

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 1(25), 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор

А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.М. Вовшин, д-р техн. наук

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

Б.Н. Горевич, д-р техн. наук, профессор

Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор

А.И. Даниленко, д-р техн. наук

М.В. Жестев, канд. техн. наук

А.А. Жилев, д-р техн. наук

Г.В. Зайцев, д-р техн. наук

А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор

В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор

С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор

В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор

Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор

С.П. Соколов, д-р техн. наук

П.И. Стариковский, д-р техн. наук

А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор

Технический редактор: М.А. Лайков

Корректор: А.Н. Борзова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22

доб. 5-51-16, 5-51-15, 1-17-23, 1-16-00

E-mail: aspirantura@gskb.ru

izd.group@gskb.ru

Вестник воздушно-космической обороны:

► **Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО**

Т.П. Павлова, В.М. Алдошин, В.П. Панасенков

Методология технических наук в эпоху цифровой революции5

Н.Р. Халимов, А.В. Фёдоров, И.Е. Афонин

Методика оценки эффективности алгоритмов группирования воздушных объектов 12

► **Применение сил и средств ВКО**

Ф.В. Власов

Анализ существующего информационно-измерительного обеспечения испытаний ВВТ на межвидовом полигоне, перспективы развития20

В.И. Лобейко, С.В. Веселов, Н.Г. Мустафаев,

С.Н. Бориско, С.А. Князев

Повышение точности оценивания параметров траектории высокоманевренных воздушных объектов на основе разложения по ортогональным функциям25

В.И. Меркулов

Нестационарные методы самонаведения 30

Г.В. Наконечный, С.В. Петренко, А.В. Зибров

Моделирование деятельности оператора в процессе принятия решения на основе модифицированного метода оптимума номинала44

► **Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ**

С.В. Быковский, Т.И. Градова, М.Б. Орехов

Параметры электромагнитной совместимости циклотронно-защищённых комплексированных усилителей (ЦЗКУ)51

А.Л. Жарин, А.Е. Егоров

Приближённые аналитические методы расчёта пространственного положения объектов относительно земного эллипсоида55

О.В. Кислов

Объединённый алгоритм обработки телеметрической информации и оценивания динамических характеристик 63

Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2020 г.
№ 1(25). С. 1–132

Подписано в печать 30.04.2020 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 164366

Отпечатано в ООО «Издательство Юлис»
392010, г. Тамбов, ул. Монтажников, д. 9

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-63487

Учредитель: Публичное акционерное общество
«Научно-производственное объединение
«Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»

125190, г. Москва,
Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16.
Тел./факс (499)940-02-22/(499)940-09-99

Статьи рецензируются.

Незаконное тиражирование и перевод статей,
включенных в журнал, в электронном
и любом другом виде запрещено и карается
административной и уголовной
ответственностью по закону РФ
«Об авторском праве и смежных правах»

© ПАО «НПО «Алмаз», 2020

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС: 70576
в каталоге агентства
«РОСПЕЧАТЬ»:
ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ

В.А. Ковешников, А.Я. Мехтиев

*Разработка и исследование универсального
метода решения задач параметрической оптимизации (НС-метод)* 67

В.С. Оконешников, К.К. Севостьянов

*Структура и параметры сжатых НЧМ сигналов
со спектром автокорреляционной функции косинус в степени N
при доплеровском смещении частоты.....* 79

А.А. Трухачев

*Приём полезного сигнала на фоне мешающих отражений
от плазменного следа* 86

► Прикладные задачи применения информационных технологий

В.Б. Афанасьев, В.М. Медведев, С.Н. Остапенко, Г.В. Палихов

*Информационное обеспечение системы управления качеством
и надёжностью оборонной продукции предприятий
вертикально-интегрированных структур* 96

А.В. Кваснов, А.Г. Фандеев

*Опыт создания искусственных нейронных сетей
для распознавания наземных объектов
по поляризационным портретам* 109

► Аналитические исследования зарубежного опыта

В.И. Колесниченко, С.В. Голубчиков, В.К. Новиков

*Современное состояние и перспективы развития системы
дальнего обнаружения и сопровождения баллистических целей
наземного базирования ПРО США.....* 116

CONTENTS

► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

T.P. Pavlova, V.M. Aldoshin, V.P. Panasenkov

Methodology of technical sciences in the time of digital revolution5

N.R. Khalimov, A.V. Fedorov, I.E. Afonin

Methodology for grade the effectiveness of airborne grouping algorithms 12

► Aerospace defense systems and components application

F.V. Vlasov

Analysis of existing information and measuring providing tests of BBT on the trans-species ground, the prospects of development20

V.I. Lobeyko, S.V. Veselov, N.G. Mustafaev, S.N. Borisko, S.A. Knyazev

Increasing the accuracy of the evaluation of the parameters of the trajectory of highly manufactured air objects based on decomposition by orthogonal functions25

V.I. Merkulov

Non-stationary Guidance Algorithms30

G.V. Nakonechny, S.V. Petrenko, A.V. Zibrov

Simulation of operators activity in the process decision making based on modified the method of optimum nominal value44

► Design-engineering and technological research works

S.V. Bykovskiy, T.I. Gradova, M.B. Orekhov

Parameters of electromagnetic compatibility of cyclotron-protected complexed amplifiers (CPCA)51

A.L. Zharin, A.E. Egorov

Approximate analytical methods of calculation of spatial position of objects concerning terrestrial ellipsoid55

O.V. Kislov

The united algorithm of telemetry data processing and dynamic characteristics estimate the paper63

V.A. Koveshnikov, A.Ya. Mekhtiev

Method preparation and development for omnibus technique of parametric optimization solutions67

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostiyarov

Structure and parameters of compressed NLFM signals with spectrum of autocorrelation function of raised cosine in N-power in the presence of Doppler frequency shift79

A.A. Trukhachev

Reception of the useful signal against the background of the interfering reflections from an ionized wake86

IT applied application tasks

V.B. Afanacev, V.M. Medvedev, S.N. Ostapenko, G.V. Palihov
*Information support of the system quality and reliability management
of defense products of enterprises vertically integrated structure* 96

A.V. Kvasnov, A.G. Fandeev
*Experience in creating artificial neural networks for recognition
of ground objects based on polarizing patterns* 109

► Foreign experience analytic research

V.I. Kolesnichenko, S.V. Golubchikov, V.K. Novikov
*The current state and prospects for the development
of the long-range detection and tracking system
of ground-based ballistic targets of U.S. missile defense* 116

Полный список опубликованных номеров журнала Вы можете увидеть на сайте
<http://www.raspletin.com/notes>

Распоряжением Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28.12.2018 года № 90-р журнал «**Вестник воздушно-космической обороны**» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

URL: <http://www.vak.ed.gov.ru/documents/10179/0/Приложение.pdf>.

Включён в перечень ВАК по группам научных специальностей:

05.12.00 – Радиотехника и связь;

05.27.00 – Электроника.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 167.7

МЕТОДОЛОГИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ РЕВОЛЮЦИИ

© Авторы, 2020

Т.П. Павлова кандидат философских наук,
доцент кафедры, МАИ, г. Москва
E-mail: vptp52@mail.ru

В.М. Алдошин доктор технических наук, профессор,
начальник управления, Департамент научно-образовательной деятельности,
ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В.П. Панасенков кандидат технических наук,
доцент кафедры, МАИ, г. Москва
E-mail: valery.panasenkov@mai.ru

В статье предложены основные положения методологии технических наук применительно к происходящим в настоящее время качественным изменениям в сфере научных и технологических исследований, в первую очередь, связанным с переходом на новый технологический уклад – цифровую «реальность».

Ключевые слова: информационная система, искусственный интеллект, междотраслевая коммуникация, методологическое знание, объект исследования, разработка программного обеспечения, системная инженерия, техническая система.

The paper introduced the basic statements of the methodology on technical sciences applicable to the current changes in scientific and technological research connected with transfer to the new technological pattern – digital «reality».

Keywords: information system, artificial intelligence, interdisciplinary communication, methodology knowledge, object of research, software engineering, system engineering, technical system.

В условиях реализующейся в настоящее время информационной революции создание перспективных наукоемких систем требует от их создателей эффективной исследовательской и технологической деятельности. Подобная деятельность возможна только при условии, когда коллектив разработчиков имеет возможность в полной мере реализовать совокупностью методов, приемов исследования и соответствующих процедур, применяемых в той или иной специальной научной дисциплине. Переход на новый технологический уклад, цифровизацию процессов коренным образом меняет методологию научно-технического исследования. Понятия цифровой реальности характеризует

интегральный результат цифровизации. Исходя из этого в инженерно-технических и смежных с ними науках начинают широко применять методы математической гипотезы и математического моделирования. С целью успешной разработки систем необходимо последовательно и осознанно применять подход системной инженерии, предполагающий реализацию систематических, хорошо формализованных и старательно контролируемых мероприятий, включающих тщательное планирование, анализ, критические обзоры и документирование. Таким образом, вызовы эпохи цифровой революции определяются через развитие информационных технологий, системотехники, эргономики, которые играют определяющую роль в конкурентоспособности организации и государства в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.
2. Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве // сост. и отв. ред. Копчик В.А. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – 495 с.
3. Азаров В.Н., Бойцов Б.В., Гудков Ю.И., Майборода В.П. Вызовы эпохи цифровой революции, новые компетенции // Компетентность. – 2017, №10. – С.48–49.
4. Коэн М., Нагель Э. Введение в логику и научный метод / Пер. с англ. П.С. Куслия. – Челябинск: Социум, 2010. – 402 с.
5. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++: пер. с англ., 2-е издание / под ред. И. Романовского и Ф. Андреева. – Санта-Клара, Калифорния, *Rational*.
6. ISO/IEC 20000:2008 Информационные технологии. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования.
7. Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика: пер. с англ. / под ред. В. К. Батоврина. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 624 с.
8. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0.» за 2016 год. – URL: http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf.
9. URL: <https://www.aerospacetestinginternational.com/opinion/what-can-the-aerospace-industry-learn-from-the-boeing-737-max.html>.
10. URL: <https://expert.ru/2019/03/22/prishli-za-boeing>.

METHODOLOGY OF TECHNICAL SCIENCE IN THE TIME OF DIGITAL REVOLUTION

T.P. Pavlova, V.M. Aldoshin, V.P. Panasenkov

In course of the current information revolution the creation of advanced high-tech systems requires effective research and technological activity to be done by their architects. Such activity can be implemented only if the team of architects has opportunity to use all set of research methods and practices developed in various scientific disciplines. Transfer to the new technological pattern, processes digitalization, significantly changes methodology of scientific research. Categories of digital reality describe the integral results of digitalization. Consequently, the methods of mathematical hypothesis and mathematical modeling become widely used in engineering, technology and other adjacent disciplines. To be successful in the engineering of systems the system engineering approach shall be deliberately and consistently used. It supposed to use systemic well formalized and deliberately controlled procedures including detailed planning, critical analysis, and documenting. As a result, challenges of the digital revolution are determined via development of information technologies, system engineering, ergonomics making cornerstone input for competitiveness of any company and the state as whole.

Поступила 30 октября 2019 года.

УДК 621.396.967

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ГРУППИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

© Авторы, 2020

Н.Р. Халимов кандидат технических наук,
доцент, ВУНЦ «ВВС ВВА», г. Воронеж
E-mail: nike@nm.ru

А.В. Фёдоров
адъюнкт, ВУНЦ «ВВС ВВА», г. Воронеж
E-mail: alex_under_fed@mail.ru

И.Е. Афонин кандидат технических наук,
доцент, 2 АФ (ИА) КВВАУЛ, г. Армавир
E-mail: ilyaafonin@yandex.ru

В настоящее время, в связи с широким распространением и развитием беспилотной авиации, всё более актуальными становятся алгоритмы автоматизированного группирования воздушных объектов. Однако пока не существует единого подхода к оценке предлагаемых алгоритмов. Предложена методика, позволяющая оценить вероятности правильного решения задачи группирования и наглядно сравнивать эти вероятности для разных алгоритмов.

Ключевые слова: группирование, эффективность.

Currently, due to the wide distribution and development of unmanned aircraft, algorithms for automated grouping of airborne objects are becoming increasingly relevant. However, so far there is no single approach to evaluating the proposed algorithms. A technique is proposed that allows one to estimate the probabilities of the correct solution to the grouping problem and to visually compare these probabilities for different algorithms.

Keywords: grouping, efficiency.

В случаях массированного применения авиации, характерного для военных конфликтов последних десятилетий, если количество обнаруженных воздушных судов превышает пропускную способность РЛС, то последняя не сможет в полной мере обеспечить решение поставленной перед ней задачи. Такая проблема может быть решена путем обобщения (укрупнения) обрабатываемой и отображаемой информации о воздушной обстановке. Такое обобщение информации может заключаться в выявлении компактных групп (группировании) воздушных объектов, решающих общую задачу. Однако на данный момент не существует единой методики оценки эффективности алгоритмов, выполняющих группирование воздушных объектов.

В статье предложен вариант методики оценки эффективности алгоритмов группирования воздушных объектов, а также представлены результаты имитационного моделирования одного из таких алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бабич В.К., Баханов Л.Е., Герасимов Г.П. и др.** Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: 2-е изд. Монография / под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2004. – 816 с.
2. **Горощенко Л.Б.** Принципы планирования боевых действий истребителей в системах ПВО. – Полёт, 2000, №3. – С.39–44.
3. **Шатовкин Р.Р.** Моделирование функционирования системы управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания: Монография. – Воронеж, Издательство ВАИУ, 2010. – 328 с.
4. **Вахненко В.А., Матвеев П.А., Цишук А.А.** Группирование воздушных целей // Успехи современной радиоэлектроники. – 2014, №3. – С.11–13.
5. **Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекк и др.** Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. А.М. Хотинского, С.Б. Королева / под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
6. **Халимов Н.Р., Фёдоров А.В.** Алгоритм группирования воздушных целей на основе кластерных методов // Материалы XVII международной научно-методической конференции: «Информатика: проблема, методология, технологии». – ВГУ, 2017.
7. **Джарратано Д., Райли Г.** Экспертные системы: принципы разработки и программирования: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
8. **Богданов А.В., Филонов А.А.** Применение узкополосной доплеровской фильтрации в многофункциональных радиолокационных комплексах. Часть 1: Монография. – Тверь, ВУ ПВО, 2004. – 129 с.
9. **Халимов Н.Р.** Алгоритм траекторного сопровождения воздушных целей на основе расширенного фильтра Калмана // Радиотехника. – М.: Изд. «Радиотехника», №9, 2017. – С.73–76.

METHODOLOGY FOR GRADE THE EFFECTIVENESS OF AIRBORNE GROUPING ALGORITHMS

N.R. Khalimov, A.V. Fedorov, I.E. Afonin

In cases of massive use of aviation, characteristic of military conflicts of recent decades, if the number of aircraft detected exceeds the capacity of the radar, then the latter will not be able to fully provide a solution to its task. Such a problem can be solved by summarizing (enlarging) the processed and displayed information about the air situation. Such a generalization of information may consist in identifying compact groups (groupings) of air objects that solve the general problem. However, at the moment there is no uniform methodology for evaluating the effectiveness of algorithms that perform grouping of air objects.

The article proposes a variant of the methodology for evaluating the effectiveness of algorithms for grouping air objects, and also presents the results of simulation of one of such algorithms.

Поступила 16 августа 2019 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 623.5

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ВВТ НА МЕЖВИДОВОМ ПОЛИГОНЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

© Автор, 2020

Ф.В. Власов

первый зам. начальника 4 ГЦМП МО РФ – начальник штаба, 4 ГЦМП МО РФ, г. Знаменск
E-mail: FVVlasov@gmail.com

В статье рассматривается существующее информационно-измерительное обеспечение испытаний ВВТ на полигоне и перспективы его развития.

Ключевые слова: испытания, ракетное вооружение, траектория движения, информационно-измерительный комплекс, автоматизированный сбор информации, автоматизированная обработка.

The article discusses the existing information-measuring support for tests of weapons and military equipment at the test site and its development prospects.

Keywords: tests, rocket armament, a mechanical trajectory, an information and measuring complex, the automated collection of information, the automated processing.

В статье предложен вариант методики оценки эффективности алгоритмов группирования воздушных объектов, а также представлены результаты имитационного моделирования одного из таких алгоритмов.

Информационно-измерительное обеспечение испытаний ВВТ на полигоне позволяет регистрировать, передавать измерительную информацию по существующим каналам связи в «реальном режиме времени», оперативно получать результаты испытаний, производить автоматизированную обработку измерений любых радиотелеметрических и внешнетраекторных систем, что способствует проведению качественных летных испытаний в интересах всех видов и родов войск, проводящих испытания на 4 ГЦМП.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТЗ на СЧ ОКР «Создание модернизированной специализированной системы передачи данных 4 ГЦМП» (шифр «Перспектива – ПИК»).
2. ТЗ на СЧ ОКР «Модернизация составных частей системы 15Н1964 («РОКС-К») для выполнения требований защиты государственной тайны при пусках МБР с 4 ГЦМП МО» (шифр «Перспектива – ПИК – РОКС»).

3. ТЗ на СЧ ОКР «Создание на 4 ГЦМП автоматизированной системы информационно-аналитического обеспечения испытаний агрегатов, систем и изделий РК СН при пусках из позиционных районов 13 рд на основе новых методов и технологий анализа и оценки ТТХ РК СН» (Шифр «Перспектива – ПИК-АСИАОИП»).
4. ТЗ на СЧ ОКР «Автоматизированная система сбора и обработки информации» (шифр «Пятигорск-ИП-РВСН-АССОИ»).
5. ТЗ на ОКР «Модернизация полигонного измерительного комплекса для обеспечения лётных испытаний, учебно-боевых пусков и пусков по программам продления сроков эксплуатации РК СН» (шифр «Перспектива – ПИК»).

ANALYSIS OF EXISTING INFORMATION AND MEASURING PROVIDING TESTS OF BBT ON THE TRANS-SPECIES GROUND, THE PROSPECTS OF DEVELOPMENT

F.V. Vlasov

The article discusses the existing information-measuring support for tests of weapons and military equipment at the test site and its development prospects.

Поступила 1 октября 2019 года.

УДК 621.396.969.1

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ ВЫСОКОМАНЁВРЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ОРТОГОНАЛЬНЫМ ФУНКЦИЯМ

© Авторы, 2020

В.И. Лобейко доктор технических наук, профессор,
председатель научно-методического совета, г. Знаменск
E-mail: lobeykov@mail.ru

С.В. Веселов

начальник научно-исследовательского испытательного центра, г. Знаменск

Н.Г. Мустафаев кандидат технических наук,

зам. начальника научно-исследовательского испытательного центра, г. Знаменск

С.Н. Бориско кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник, г. Знаменск

С.А. Князев

начальник научно-исследовательского испытательного управления, г. Знаменск

В статье предложен общий подход к аппроксимации данных траекторных измерений параметров высокоманевренных воздушных объектов на основе разложения по ортогональным функциям, который позволяет формализовать процедуру привлечения априорной или независимой апостериорной информации, коррелированной с данными траекторных измерений. В итоге, за счёт привлечения дополнительной информации, становится возможным существенное повышение точности оценивания параметров высокоманевренных воздушных объектов.

Ключевые слова: траекторные измерения, аппроксимация данных, ортогональные функции.

In the article offers a general approach to approximating the data of parameters of high-maneuverable air objects based on decomposition by orthogonal functions, which allows formalizing the procedure for attracting priori or independent posterior information, correlated with the data of trajectory measurements. As a result, by attracting additional information, it becomes possible to significantly increase the accuracy of estimating the parameters of high-maneuverable air objects.

Keywords: trajectory measurements, approximation of the data, orthogonal functions.

В статье предложен общий подход к аппроксимации данных траекторных измерений параметров высокоманевренных воздушных объектов на основе разложения по ортогональным функциям, который позволяет формализовать процедуру привлечения априорной или независимой апостериорной информации, коррелированной с данными траекторных измерений. В итоге, за счет привлечения дополнительной информации, становится возможным существенное повышение точности оценивания параметров высокоманевренных воздушных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаракшанэ А.С., Железнов И.Г. Испытания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1974. – 184 с.
2. Шаракшанэ А.С. и др. Сложные системы. – М.: Высшая школа, 1997. – 247 с.
3. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / под ред. Р. М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с.
4. Железнов И.Г., Семенов Г.П. Комбинированная оценка характеристик сложных систем. – М.: Машиностроение, 1976. – 186 с.
5. Червоный А. и др. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения. – М.: Воениздат, 1979. – 95 с.

6. **Поспелов Д.А.** Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 238 с.
7. **Лобейко В.И., Лобанов В.В., Тарасенко Н.Н.** Теория ситуационного управления как основа синтеза инновационной системы полигонных испытаний зенитного ракетного оружия // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, Выпуск 3(11). – С.12–16.

INCREASING THE ACCURACY OF THE EVALUATION OF THE PARAMETERS OF THE TRAJECTORY OF HIGHLY MANUFACTURED AIR OBJECTS BASED ON DECOMPOSITION BY ORTHOGONAL FUNCTIONS

V.I. Lobeyko, S.V. Veselov, N.G. Mustafaev, S.N. Borisko, S.A. Knyazev

In the article offers a general approach to approximating the data of parameters of high-maneuverable air objects based on decomposition by orthogonal functions, which allows formalizing the procedure for attracting priori or independent posterior information, correlated with the data of trajectory measurements. As a result, by attracting additional information, it becomes possible to significantly increase the accuracy of estimating the parameters of high-maneuverable air objects.

Поступила 19 февраля 2020 года.

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ САМОНАВЕДЕНИЯ

© Автор, 2020

В.И. Меркулов доктор технических наук, профессор,
зам. генерального конструктора, АО «Концерн «Вега», г. Москва
E-mail: mail@vega.su

Рассмотрены нестационарные методы наведения летательных аппаратов, более полно соответствующие требованиям современного воздушно-космического противоборства, в том числе и с участием сверхманевренных и гиперзвуковых летательных аппаратов. При этом нестационарными считались методы, коэффициенты передачи ошибок управления в которых изменяются либо в зависимости от начальных условий применения, либо в процессе перехвата. Нестационарные методы, полученные на основе статистической теории оптимального управления, были сгруппированы по четырём направлениям, обеспечивающим: адаптацию коэффициентов передачи к начальным условиям применения; автоматическое перераспределение приоритетов управления от устранения угловых ошибок на начальном участке к устранению линейных промахов на конечном; учёт несоответствия динамических свойств цели и перехватчика; формирование управляющих сигналов с нелинейной зависимостью от ошибок управления. По каждому направлению приведены конкретные методы наведения и проведён их анализ.

Ключевые слова: нестационарный метод наведения, локальная оптимизация, ошибки управления, квадратичный и биквадратный функционал качества.

Non-stationary guidance algorithms for aerial vehicles are studied which more fully comply with contemporary air-space confrontation involving supermanoeuvrable and hypersonic aircrafts. The algorithms were accounted as non-stationary if gain ratio of control errors varied depending on initial conditions or current state. These algorithms are based on statistical theory of optimal control were grouped into four sets that provide: adaptation of gain ratios to initial conditions; automatic reallocation of control priority from angular errors on initial phase to linear miss on ending phase; correction for different dynamic properties of target and interceptor; formation of control signals with non-linear dependence on guidance error. For each set specific methods were shown and their analyses was carried out.

Keywords: non-stationary guidance algorithm, local optimization, guidance errors, quadratic and bi-quadratic quality functional.

На основе анализа военно-технического противоборства в воздушной среде предъявлены требования к методам наведения летательных аппаратов. По результатам анализа параметров и показателей совершенства методов самонаведения показана предпочтительность использования их нестационарных разновидностей.

Нестационарными считаются методы самонаведения, в которых коэффициенты передачи ошибок управления зависят либо от начальных условий применения, либо от времени. Использование нестационарных методов самонаведения позволяет:

- обеспечить их адаптацию к условиям применения;
- реализовать в процессе полета перераспределение приоритетов управления от устранения угловых ошибок к устранению линейных промахов;
- учесть в законе управления несоответствие динамических свойств цели и перехватчика;
- сформулировать сигналы управления с нелинейной (кубической) зависимостью от ошибок наведения, обеспечивающих увод летательного аппарата от границ устойчивой работы.

Рассмотрены конкретные примеры методов самонаведения, решающих эти задачи, с анализом их особенностей. Приведены результаты моделирования.

Манипулируя видами исходных моделей и функционалов качества можно получить широкий набор различных нестационарных методов самонаведения.

В общем случае, использование нестационарных методов наведения позволяет не только расширить круг поражаемых целей, но и обеспечить улучшение точности и устойчивости процесса перехвата и сократить время наведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные системы радиуправления: учебник для военных и гражданских вузов / под ред. В.И. Меркулова. – М.: Изд-во ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2008. – 423 с.
2. Попов И.М., Хамзатов М.И. Война будущего. Концептуальные основы и практические выводы. – М.: Кучково поле, 2017. – 832 с.
3. Федосов Е.А. Реализация сетцентрической технологии ведения боевых действий потребует создания БРЛС нового поколения // Фазотрон. – 2007, №1, 2.
4. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. III. Оптимальное управление системами. – М.: Радио и связь, 1982.
5. Черноусько Ф.А., Колмановский В.Б. Оптимальное управление при случайных возмущениях. – М.: Наука, 1978.
6. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления: Учебное пособие для ВУЗов – М.: Машиностроение, 2004. – 576 с.
7. Меркулов В.И., Канащенков А.И. Оптимизация алгоритма траекторного управления летательных аппаратов, наводимых на интенсивно маневрирующие цели // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2004, Т.2, №1.
8. Меркулов В.И., Соколов Д.А. Учет несоответствия динамических свойств подсистем при их совместном функционировании // Автоматика и телемеханика. – 2017, №5. – С.3–15.
9. Меркулов В.М., Иевлев Д.И. Метод наведения инерционного летательного аппарата, учитывающий несоответствие динамических свойств цели и перехватчика // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2019, Т.17, №1.
10. Меркулов В.И. Оптимизация систем управления по локальным квадратично-биквадратным функциональным качествам // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016, Т.14, №11. – С.27–33.
11. Меркулов В.И., Гусаров С.Б. Оптимизация систем управления по квадратично-биквадратным функционалам качества // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017, Т.15, №3. – С.3–7.
12. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т.1. Теоретические основы. РЛС в составе интегрированного авиационного комплекса / под ред. В.С. Вербы. – М.: Радиотехника, 2018. – 360 с.
13. Верба В.С., Меркулов В.И. Проблемы выбора метода оптимизации перспективных авиационных систем радиуправления / Труды СПИИ РАН. – 2019, Т.18, №3. – С.535–557.
14. Меркулов В.И., Соколов Д.А. Устранение несоответствия динамических свойств подсистем в процессе их совместного функционирования в составе сложных технических систем управления // Динамика сложных систем. – 2016, Т.10, №1. – С.26–32.
15. Крутько П.Д., Максимов А.И., Скворцов Л.М. Алгоритмы и программы проектирования автоматических систем. – М.: Радио и связь, 1988.
16. Меркулов В.И., Пляшечник А.С. Задача упрощенного целераспределения при групповом противоборстве летательных аппаратов // Автоматика и телемеханика. – 2019, №3. – С.123–137.

NON-STATIONARY GUIDANCE ALGORITHMS

V.I. Merkulov

Based on analyses of contemporary military technological confrontation requirements for guidance algorithms of aerial vehicles are presented. The preferability of using of non-stationary variants of guidance algorithms is shown justified by results of analyses of properties and factors of efficiency

The algorithms were accounted as non-stationary if gain ratio of control errors varied depending on initial conditions or time. Such algorithms allow for:

- adaptation of gain ratios to initial conditions;
- automatic reallocation of control priority from angular errors on initial phase to linear miss on ending phase;
- correction for different dynamic properties of target and interceptor;
- formation of control signals with non-linear cubic dependence on guidance error, which ensures breakaway of aerial vehicles from stable operation boundary.

Specific methods were shown and their analyses was carried out. Results of simulation are listed.

A wide range of possible non-stationary guidance algorithms may be obtained by manipulation of reference models and quality functionals.

In the general case, utilisation of non-stationary guidance algorithms allows for diversification of suitable targets, as well as improvement of precision and robustness of interception and reduction of guidance time.

Поступила 30 сентября 2019 года.

УДК 629.7.351

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ОПТИМУМА НОМИНАЛА

© Авторы, 2020

Г.В. Наконечный

зам. главного инженера, ОКБ ЛЭМЗ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

С.В. Петренко доктор технических наук,

ведущий научный сотрудник, ОКБ ЛЭМЗ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

А.В. Зибров

в/ч 21882, Россия

В области принятия решений во всех областях человеческой деятельности всё чаще возникает потребность в принятии сложных решений, последствия которых бывают очень весомы. В связи с этим появляется потребность в способах принятия решений, которые бы упрощали этот процесс и придавали решениям большую надёжность. В частности, предложено использовать частотный подход для моделирования деятельности оператора (эргатического элемента) в процессе принятия решения. Для расчёта количественного значения оптимальности принятия решения предлагается вместо традиционного Гауссовского закона распределения плотности вероятности различных типов входных воздействий для расчёта оптимального режима управления выходными воздействиями использовать частотный подход, статистически достоверно соответствующий реальному процессу. Цель выполненного исследования заключается в разработке инструмента, позволяющего оценить оптимальность принятия решения оператором на основе различия статистических показателей, определяемых на основе частотного подхода – мода. Задачи исследования: анализ существующих на сегодняшний день подходов моделирования деятельности операторов; выбор показателей, отражающих различия элементов оценивания профессиональной деятельности операторов. Очевидно, что необходимость принимать решения, для которых известны предопределяющие их условия, а также последующее влияние обуславливает оптимальное использование имеющейся информации относительно поставленной задачи, чтобы, достоверно определив варианты решения, найти среди них наилучший. Научная гипотеза заключается в возможности установления оптимальных показателей, характеризующих деятельность эргатического элемента в процессе принятия решения. В этой статье сделана попытка дать проблемам принятия решения обоснованное и наглядное представление с возможно наиболее полным учётом всех имеющихся аспектов исследуемого процесса. Предложенная математическая модель модифицированного метода оптимума номинала, не получившая до сего времени достаточного обоснования с учётом её адекватной формализации, может оказать существенную помощь при решении практических задач.

Ключевые слова: система управления (СУ), оператор, вероятность, частота, оптимум номинала, мода.

In the area of decision-making in all areas of human activity, there is an increasing need to take complex decisions, the consequences of which are very significant. In this regard, there is a need for decision-making methods that would simplify this process and give solutions greater reliability. In particular, it is proposed to use the frequency approach for modeling the activity of the operator (ergatic element) in the decision-making process. To calculate the quantitative values of the optimal decision is proposed instead of the traditional Gaussian law of probability density distribution of various types of input to calculate the optimal control mode of output actions use the frequency approach, statistically corresponds to the real process. The purpose of the study is to develop a tool to assess the optimality of decision-making by the operator on the basis of differences in statistical indicators determined on the basis of the frequency approach-mode. Objectives of the study: analysis of existing approaches to modeling the activities of operators; selection of indicators that reflect the differences in the evaluation of professional activities of operators. It is obvious that the need to make decisions for which the conditions that predetermine them are known, as well as the

subsequent influence determines the optimal use of the available information on the task in order to reliably determine the solution options, to find the best one among them. The scientific hypothesis is the possibility of establishing optimal indicators characterizing the activity of the ergatic element in the decision-making process. In this article, an attempt is made to give the problems of decision-making a reasonable and visual representation with the fullest possible consideration of all relevant aspects of the process under study. The proposed mathematical model of the modified optimum nominal method, which has not yet received sufficient justification, taking into account its adequate formalization, can provide significant assistance in solving practical problems.

Keywords: control system, operator, probability, frequency, optimum value, mode.

Рассматриваемая проблема заключается в том, что метод «оптимум номинала», используя статистические данные об изучаемом объекте, в нашем случае это оператор, особенностью профессиональной деятельности которого является принятие решения, позволяет составить алгоритм наилучшего управления (оценки управления) с позиции достижения максимальной эффективности. Под «номиналом» понимается определенное требуемое либо нормативное значение, которое необходимо соблюдать либо достичь оператором в результате своей деятельности. Отклонения реальных значений действий оператора от этого номинала имеют плотность распределения, характерную для рассматриваемого процесса. Статистическая обработка наблюдений за реальным процессом позволяет определить законы распределения этих отклонений от заданного номинала. В классическом методе оптимума номинала исходят из предположения, что функция плотности распределения описывается нормальным законом распределения и сравнивая математические ожидания определяют, какое именно управляющее воздействие необходимо выбрать, чтобы цель управления по ликвидации возмущающего воздействия была достигнута оптимальным образом. Однако в подавляющем большинстве реальных случаев имеет место несимметричное распределение отклонений от номинала и соответственно несимметричное распределение результатов реализации действий, либо операций, при этом исследуется вопрос о необходимости смещения номинала относительно математического ожидания результата процесса для достижения максимума его эффективности. В целях достижения адекватности формирования статистических характеристик рассматриваемого процесса и применения метода оптимума номинала предлагается использовать вместо традиционного показателя - математического ожидания, моду, т.е. наиболее характерное и часто встречающееся значение и как следствие осуществлять смещение номинала относительно моды для синтеза стратегии поведения оператора, т.е. определения оптимального варианта решения задачи и действия по достижению цели управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А.Н. Моделирование в научно-технических исследованиях. – М.: Радио и связь, 1989.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
3. Безбогов А.А. О теоретико-информационных критериях оценки функционирования систем «человек-техника» / Исследование и моделирование деятельности человека – оператора. – М.: Наука, 1981. – С.6–16.
4. Горелова Г.В., Здор В.В., Свечарник Д.В. Метод оптимума номинала и его применения. – М.: Энергия, 1970. – 200 с.
5. Горелова Г.В. Моделирование задач принятия решений в условиях вероятностной неопределенности для производственных систем. – Системный анализ в проектировании и управлении: ФГ АОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2019.
6. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 201 с.
7. Новиков М.В. Волновые процессы на РЦБ как среда принятия инвестиционных решений по критерию оптимума номинала цены. – Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2012.
8. Блошенко В.В. Применение метода оптимума номинала при проектировании систем с нечетким заданием параметров в сложных системах магистрального транспорта газа. – Известия южного федерального университета: ФГ АОУВО «Южный федеральный университет», 2005.
9. Попов Э.В. Экспертные системы: решение информационных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 283 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов: 6-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 1999.
11. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов: учеб. пособие, 4-е изд. – М.: МГТУ ГА, 2013. – Ч. I.
12. Кубланов М.С. Об адекватности математических моделей и задаче идентификации // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность. – 2009, №138. – С.101–106.

13. Тихонов А.Н., Кальнер В.Д., Гласко В.Б. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990.
14. Сборник задач по математике для втузов. Ч.3 Теория вероятности и математическая статистика: Учебное пособие для втузов / под ред. А.В. Ефимова. – М.: Наука, 1990. – 428 с.
15. Большая российская энциклопедия. – БРЭ 2015-2019.

SIMULATION OF OPERATOR'S ACTIVITY IN THE PROCESS DECISION MAKING BASED ON MODIFIED THE METHOD OF OPTIMUM NOMINAL VALUE

G.V. Nakonechny, S.V. Petrenko, A.V. Zibrov

The problem is that the method of «missing value» using statistical data about the studied object, in this case the operator, a peculiarity of professional activity of which is the decision allows to make the algorithm better control (valuation control) from a position of maximum efficiency. «Nominal value» means a certain required or normative value that must be met or achieved by the operator as a result of its activities. Deviations of the actual values of the operator's actions from this nominal value have a distribution density characteristic of the process under consideration. Statistical processing of observations of a real process makes it possible to determine the laws of distribution of these deviations from a given nominal value. In the classical method of the nominal optimum, they assume that the distribution density function is described by the normal distribution law and by comparing mathematical expectations determine which control action should be chosen in order to achieve the control goal of eliminating the disturbing effect in an optimal way. However, the vast majority of real cases there is a skewed distribution of deviations from the nominal value and, accordingly, the skewed distribution of the results of the implementation of actions or operations, while I examine the issue of necessary offset relative to the nominal value of the mathematical expectation of the result of the process to achieve maximum efficiency. In order to achieve the adequacy of the formation of the statistical characteristics of the considered process and application of the optimum of the nominal value it is proposed to use instead of the traditional index – mathematical expectation, mode, i.e. most characteristic and frequently occurring value and as a consequence to carry out the displacement of the par value of fashion to the synthesis strategies of the operator, i.e. the optimal solution of the problem and actions to achieve management objectives.

Поступила 13 января 2020 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 621.385.6, 621.396.96

ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЦИКЛОТРОННО-ЗАЩИЩЕННЫХ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ (ЦЗКУ)

© Авторы, 2020

С.В. Быковский кандидат технических наук,
начальник отдела, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино, Московская обл.
E-mail: bykovskiy@istokmw.ru

Т.И. Градова
начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

М.Б. Орехов
заместитель начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Рассмотрены параметры электромагнитной совместимости циклотронно-защищённых комплексированных усилителей (ЦЗКУ), физические особенности и принципы работы ЦЗКУ, обуславливающие указанный уровень параметров.

Ключевые слова: параметры электромагнитной совместимости приёмников РЛС, циклотронное защитное устройство, циклотронно-защищённый комплексированный усилитель.

The parameters of electromagnetic compatibility of cyclotron-protected complexed amplifiers (CPCA), physical features and principles of the CPCA, determining the specified level of parameters are considered.

Keywords: parameters of electromagnetic compatibility of radar receivers, cyclotron protective device, cyclotron-protected complexed amplifier.

В статье рассмотрены основные параметры электромагнитной совместимости циклотронно-защищённых комплексированных усилителей (ЦЗКУ) диапазона частот X, влияющие на параметры приемников РЛС: частотная избирательность по побочным каналам приема, по интермодуляции и по блокированию. Указанные параметры обусловлены в значительной степени физическими особенностями первого каскада ЦЗКУ – циклотронным защитным устройством (ЦЗУ).

Частотная избирательность связана с резонансным характером амплитудно-частотной характеристики ЦЗУ, приведены расчетные и экспериментальные данные по частотным зависимостям. Подавление зеркального канала приема при работе на верхнем краю рабочей полосы частот – худший с точки зрения ЭМС случай – составляет 66.9 дБ. Наименьшее ослабление имеет место по каналам приема выше частоты гетеродина и составляет 37...47 дБ.

Динамический диапазон ЦЗКУ по интермодуляции при подаче помехи в рабочей полосе частот составил 64.2 дБ, при блокировании помехой в рабочей полосе частот динамический диапазон составил 76.8 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плешивцев В.И. СВЧ-приёмники радиолокационных систем. – М.: Радиотехника, 2012.
2. Плешивцев В.И., Градова Т.И. Очерки об электромагнитной совместимости и помехозащищённости СВЧ-приёмников РЛС. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018.
3. Сифоров В.И. Радиоприёмники сверхвысоких частот. – М.: Воен. изд. МО СССР, 1957. – С.214.
4. Лопухин В.М., Миценко Б.К. Расширение полосы электронного параметрического усилителя с помощью двух несвязанных резонаторов // Вестник московского университета, серия: физика, астрономия. – 1968, №1. – С.80.
5. Балько А.К., Петровский В.Б. Влияние рассогласованной нагрузки на полосу пропускания резонансных элементов связи // Электронная техника, сер.1, Электроника СВЧ, вып.2. – 1988. – С.64.
6. ГОСТ РВ 5801-001-2008.

PARAMETERS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF CYCLOTRON-PROTECTED COMPLEXED AMPLIFIERS (CPCA)

S.V. Bykovskiy, T.I. Gradova, M.B. Orekhov

The article discusses the main parameters of electromagnetic compatibility of cyclotron-protected complexed amplifiers (CPCA) for X frequency range, affecting the parameters of radar receivers: frequency selectivity for side channels of reception, intermodulation and blocking. These parameters are largely determined by the physical features of the first cascade of the CPCA – cyclotron protective device (CPD).

Frequency selectivity is associated with the resonant nature of the amplitude-frequency characteristics of the CPD. Calculated and experimental data on the frequency dependences are presented. The suppression of the mirror reception channel when operating on the upper edge of the working frequency band – the worst case in terms of EMC – is 66.9 dB. The smallest attenuation takes place on the reception channels above the local oscillator frequency and is 37...47 dB.

The dynamic range of the CPCA for intermodulation when applying interference in the working frequency band was 64.2 dB, while blocking by interference in the working frequency band, the dynamic range was 76.8 dB.

Поступила 2 сентября 2019 года.

УДК 631.396

ПРИБЛИЖЁННЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА

© Авторы, 2020

А.Л. Жарин

ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

А.Е. Егоров кандидат физико-математических наук,

научный сотрудник, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва

Решение многих технических задач связано с необходимостью расчёта высоты различных объектов над поверхностью земного эллипсоида и дальности вдоль поверхности Земли от наблюдателя до объектов по их известным координатам. Известно, что в общем случае эти задачи не имеют простых аналитических решений (как в случае сферической Земли) и требуют реализации численного итеративного алгоритма, что является достаточно затратным по времени. Однако часто нет необходимости решать данные задачи абсолютно точно. В данной работе построен приближённый алгоритм расчёта, основанный на аналитических формулах, и проведено его сравнение с численным алгоритмом. Будучи лёгким и быстрым в реализации, предлагаемый авторами алгоритм обеспечивает точность, достаточно высокую для многих практических применений. Впервые получена аналитическая формула точного расчёта геодезической широты объекта по его геоцентрическим прямоугольным координатам.

Ключевые слова: вычисление, высота над поверхностью Земли, дальность по поверхности Земли, приближённые аналитические методы, точные итеративные методы.

The solution of many technical tasks is connected with a need of calculation of various objects height over a surface of a terrestrial ellipsoid and their distance along the Earth's surface from the observer to objects with known coordinates. It is known that generally these tasks have no simple analytical decisions (as in the case of spherical Earth) and demand implementation of the numerical iterative algorithm that is rather costly on time. However, often there is no need to solve these problems absolutely precisely. In our work the approximate algorithm of calculation based on analytical formulas is constructed and comparison with a numerical algorithm is carried out. Being easy and fast in realization, our algorithm provides the accuracy rather high for many practical applications. The analytical formula of exact calculation of geodetic width of an object for its geocentric orthogonal coordinates is received for the first time.

Keywords: calculation, height over a surface, distance along the surface, approximate analytical methods, precise iterative methods.

В данной статье рассматривается расчет дальности по поверхности Земли и высоты над ее поверхностью.

Данные величины рассчитываются с помощью двух различных методов: приближенного аналитического и точного итеративного.

Описаны точные методы расчета дальности и высоты над поверхностью Земли.

Предложены простые приближенные методы расчета дальности и высоты над поверхностью Земли.

Показано, что использование простых аналитических формул имеет большие преимущества перед численным расчётом – это позволяет экономить много времени при расчётах – как при моделировании, так и внутри программных алгоритмов изделий.

В процессе разработки приближенных методов выведена точная аналитическая формула расчёта геодезической широты.

Исследована количественно точность приближённых методов расчёта высоты и дальности, и показано что относительная ошибка вычисления дальности для геоцентрических координат не превышает $\approx 8 \times 10^{-4}$ для значений в пределах 3000 км, для геодезических не превышает $\approx 5 \times 10^{-3}$. Также ошибка вычисления высоты в геоцентрических координатах не превышает $\approx 6 \times 10^{-6}$.

Расчётами показано, что аналитические методы быстрее в ≈ 30 -50 раз.

Данная статья была представлена на международной конференции 6th International Conference «Engineering and Telecommunication – En&T-2019», 20-21 ноября 2019 года, МФТИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Vincenty T.** Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations // Survey Review XXII – 1975.
2. ГОСТ 32453-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек (с Поправкой).
3. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty's_formulae.
4. **Морозов В.** Курс сфероидической геодезии: изд. 2-е. – Москва, «Недра», 1979.
5. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance.

APPROXIMATE ANALYTICAL METHODS OF CALCULATION OF SPATIAL POSITION OF OBJECTS CONCERNING TERRESTRIAL ELLIPSOID

A.L. Zharin, A.E. Egorov

In this article calculation of range for the Earth's surface and heights over its surface is considered.

These values calculate with the help of two various methods: approximate analytical and exact iterative.

Exact methods of calculation of range and height over the Earth's surface are described.

Simple approximate methods of calculation of range and height over the Earth's surface are offered.

It is shown that use of simple analytical formulas has big advantages before numerical calculation – it allows to save a lot of time when calculating – both when modeling, and in program algorithms of products. In the course of development of approximate methods the exact analytical formula of calculation of geodetic width is removed. Accuracy of approximate methods of calculation of height and range is investigated quantitatively, and it is shown that the relative error of calculation of range for geocentric coordinates does not exceed $\approx 8 \times 10^{-4}$ for values within 3 000 km, for geodetic does not exceed $\approx 5 \times 10^{-3}$. Also the error of calculation of height in geocentric coordinates does not exceed $\approx 6 \times 10^{-6}$.

By calculations it is shown that analytical methods quicker in ≈ 30 -50 times.

Поступила 24 января 2020 года.

УДК 681.3.01

ОБЪЕДИНЁННЫЙ АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ОЦЕНИВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

© Автор, 2020

О.В. Кислов

начальник, 4 ГЦМП МО РФ, г. Знаменск

E-mail: info@raspletin.com

В статье обосновывается новый методический подход к обработке результатов телеметрических измерений и оцениванию динамических характеристик испытываемых объектов. Предложен новый обобщённый алгоритм обработки и оценивания, основанный на использовании методов теории статистического оценивания состояния динамических систем.

Ключевые слова: телеметрические измерения, оценка лётно-технических характеристик, динамические характеристики, алгоритм обработки.

The article is devoted to new methodical approach of the telemetering results and dynamic characteristics estimate of tested objects. Proposed a new generalized data handling and estimate algorithm based on using of statistical estimate method of dynamical systems.

Keywords: telemetering results, flight technical estimate, dynamic characteristics, data handling algorithm.

В статье обосновывается новый методический подход к обработке результатов телеметрических измерений и оцениванию динамических характеристик испытываемых объектов. Предложен новый обобщённый алгоритм обработки и оценивания, основанный на запатентованном методе скользящей области оценок. Алгоритм позволяет определять оценки динамических характеристик объектов, обеспечивает адекватность аппроксимирующих функций получаемых оценок динамических характеристик физическому процессу функционирования объекта в полете, сохраняет объём выборки, при этом повышает точность и надёжность оценивания динамических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кислов О.В., Литвинов С.П., Кобзарь А.А., Соколов С.П. Требования к перспективной автоматизированной системе анализа результатов лётных испытаний средств боевого оснащения // Журнал «Вестник Воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск 4(20). – С.14–17.
2. Кобзарь А.А., Потоцкий С.В., Устинов А.С. Возможности современных научных разработок для решения проблем, связанных с анализом и оценкой лётно-технических характеристик объектов испытаний по результатам экспериментального пуска // Материалы LI Научных чтений памяти К.Э.Циолковского. – Калуга, Издатель Захаров С.И. («СерНа»), 2016. – С.116–117.
3. Кобзарь А.А., Арканов А.В. Способ определения оценок лётно-технических характеристик ракет по результатам пусков. Патент RU 2649543C2, опубл.03.04.2018, бюл. №10.

THE UNITED ALGORITHM OF TELEMETRY DATA PROCESSING AND DYNAMIC CHARACTERISTICS ESTIMATE THE PAPER

O.V. Kislov

The article is devoted to the new methodical approach of the telemetering results and dynamic characteristics estimate of tested objects. Proposed a new generalized data handling and estimate algorithm based on patented sliding estimate method. The algorithm allows to define dynamic characteristics estimate, ensures the adequacy of approximative functions of dynamic characteristics estimate to physical process of object functioning during the flight, conserves flight test data volume and increases accuracy and design reliability of dynamic characteristics estimate.

Поступила 1 октября 2019 года.

УДК 517.8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ (НС-МЕТОД)

© Авторы, 2020

В.А. Ковешников кандидат технических наук,
ведущий инженер, АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула
E-mail: kbkedr@tula.net

А.Я. Мехтиев
начальник отделения, АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула

Оптимизация – естественный и необходимый этап процесса моделирования, направленный на повышение качества функционирования систем. При проектировании сложных наукоёмких изделий, в том числе и вооружений, актуальность оптимизационных исследований возрастает. Однако на практике оптимизация затруднена ввиду отсутствия надёжных методов, способных давать эффективные решения независимо от особенностей математической модели. Рассматриваемый в статье материал раскрывает сущность нового универсального подхода (НС-метод), основанного на эвристиках, эксперименте, использующий специальные процедуры отсечения и сортировки, паретоанализ и теорию случайных процессов.

Ключевые слова: случайный поиск, многоэкстремальность, дискретная оптимизация, целочисленность, неопределённость.

Optimization is a natural and necessary modeling step required to improve systems operation quality. In design activities associated with high-tech products such as military weapons optimization researches appear to be crucially important. However experience proves optimization solutions to be difficult to achieve because there are no reliable techniques capable to provide effective solutions irrespective of mathematic model peculiarities. This article describes a new universal approach (AS technique) based on heuristics, experiment; and which uses specific pruning and sorting procedures, Pareto analysis and a theory of random processes.

Keywords: random search, multiextremality, discrete optimization, continuous optimization, integer values, indeterminacy.

Оптимизация является механизмом разрешения неопределенностей посредством многовариантного анализа и должна быть включена в инструментарий математического моделирования. Существует много оптимизационных методов, однако большинство из них предназначены для решения задач определенного класса и имеют на практике много ограничений, обусловленных многокритериальностью, многопараметричностью, многоэкстремальностью, наличием областей неопределенности моделей, спецификой непрерывных и дискретных переменных, различными требованиями по точности, сходимостью и временем решения. Универсальный метод предполагает возможность оптимизационного исследования при наличии всего спектра отмеченных проблем.

Разработка метода, позволяющего решать большинство задач параметрической оптимизации, является сложной и актуальной задачей. Определенную роль здесь может играть эвристический, интуитивный подход, основанный на случайном поиске, специальных процедурах накопления и сортировки динамических массивов информации.

Изложен новый подход к решению задач параметрической оптимизации. Рассмотрены основные процедуры метода, их взаимосвязь и последовательность использования. Разработано программное обеспечение и несколько модификаций метода, проведена их апробация на многочисленных тестовых функциях, представляющих все многообразие задач параметрической оптимизации.

Компьютерные эксперименты свидетельствуют о высокой эффективности метода при решении всех типов задач параметрической оптимизации на основе единого алгоритма, не меняя программный код, фиксируя особенности конкретной задачи лишь при вводе информации. Данное обстоятельство является подтверждением достоверности названия «универсальный метод решения задач параметрической оптимизации».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Моисеев Н.Н.** Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.
2. **Химмельблау Д.** Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 534 с.
3. **Растрингин Л.А.** Методы случайного поиска. – М.: Наука, 1968.
4. **Liang J.J., Runarsson T.P., Mezura-Montes E., Clerc M., Suganthan P.N., Coello C.A. Deb K.** *Problem Definitions and Evaluation Criteria for the CEC 2006 Special Session on Constrained Real-Parameter Optimization. Technical Report.* – 2006. – 19 с.
5. **Батищев Д.И., Исаев С.А.** Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов // *Высокие технологии в технике, медицине и образовании. Часть 3.* – Воронеж, ВГТУ, 1997.
6. **Sastry K.** *Analysis of Mixing in Genetic Algorithms: A Survey. IlliGAL report №2002012.* – University of Illinois, Urbana-Champaign, 2002.
7. **More J.J., Gabow B.S., and Hillstrome K.E.** *Testing Unconstrained Optimization Software, ACM Trans. Meth. Software* (1981). – С.17–41.
8. **Fogel L.J., Owens A.J. and Walsh M.J.** *Artificial Intelligence Through Simulated Evolution.*
9. URL: <http://www.faqs.org/faqs/nonlinear-programming-faq>.
10. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_optimization_software.
11. URL: http://wiki.mcs.anl.gov/NEOS/index.php/Nonlinear_Programming_FAQ.
12. **Ковешников В.А., Фатуев В.А., Троицкий Д.И., Пантелеев И.Ю.** Разработка и исследование универсального алгоритма случайно-генетической оптимизации // *Труды международной конференции SICPRO'09.* – М.: Институт проблем управления (ИПУ), 2009. – 7 с.
13. **Ковешников В.А.** Программа реализации универсального алгоритма решения задач параметрической оптимизации. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, № 2018663352, 2018.

METHOD PREPARATION AND DEVELOPMENT FOR OMNIBUS TECHNIQUE OF PARAMETRIC OPTIMIZATION SOLUTIONS

V.A. Koveshnikov, A.Ya. Mekhtiev

Optimization is a mechanism of indeterminacy solutions using a multivariant analysis and that is why it must be added to mathematic modeling instruments. There are many optimization techniques, but most of the them have been devised to solve specific tasks and appear to have a lot of restrictions in practice due to multicriteria problem, multiparameter ambiguity, multiextremality, model domains of uncertainty, specific character of continuous and discrete variables, different requirements to accuracy as well as due to solution convergence and time. A universal or omnibus technique is to provide possibility of optimization researches taking into consideration all the above problems.

To devise a technique which allows solving the majority of parameter optimization tasks is a sophisticated and focal problem. A definite help here can be a heuristic, intuitive approach based on random search with special procedures of dynamic data arrays accumulating and sorting.

The new approach to parametric optimization problems solution is described. Basic technique procedures, their inter-connection and use sequence are studied.

Software has been developed, some modifications of the technique, they have been tested in various test functions describing all majority of parametric optimization problems.

PC experiments show the high effectiveness of technique while solution of all types of parametric optimization problems based on one and the same algorithm without changing the program code and fixing the specific features of certain task only when data input. This fact confirms the authenticity of the name «versatile technique for parametric optimization problems solution».

Поступила 7 октября 2019 года.

УДК 621.396.96

СТРУКТУРА И ПАРАМЕТРЫ СЖАТЫХ НЧМ СИГНАЛОВ СО СПЕКТРОМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ КОСИНУС В СТЕПЕНИ n ПРИ ДОППЛЕРОВСКОМ СМЕЩЕНИИ ЧАСТОТЫ

© Авторы, 2020

В.С. Оконешников доктор технических наук
ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

К.К. Севостьянов кандидат технических наук,
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматривается влияние доплеровского смещения частоты на параметры сжатого сигнала с прямоугольной огибающей и со спектром автокорреляционной функции косинус в степени n . Представлены результаты численного моделирования и определены УБЛ сжатых сигналов и потери на рассогласование для различных радиальных скоростей цели при различных параметрах сигналов. Для сжатия сигналов с малыми базами используется метод «обратных пульсаций».

Ключевые слова: обработка сигналов, линейная и нелинейная частотная модуляция, сжатый сигнал, согласованный фильтр, доплеровское смещение частоты, уровень боковых лепестков, потери на рассогласование.

Effect of Doppler frequency shift on parameters of compressed signal with square envelope and spectrum of autocorrelation function, the cosine in n -power, is considered. Simulation results are presented and side lobe level of compressed signal and mismatch loss was calculated for various radial velocities and signal parameters. «Reverse ripple» method was applied for compressing signals with small base.

Keywords: signal processing, linear and nonlinear frequency modulation, compressed signal, matched filter, Doppler frequency shift, side lobe level, mismatch loss.

Рассматривается влияние доплеровского смещения частоты на параметры сжатого сигнала с прямоугольной огибающей и со спектром автокорреляционной функции косинус в степени n . Представлены результаты моделирования структуры сжатых НЧМ сигналов со спектром косинус в квадрате для различных доплеровских смещений частоты и при различных параметрах сигналов (длительность импульса и девиация частоты в импульсе). Приведены измеренные относительные величины сдвига максимума сжатого НЧМ сигнала и для сравнения относительные величины сдвига максимума сжатого ЛЧМ сигнала (вычисленные теоретически). Приведены уровни боковых лепестков сжатых НЧМ сигналов и потери в отношении сигнал/шум для различных радиальных скоростей цели при различных параметрах сигналов. Для полноты оценки меньшей толерантности у НЧМ сигналов, чем у ЛЧМ сигналов к доплеровскому смещению частоты, приводятся данные по НЧМ сигналам со спектром косинус в 1, 3 и 4 степени. Для сжатия сигналов с малыми базами используется метод «обратных пульсаций».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. / под ред. В.С. Кельзона. – М.: Сов.радио, 1971, – 568 с.
2. Завалий В.Н., Оконешников В.С. Метод вычисления зависимости частоты от времени в сигналах с нелинейной ЧМ, имеющих спектр мощности в виде косинус в N-ой степени // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №1(13). – С.80–86.
3. Оконешников В.С., Пахомов А.А., Севостьянов К.К. Моделирование обработки сигнала с обратной синусоидальной частотной модуляцией // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, выпуск 1(21). – С.93-100.
4. Оконешников В.С., Севостьянов К.К. Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, выпуск 2(22). – С.76-84.
5. Оконешников В.С., Севостьянов К.К. Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром автокорреляционной функции косинус в кубе и косинус в четвертой степени // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, выпуск 4(24). – С.89-97.

STRUCTURE AND PARAMETERS OF COMPRESSED NLFM SIGNALS WITH SPECTRUM OF AUTOCORRELATION FUNCTION OF RAISED COSINE IN N-POWER IN THE PRESENCE OF DOPPLER FREQUENCY SHIFT

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostiyarov

Effect of Doppler frequency shift on parameters of compressed signal with square envelope and spectrum of autocorrelation function, the cosine in n-power, is considered. Simulation results of compressed signal structure with spectrum of autocorrelation function of raised cosine in 2-power in the presence of various Doppler frequency shifts for various signal parameters (impulse length and frequency deviation) are presented. Measured relative values of biases of compressed NLFM signal maximum are presented and relative values of biases of compressed LFM signal maximum (theoretically calculated) are presented for comparison. Side lobe level of compressed signal and mismatch loss was calculated for various radial velocities and signal parameters. For full assessment a less robustness to Doppler frequency shift for NLFM signals compared to LFM signals, simulation results for signals with spectrum of raised cosine in 1, 3, 4-power are presented. «Reverse ripple» method was applied for compressing signals with small basets.

Поступила 7 мая 2019 года.

УДК 621.396.96

ПРИЁМ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА НА ФОНЕ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ПЛАЗМЕННОГО СЛЕДА

© Автор, 2020

А.А. Трухачев доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ПАО НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Рассматриваются ФКМ импульс, ЛЧМ импульс и квазинепрерывный сигнал. Проведён анализ применений сигналов для наблюдения за баллистической целью на атмосферном участке траектории. Оценены возможности приёма полезного сигнала, отражённого от боевого блока, на фоне мешающих отражений от плазменного следа.

Ключевые слова: баллистическая ракета, боевой блок, плазменный след, обнаружение радиолокационного сигнала, функция неопределённости.

Binary phase-coded pulse, chirp pulse and interrupted continuous wave are considered. The analysis of applications of signals for observation of the ballistic target on an atmospheric phase of trajectory is carried out. Possibilities of reception of the useful signal reflected from the reentry vehicle, against the background of the interfering reflections from an ionized wake are estimated.

Keywords: ballistic missile, reentry vehicle, ionized wake, radar signal detection, ambiguity function.

В качестве зондирующих сигналов рассматриваются ФКМ импульс, ЛЧМ импульс и квазинепрерывный сигнал. Проведён анализ применений сигналов для наблюдения за баллистической целью на атмосферном участке траектории. Оценены возможности приёма полезного сигнала, отражённого от боевого блока, на фоне мешающих отражений от плазменного следа.

Каждый из рассмотренных зондирующих сигналов обладает как некоторыми преимуществами, так и определёнными недостатками. Выбор зондирующего сигнала необходимо осуществлять перед каждым зондированием с учётом радиолокационной обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мартин Дж.** Вход в атмосферу. Пер. с англ. / под. ред. Н.А. Анфимова. – М.: Мир, 1969. – 320 с.
2. **Великанов В.Д. и др.** Радиотехнические системы в ракетной технике. – М.: Воениздат, 1974. – 340 с.
3. **Соловьев Г.К., Толкачев А.А., Фарбер В.Е.** Использование ЛЧМ-сигнала для отстройки эхосигнала плазменного следа от эхосигнала сопровождаемого объекта // Радиотехника. – 2006, № 4. – С.51–52.
4. **Трухачёв А.А.** Радиолокационные сигналы и их применения. – М.: Воениздат, 2005. – 320 с.
5. Грани «Алмаза»: История в событиях и лицах, 1947 – 2002: 55 лет / Сост.: С. Касумова, П. Проказов. – М.: 2002. – 192 с.
6. **Fitzgerald R.J.** Effects of Range-Doppler Coupling on Chirp Radar Tracking Accuracy. *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 1974, vol. AES-10, №4. – P.528–532.
7. **Трухачёв А.А.** Применения импульсов с линейной частотной модуляцией для автосопровождения целей // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск №1(21). – С.41–57.
8. **Волочков Е.Б.** Измерение дальности ЛЧМ сигналом при неизвестной доплеровской частоте // Радиотехника. – 1991, № 11. – С.17–19.

RECEPTION OF THE USEFUL SIGNAL AGAINST THE BACKGROUND OF THE INTERFERING REFLECTIONS FROM AN IONIZED WAKE

A.A. Trukhachev

As the transmitted waveform binary phase-coded pulse, chirp pulse and the interrupted continuous wave are considered. The analysis of applications of signals for observation of the ballistic target on an atmospheric phase of trajectory is carried out. Possibilities of reception of the useful signal reflected from the reentry vehicle, against the background of the interfering reflections from an ionized wake are estimated.

Each of the considered waveform has both some advantages, and certain shortcomings. The choice of the transmitted waveform needs to be carried out before each sounding taking into account the radar environment.

Поступила 16 января 2019 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 658.562

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И НАДЁЖНОСТЬЮ ОБОРОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЕРТИКАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР

© Авторы, 2020

В.Б. Афанасьев

начальник отдела надёжности, АО «ГосНИИП», г. Москва

E-mail: vicbor54@bk.ru

В.М. Медведев доктор технических наук, профессор,

Генеральный директор, АО «ГосНИИП», г. Москва

E-mail: corund@gosniip.ru

С.Н. Остапенко доктор технических наук, профессор,

Представитель руководства по СМК, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва

E-mail: quality@almaz-antey.ru

Г.В. Палихов

зам. начальника инспекции по качеству, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва

E-mail: gpalixov@mail.ru

Статья продолжает цикл публикаций по теории и практике управления качеством продукции в вертикально-интегрированных структурах (ВИС) на примере интегрированной структуры АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей» (ИС Концерна). В настоящей статье на основе анализа задач в сфере управления качеством и надёжностью продукции, решаемых ВИС, информационного пространства для формирования полномасштабной системы сбора, обработки, учёта дискретных переменных о качестве и надёжности продукции, надёжности технологических систем предприятий, входящих в ИС Концерна, обоснованы технические решения построения информационной системы предприятий в интересах повышения результативности системы менеджмента качества (СМК). Представлена модель построения базы данных (БД) информационной системы СМК. Приведены результаты оценок качества продукции с учётом интеграции в автоматизированную информационную систему анализа качества (АИСАК) ИС Концерна.

Ключевые слова: информационная система управления качеством, информационное пространство дискретных переменных, база данных, показатели качества и надёжности.

The article continues the publication cycle concerning to the theory practice of product and system quality management in vertically integrated structures (VIS) by the example of the vertically integrated structure of «Almaz – Antey» Corp.». This article substantiates technical solutions for building an enterprise information system in the interest of improving the effectiveness of the Quality Management System (QMS) based on the analysis of the tasks of managing the quality and reliability of products, the information space for the formation of a full-scale system for collecting, processing, accounting for discrete variables about the quality and reliability of products, reliability of technological systems of enterprises included in the «Almaz – Antey» Corp.». The model of building a database (DB)

of the QMS information system is presented. The results of product quality assessments are presented. The possibility of integration into the automated quality information analysis system (AQIAS) of the «Almaz – Antey» Corp.» was taken into account.

Keywords: *quality management information system, information space of discrete variables, database, quality and reliability indicators.*

Реализуемость процедур управления качеством и надежностью оборонной продукции (ОП), надежностью технологических систем (ТС) в вертикально-интегрированных структурах (ВИС) оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в первую очередь связана с формированием репрезентативного массива достоверных данных о показателях качества и надежности ОП, надежности ТС, результативности производственных процессов и процессов СМК, как предприятий ВИС, так и ВИС в целом на базе:

информационных технологий формирования единого информационного пространства;

единого методического и нормативного аппарата в сфере управления качеством и надежностью ОП;

алгоритмов формирования и оценки структур иерархических множеств объектов, процессов, причин, факторов по уровням управления ВИС ОПК;

оптимальной структуры и архитектуры баз данных, прикладного инструментария автоматизированных информационных систем предприятий ВИС ОПК;

методов статистического контроля и оценки показателей качества и надежности ОП в рамках идеологии управления качеством (TQM).

В статье на основе анализа задач в сфере управления качеством и надежностью ОП, решаемых в ВИС, информационного пространства для формирования полномасштабной системы сбора, обработки, учёта дискретных переменных о качестве и надёжности продукции, надёжности технологических систем предприятий, входящих в ИС Концерна, обоснованы технические решения построения информационной системы предприятий в интересах повышения результативности системы менеджмента качества (СМК). Представлена модель построения базы данных (БД) информационной системы СМК.

Изложенные материалы могут быть интересны специалистам, занимающимся непосредственно практическими вопросами управления качеством и надежностью ОП на промышленном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Афанасьев В.Б., Медведев В.М.** Разработка и развитие информационно-технологического обеспечения системы управления качеством и надежностью предприятий военно-промышленного комплекса // Научно-технические проблемы обеспечения надёжности образцов вооружения военной и специальной техники и пути их решения: Сб. трудов научно-технической конференции. – М.: Изд. Типография ЗЦНИИ МО РФ, 2018. – С.112–114.
2. **Афанасьев В.Б., Медведев В.М.** Развитие информационно-технологического обеспечения системы управления качеством и надежностью предприятий ВПК: III НТК Математическое моделирование, инженерные расчёты и программное обеспечение для решения задач ВКО: Тезисы докл. – М.: Концерн ВКО «Алмаз – Антей», 2018. – С.40.
3. **Остапенко С.Н., Палихов Г.В., Протасьев В.Б., Юдин С.В.** Управление качеством в вертикально интегрированных структурах ОПК. Интеграция систем менеджмента качества и АСУТП // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 2(22). – С.99–109.
4. **Сухорученков Б.И.** Методы контроля безотказности. – М.: Изд. «Вузовская книга», 2017. – 329 с.
5. СТ ИС КОНЦЕРН ВКО 02.1-102-2019. Система стандартов интегрированной структуры АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». СМК. Оценка комплексного показателя результативности системы управления качеством и надежностью продукции предприятий-изготовителей оборонной продукции. – М.: АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». 2019. – 17 с.
6. СТ ИС КОНЦЕРН ВКО 02.1-105-2019. Система стандартов интегрированной структуры АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». СМК. Оценка единичных, комплексных и обобщённых показателей качества и надежности изделий оборонной продукции. – М.: АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». 2019. – 42 с.
7. **Wu C. M., Huang Y. F., Lee J.** Comparisons between mongodb and ms-sql databases on the twc website//American Journal of Software Engineering and Applications. – 2015, T.4, №.2. – С.35–41. https://www.researchgate.net/profile/Yin-Fu-Huang/publication/317184986_Comparisons_between_MongoDB_and_MS-SQL_Databases_on_the_TWC_Website/links/592bf0c6a6fdcc444_35c7a0f/Comparisons-between-MongoDB-and-MS-SQL-Databases-on-the-TWC-Website.pdf.

8. СТО 689.54 – 2018. Методы оценки надёжности и общие правила их применения. – М.: АО «ГосНИИП», 2019. – С.44–54.
9. **Brent R.P.** *Algorithms for Minimization Without Derivatives*. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973. – Ch. 3-4.
10. ГОСТ РВ 15.703-2005 СРПП ВТ. Порядок предъявления и удовлетворения рекламаций. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2006. – С.3–12.
11. ГОСТ РВ 51030-97 Комплексы ракетные и космические. Порядок организации и проведения рекламационных работ. – М.: Издательство стандартов, 1997. – С.2 32.
12. **Михайлов Ю.М.** Кандидатская диссертация. Ю.М. Михайлова. Властные коммуникации и фактор риска в сетевом обществе: социально-философский анализ. – URL: <http://avtoref.mgou.ru/new/d212.155.08/Mihailov/diss.pdf>.
13. **Исикава К.** Японские методы управления качеством: Сокр. пер. с англ. – М.: Экономика, 1998. С. 39–40.
14. **Афанасьев В.Б., Медведев В.М., Остапенко С.Н., Палихов Г.В.** Развитие информационно-технологического обеспечения системы управления качеством и надёжностью предприятий ВПК // Перспективные системы и задачи управления: Сб. материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции и X школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». – Ростов-на-Дону – Таганрог: Изд. Южного федерального университета, 2019. – С.45–53.
15. **Афанасьев В.Б., Воробьёв Т.К., Мамаев В.А., Медведев В.М.** Инновационное программное и математическое обеспечение в системе управления качеством предприятий ВПК // Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем: Сб. трудов XXXVIII Всероссийской научно-практической конференции. Часть 4. Серпухов: Филиал Военной академии РВСН имени Петра Великого, 2019. – С.60–64.

INFORMATION SUPPORT OF THE SYSTEM QUALITY AND RELIABILITY MANAGEMENT OF DEFENSE PRODUCTS OF ENTERPRISES VERTICALLY INTEGRATED STRUCTURE

V.B. Afanacev, V.M. Medvedev, S.N. Ostapenko, G.V. Palihov

Feasibility of procedures for the management of quality and reliability of defence products (DP), reliability of technological systems (TS) in vertically integrated structures (VIS) of the military-industrial complex (MIC) are primarily concerned with the formation of a representative array of reliable data on indicators of quality and reliability DP, reliability TC, effectiveness of production processes and QMS processes, as enterprises VIS and VIS in general on the basis of:

- information technologies of formation of uniform information space;
- unified methodological and regulatory apparatus in the field of quality and reliability management DP;
- algorithms for forming and evaluating structures of hierarchical sets of objects, processes, causes, and factors based on the management levels of the vis of the defense industry;
- optimal structure and architecture of databases, application tools of automated information systems of enterprises of the vis defense industry;
- methods of statistical control and evaluation of indicators of quality and reliability of DP within the framework of the quality management ideology (TQM).

In article on the basis of the analysis of problems in the field of quality management and reliability DP solved in VIS, an information space for the formation of a full-scale system for collecting, processing, integrating discrete variables on the quality and reliability of products, reliability of technological systems of the enterprises included in the IP Concern, justified the technical solution of the information system construction of enterprises to improve the effectiveness of the quality management system (QMS). The model of building a database of the QMS information system is presented.

These materials may be of interest to specialists who are directly involved in practical issues of quality management and reliability of DP at an industrial enterpris.

Поступила 30 октября 2019 года.

УДК 621.396.969.32

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ ПОРТРЕТАМ

© Авторы, 2020

А.В. Кваснов кандидат технических наук,
доцент, Высшая школа киберфизических систем СПбГУ им. Петра Великого, г. Санкт-Петербург
E-mail: Kvasnov_AV@spbstu.ru

А.Г. Фандеев кандидат технических наук,
директор, Санкт-Петербургский филиал ПАО НПО «Стрела», г. Санкт-Петербург
E-mail: spb@npostrela.net

В статье рассматривается проблема создания методики по распознаванию специализированных объектов с помощью поляризационных портретов. Поляризационный портрет характеризуется анизотропией облучаемой цели и сдвигом фазы радиоволны в процессе отражения. Пара этих признаков индивидуальна для каждого класса цели, по этой причине её можно использовать для распознавания. В исследовании на основе экспериментальных данных было проведено имитационное моделирование. Была построена искусственная нейронная сеть для распознавания объектов и получены результаты, показавшие возможность применения данной методики в РЛС.

Ключевые слова: радиолокационная разведка, искусственная нейронная сеть, поляризационный портрет.

The article considers the problem of developing a technique for recognition of specialized objects using polarizing patterns. The polarizing pattern is characterized by the anisotropy of the irradiated target and the phase shift of the radar wave during scattering. A pair of these values is individual for each class of the target, so that it can be used as features for recognition. In the paper a simulation was carried out based on experimental data. An artificial neural network was developed for object recognition, and results were obtained that showed the possibility of using this technique in radar systems.

Keywords: electronic intelligence, artificial neural network, polarizing pattern.

В статье представлена процедура, позволяющая осуществлять распознавание наземных неподвижных объектов с помощью их поляризационных портретов. Поляризационный портрет цели получается путем рассеяния линейно поляризованной волны на анизотропных радиоконтрастных объектах. Количественной оценкой анизотропных свойств объекта являются элементы матрицы Мюллера, которые могут быть использованы как уникальные признаки обнаруживаемой цели.

Признаковое пространство, полученное для параметров «коэффициент анизотропии – сдвиг фаз», можно применять для распознавания объектов с помощью искусственной нейронной сети. Искусственная нейронная сеть по типу персептрон с четырьмя скрытыми слоями была построена по методу байесовской регуляризации для распознавания семи объектов специальной техники.

Функционирование искусственной нейронной сети проводилось на имитационной модели. При этом учитывались поляризационные свойства подстилающей поверхности при получении признаков объектов. Результаты моделирования показали, что функция потерь нейронной сети не превышает 0.4. Это позволяет сделать вывод о возможности реализации метода в комплексах радиоразведки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скольник М. Справочник по радиолокации. Основы радиолокации. Т. 1. – Москва: Советское радио, 1976. – 456 с.
2. Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. Т. 1. – Москва: Радиотехника, 2007. – 704 с.
3. Олюнин Н.Н., Сазонов В.В. Анализ информативности поляризационных признаков в задаче радиолокационного распознавания // Сборник докладов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». – Москва, 2009. – С.271–277.
4. Олюнин Н.Н. Использование поляриметрических данных радиолокационных станций дальнего обнаружения для распознавания целей / автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва. 2011. – 23 с.
5. Kvasnov A.V., Shkodyrev V.P., Arsenyev D.G. Method of recognition the radar emitting sources based on the naive Bayesian classifier // WSEAS transactions on systems and control, Vol. 14, 2019. – P.112–120.
6. Кваснов А.В. Применения байесовского программирования в задачах распознавания и классификации источников радиоизлучения. – Москва: Радиотехника, 2020, №3(5). – С.9–19.
7. Кваснов А.В., Шкодырев В.П., Арсеньев Д.Г. Материалы конференции «Управление в аэрокосмических системах» (УАС-2108) // Высокоточные модели распознавания объектов на основе рекуррентных байесовских алгоритмов. – Санкт-Петербург, 2018. – Р.90–96.
8. Bishop C.M. Neural Networks for Pattern Recognition. – Oxford: Oxford University Press, 1995. – 504 p.

EXPERIENCE IN CREATING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR RECOGNITION OF GROUND OBJECTS BASED ON POLARIZING PATTERNS

A.V. Kvasnov, A.G. Fandeev

The article presents a procedure for recognizing ground-based objects using their polarizing patterns. The target polarization pattern is obtained by scattering a linearly polarized wave on anisotropic objects. The quantitative evaluation of the anisotropic properties is the elements of the Mueller matrix, which can be used as unique features of the detected targets.

The attribute space for the parameters “anisotropy coefficient - phase shift” can be applied to recognize objects using an artificial neural network. An artificial neural network of the perceptron type with four hidden layers was constructed based on Bayesian regularization method for recognizing seven special objects.

The operation of the artificial neural network was carried out on a simulation model. The polarization properties of the underlying surface were taken into account when obtaining features of objects. The simulation results showed that the loss function of the neural network does not exceed 0.4. This allows us to conclude that it is possible to implement the method in electronic intelligence.

Поступила 18 марта 2020 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.764; 621.396.969.3

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ ПРО США

© Авторы, 2020

В.И. Колесниченко доктор технических наук, профессор,
помощник зам. генерального конструктора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

С.В. Голубчиков кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В.К. Новиков кандидат военных наук, доцент,
доцент, ВА РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская обл.

Рассматриваются вопросы назначения, состава, современного состояния и перспектив развития системы дальнего обнаружения и сопровождения баллистических целей ПРО США наземного базирования в рамках развития глобальной эшелонированной противоракетной обороны.

Ключевые слова: противоракетная оборона, радиолокационная станция, баллистическая цель, дальнее обнаружение.

The article deals with such issues as the purpose, parts, current state and prospects of the development of the long-range detection and tracking system of ground-based ballistic targets of the U.S. missile defense in the framework of development of global layered missile defense.

Keywords: ballistic missile defense, radar station, ballistic target, long-range detection.

В настоящее время США создает и реализует глобальную эшелонированную противоракетную оборону, одной из составляющих которой является информационная система ПРО космического, воздушного, наземного и морского базирования.

В статье рассматривается история создания, современное состояние и перспективы развития системы дальнего обнаружения и сопровождения баллистических целей наземного базирования национальной ПРО США: надгоризонтные радиолокационные станции дальнего обнаружения системы предупреждения о ракетно-ядерном ударе PAVE PAWS и BMEWS, РЛС Cobra Dane, PARCS, перспективные РЛС LRDR, HDR-H;

загоризонтные РЛС CONUS, ROTH; РЛС полигонов типа TRADEX, ALTAIR, ALKOR, MMW; РЛС ПРО США PAR, MCR, а также РЛС, привлекаемые для выполнения задач информационного обеспечения системы ПРО США.

Система дальнего обнаружения наземного базирования позволяет обеспечивать устойчивое распознавание баллистических целей на среднем участке траектории их полёта, точное сопровождение и оценку эффективности обстрела.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Васильев В.А., Мухин В.И.** «Стратегическая оборонная инициатива и эшелонированная противоракетная оборона США». – М.: МО СССР, 1990. – 240 с.
2. **Васильев В.А., Мухин В.И.** Система глобальной защиты от ограниченного удара баллистических ракет Джи-ПАЛЗ. – М.: РВСН, 1994. – 157 с.
3. **Игнатьев Н.И.** Космические командования Вооруженных сил США // Зарубежное военное обозрение. – 1993, №117, – С.2–7.
4. **Карпенко А.В.** Противоракетная и противокосмическая оборона. – Санкт-Петербург, Невский бастион, 1998, №4. – 49 с.
5. **Васильев В.А., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Основы противодействия перспективным системам противоракетной обороны противника. – М.: РВСН, 2000. – 348 с.
6. *Managing Nuclear Operations. Edited by Aston B. Carter, John D. Steinbruner, Charles A. Zraket. – Washington, D.C. – The Brookings Institution. – 1987. – 751 p.*
7. **Васильев В.А., Голубчиков С.В.** Создание и развертывание противоракетной обороны США и перспективы её развития до 2020 года. – Вестник Академии Военных Наук, 2015, №4(53). – С.136–144.
8. URL: <https://topwar.ru/92958-sistema-pro-ssha-chast-2-ya.html>.
9. **Ненартович Н.Э., Горевич Б.Н.** Система противоракетной обороны США. Анализ и моделирование. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018. – 320 с.
10. *Mostlymissiledefense «Space Surveillance Sensors: Globus II Radar». June 1, 2012.*
11. **Andrew Higgins.** On a Tiny Norwegian Island, America Keeps an Eye on Russia. – *The New York Times*, June 13, 2017.
12. LRDR CP#1 Site Infrastructure, MCF and Substation, Clear AFS, Alaska/Federal Business Opportunity (Solicitation number W911KB-17-R-0010). November, 2017.
13. *Ballistic Missile Early Warning System, Air Force Space Command. March 22, 2017.*
14. *Upgraded Early Warning Radars, Air Force Space Command. March 22, 2017.*
15. *Northrop Grumman Wins \$866 Million Radar Sensor Modification Contract, Defense World. June 2, 2018;*
16. *Cheyenne Mountain Reshapes for Future Missions. By William B. Scott // Aviation Week & Space Technology, Vol.144, №12, 1999. – P. 53–55.*
17. *Managing Nuclear Operations. Edited by Aston B. Carter, John D. Steinbruner, Charles A. Zraket. – Washington, D.C. – The Brookings Institution. – 1987. – 751 p.*
18. *Pave Paws Radar System, Air Force Space Command. March 22, 2017.*
19. *North American Aerospace Defense. A Partnership in continental Security. By J.D. O. Blenis. // International Defense Review, 1995. – P.140–144.*
20. *Lockheed Martin News «Lockheed Martin Reaches Technical Milestone For Long Range Discrimination Radar». October 16, 2018.*
21. *Lockheed Martin. LRDR Factsheet, 2017.*
22. *Army technology «MDA awards \$585m contract for Homeland Defense Radar Hawaii». December 20, 2018.*
23. *Homeland Defense Radar – Hawaii. Environmental Impact Statement. MDA news. June 2018.*
24. URL: <http://www.specnaz.ru/articles/113/17/362.htm>.
25. **Сафронов Ю.П., Андрианов Ю.Г., Иевлев Д.С.** Инфракрасная техника в космосе. – М.: Военное издательство МО СССР, 1963. – 134 с.
26. **Канов А., Терёхин А., Гришулин С.** Загоризонтные РЛС как составная часть разведывательно-информационных средств зарубежных стран. – Зарубежное военное обозрение, 2016, №3. – С.64–67.
27. URL: <https://www.c4ismet.com/land/2018/12/09/heres-the-latest-on-lockheeds-massive-long-range-anti-ballistic-missile-radar>.
28. **Рыхлова Л.В.** Космический мусор – парадокс XXI столетия. Физика космоса. Труды 42-й Международной студенческой научной конференции. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета 28 января – 1 февраля 2013. – С.54–75.
29. **Михайленко К., Гришулин С.** Американская широкополосная радиолокационная станция миллиметрового диапазона «MMW». – Зарубежное военное обозрение, 2017, №4. – С.60–62.

THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE LONG-RANGE DETECTION AND TRACKING SYSTEM OF GROUND-BASED BALLISTIC TARGETS OF U.S. MISSILE DEFENSE

V.I. Kolesnichenko, S.V. Golubchikov, V.K. Novikov

Currently, the United States creates and implements a global layered missile defense, one of the parts of which is the space, air, land, and sea-based missile defense information system.

The article concentrates on the history of creation, current state and prospects of the development of the long-range detection and tracking system of ground-based ballistic targets of U.S. missile defense: daryal-type radar stations for long-range detection of attack warning system PAVEPAWS and BMEWS, radar stations CobraDane, PARCS, future radar stations LRDR, HDR-H; over-the-horizon radar stations CONUS, ROTH; radar stations of polygons of the TRADEX, ALTAIR, ALCOR, MMW type; radar stations of the U.S. missile defense PAR, MCR, as well as radar stations that are used to perform information support tasks for the U.S. missile DEFENSE system. The ground-based long-range detection system provides stable recognition of ballistic targets in the middle section of their flight path, accurate tracking and evaluation of the effectiveness of the attack.

Поступила 30 января 2020 года.