2006. Vol. 8. Pp. 46 – 59.
6. Puat J., Jordan F. Using fractal compression scheme to embed a digital signature into image in Proc. SPIE Photonics East Symp., Boston, MA. 1996.
7. Shahraeini S., Yaghoobi M. A robust digital image watermarking approach against JPEG Compression attack based on hybrid fractal-wavelet. Advanced Materials Research. 2012. Pp. 403–408.
8. Smith J., Comiskey B. Modulation and information hiding in image' Information Hiding: First Int. Workshop "InfoHiding'96". Springer as Lecture Notes in Computing Science. 1996. Vol.1174. Pp. 207–227.
9. Wolfgang R., Podilchuk C., Delp E. Perceptual watermarks for digital images and video. Proceedings of the IEEE. 1999. Vol. 87. No. 7. Pp. 1108–1126.

Для цитирования:

Шелухин О.И., Канаев С.Д. Оценка качества неподвижного изображения при стеганографическом скрывании цифровых водяных знаков методом расширения спектра // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 6. С. 59–64.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF A STILL IMAGE AT THE STEGANOGRAPHIC DIGITAL WATERMARKS HIDING BY THE METHOD OF SPREAD SPECTRUM

Oleg I. Sheluhin,

Moscow, Russia, sheluhin@mail.ru

Sergei D. Kanaev,

Moscow, Russia, sereghka93@mail.ru

Abstract

The article examines the problem of copyright protection by embedding a digital watermark in a still image by the method of direct-sequence spread spectrum.

At the beginning of this article provides basic information about the use of the digital watermarks, described the main idea of embedding a watermark in the cover image and defined the basic requirements for digital systems, that used watermarks. It is selected the main areas of the image, that used for embedding a watermark, and transformations, which can be used in the selected area. It is introduced theoretical description of the direct-sequence spread spectrum method, the basic equations for the modulation algorithm, procedures of embedding and extraction, and also described the condition responsible for the quality of hidden watermark extraction.

It is introduced the block diagram of the watermark embedding algorithm by the method of direct-sequence spread spectrum with description of the performed actions and list of input and output parameters at each step. It is obtained the plots, that characterizing the properties of the basis functions: the correlation function of pseudo-random sequences, and the dependence of the error on the degree of orthogonality of the cover image to the basis functions.

The results of assessment of quality of a still image after embedding a watermark in it and the quality of the digital watermark after extraction from the original image are represented. The main metrics by which received estimations of quality of the cover image, containing watermark, and the watermark are noted.

As the metrics used Mean Square Error (MSE), Normalized Mean Square Error (NMSE), Signal to Noise Ratio (SNR) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR).

The dependences showing the influence the size of the embedded watermark on image quality have been received. It is shown that the quality of the cover image, containing the watermark, decreases significantly with increasing the size of the watermark. It is analyzed the influence characteristics of the pseudo-random sequence on the quality of the steganographic watermark hiding and the quality of the watermark extraction from the signal of the cover image.

It is shown, that if the pseudo-random sequence generator selected incorrectly, there is a significant degradation of quality of the watermark extraction from the signal of the container.

It is shown, that if the pseudo-random sequence generator selected incorrectly, there is a significant degradation of quality of the watermark extraction from the signal of the container.

Keywords: steganography; a still image; the digital watermark; direct-sequence spread spectrum; a pseudo-random sequence.

References

1. Barni M., Bartolini F., Cappellini V., Piva A. A DCT domain system for robust image watermarking. *Signal Processing (Special Issue on Watermarking)*. 1998. Vol. 66, No. 3. Pp. 357–372.
2. Barni M., Podilchuk C., Bartolini F., Delp E. Watermark embedding: hiding a signal within a cover image. *IEEE Comm.Magazine*. 2001. Pp. 102–108.
3. Cheng L.L., Ng K., Cheng L.M., Wong M. Adaptive watermarking by using pixel position shifting technique. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 1999. 45. Pp. 1057–1064.
4. Cox I., Kilian J., Leighton F., Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. *IEEE Trans. Image Process*. 1997. Vol. 6. No. 12. Pp. 1673–1687.
5. Lie W., Chang L. Robust and high-quality time-domain audio watermarking based on low-frequency amplitude modification. *IEEE Transactions on Multimedia*. 2006. Vol. 8. Pp. 46 – 59.
6. Puate J., Jordan F., Using fractal compression scheme to embed a digital signature into image in *Proc. SPIE Photonics East Symp.*, Boston, MA. 1996.
7. Shahraini S., Yaghoobi M. A robust digital image watermarking approach against JPEG Compression attack based on hybrid fractal-wavelet. *Advanced Materials Research*. 2012. Pp. 403–408.
8. Smith J., Comiskey B. Modulation and information hiding in image' *Information Hiding: First Int. Workshop "InfoHiding'96"*. Springer as Lecture Notes in Computing Science. 1996. Vol. 1174. Pp. 207–227.
9. Wolfgang R., Podilchuk C., Delp E. Perceptual watermarks for digital images and video. *Proceedings of the IEEE*. 1999. Vol. 87. No. 7. Pp. 1108–1126.

Information about authors:

Sheluhin O.I., Ph.D., professor, Head of the Department of Information security;

Kanaev S.D., second year graduate student, Moscow Technical University of Communications and Informatics.

For citation:

Sheluhin O. I., Kanaev S. D. Assessment of the quality of a still image at the steganographic digital watermarks hiding by the method of spread spectrum. *H&ES Research*. 2016. Vol. 8. No. 6. Pp. 59–64.