СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Вахромеев П.В., Дубровина А.А.
Методики построения зоны обороны зенитно-ракетного комплекса 5

Кокуев А.А.
Методы оптимизации в задаче самостоятельного поиска средств воздушного нападения противника 9

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Деев В.В., Плеханов А.В., Лобанова И.М.
Повышение энергетической эффективности передачи телеметрической информации на основе использования помехоустойчивого кодирования 14

Пантелеев А.И., Кондиров К.А.
Математические алгоритмы модулей управления комплекса радиоэлектронной борьбы 21

Шумилин В.С.
Защита элементов сетей связи от несанкционированного мониторинга 25

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Абашева И.В.
О внедрении в учебный процесс параллельных вычислений 30

Зиновьев В.Г., Попов Д.В., Азарян М.В.
Особенности оперативной обработки и анализа многомерной измерительной информации на основе структурно-дескриптивного подхода 34

Краснов С.А.
Интеллектуальная автоматизированная система сбора и рубрикации целевой информации 39

CONTENTS

AVIATION, SPACE-ROCKET HARDWARE

Vakhromeyev P.V., Dubrovina A.A.
The method of constructing area defense anti-missile system 5

Kokuev A.A.
Optimization methods in the problem of finding an independent means of air attack of the enemy 9

RF TECHNOLOGY AND COMMUNICATION

Deev V.V., Plekhanov A.V., Lobanova I.M.
Increasing energy efficiency in the transmission of telemetry information through the use of error-correcting coding 14

Panteleev A.I., Kodirov K.A.
Mathematical algorithms of the management modules of complex electronic warfare 21

Shumilin V.S.
Protection of elements of communication networks from unauthorized monitoring 25

INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND CONTROL

Abasheva I.V.
About of the introduction in educational process of parallel computing 30

Zinoviev V.G., Popov D.V., Azaryan M.V.
Features real-time processing and analysis of multidimensional measurement Information on the basis of structural-descriptive approach 34

Krasnov S.A.
Intelligent automated system for the collection and categorization of the target information 39

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

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

Методики построения зоны обороны зенитно-ракетного комплекса

Вахромеев П.В., Дубровина А.А.
ОАО «Концерн «Системпром», г. Москва

Аннотация

В данной статье рассмотрены две методики построения зоны обороны зенитного ракетного комплекса (ЗРК). Первая методика описывает построение зоны обороны с учетом моделирования удара оперативно–тактических и тактических баллистических ракет (далее – ОТР) противника по объектам обороны с различных точек старта. Также учитывается смещение позиции ЗРК относительно объекта обороны. Вторая методика описывает построение зоны обороны ЗРК на основе минимально и максимально допустимых высот входа и выхода траекторий ОТР из зоны поражения, при которой обеспечивается ее поражение.

Ключевые слова: оперативно–тактические ракеты; зенитно–ракетный комплекс; оборона; точка старта; зона обороны.

Введение

Опыты вооруженных конфликтов последних десятилетий позволяют сделать вывод о том, что в полосе, удаленной от переднего края района обороны на 100-180 км, а в перспективе до 200-300 км и более, задачи по уничтожению военных и государственных объектов будут решаться при широком применении противником ОТР различных типов. Оперативно-тактические ракеты являются специфическими целями для зенитно-ракетных войск. Их специфика определяется следующими основными факторами: параметрами траекторий полета, высокой скоростью падения, малым подлетным временем до поражаемого объекта, значительным радиусом поражения головной части при снаряжении их ядерным зарядом.

При проведении тактических расчетов по прикрытию объекта от удара ОТР пользуются, как правило, параметрами зоны обороны ЗРК. В общем случае под зоной обороны понимается участок местности, прикрываемый ЗРК от ударов баллистических целей, наносимых в пределах ракетоопасного сектора при реализуемых в данных условиях углах их падения [1]. Величина угла ракетоопасного сектора вычисляется, исходя из рассмотрения сферического треугольника, образованного точками старта и точкой прицеливания. Для определения ракетоопасного сектора необходимо из множества точек старта ОТР, с которых возможен удар по объекту, выбрать две крайние относительно некоторого направления точки старта.

По объекту прикрытия с заданными координатами наносится удар ОТР. Удар наносится из известных точек старта, тип ОТР и все необходимые характеристики для расчета ее траектории известны. Существуют два возможных типа траектории полёта ОТР к прикрываемому ЗРК объекту – настильная и навесная. Настильная траектория характеризуется углом падения до 20°, навесная – углом падения свыше 20°[2]. ЗРК находится в точке с известными координатами и характеризуется заданными зоной поражения, зоной обнаружения, параметрами ведения стрельбы. Зона поражения ЗРК – область пространства, в каждой точке которой обеспечивается поражение одной ракетой одиночной цели определенного типа при фиксированных условиях стрельбы [3]. Необходимо определить возможности ЗРК по прикрытию объекта от ОТР, летящих по обеим возможным траекториям, т.е. рассчитать зону обороны ЗРК – участок на земной поверхности, прикрываемую группировкой от ударов ОТР.

В качестве положения ЗРК в расчетах рассматриваются усредненные координаты всех составных частей. Данное допущение не вносит существенной погрешности в результаты расчетов, т.к. расстояния от позиции ЗРК до составных его частей существенно меньше расстояния между точкой старта ОТР и объектом обороны.

Рассмотрим методики построения зоны обороны ЗРК.

Первая методика

Для решения задачи построения зоны обороны ЗРК последовательно рассматриваются различные пары возможных точек старта ОТР и точек, находящихся вблизи ЗРК. Рассмотрим с дискретностью в несколько градусов все направления вокруг выбранного комплекса.

На выбранном направлении сначала определяется удаление от ЗРК границы зоны обороны для первой рассматриваемой точки старта. Для этого, начиная с некоторого начального приближения – например, d_0=10 км, определяется, прикрыта ли точка на рассматриваемом расстоянии d_0 от ЗРК от удара ОТР, летящих из заданной точки старта. Если времени от момента входа ОТР в зону обнаружения до ее выхода из зоны поражения достаточно для ЗРК, чтобы провести мероприятия по ее уничтожению, точка прицеливания ОТР считается прикрытой. Точка должна быть прикрыта от ОТР, летящих по двум возможным типам траектории – настильной и навесной, в противном случае она считается незащищённой.

Увеличивая или уменьшая значение d_0, определяется отрезок, для которого точка, находящаяся на одном его конце прикрыта от удара, а на другом не прикрыта. Далее используется метод бинарного поиска: рассматривается точка на середине отрезка, и определяется, лежит ли она в зоне обороны. После выполнения необходимого числа шагов, метод сойдется к значению, которое и принимается за оценку величины удаления границы зоны обороны на рассматриваемом направлении для данной точки старта.

Затем рассматривается следующая точка старта, если она есть. Определяется удаление от ЗРК границы зоны обороны, как если бы единственной точкой старта была бы эта точка. В качестве границы зоны обороны на данном направлении, соответствующей двум рассмотренным точкам старта, принимается минимальное из двух найденных значений удаления границы зоны обороны на данном направлении. Минимальное значение берется потому, что в зоне обороны должны находиться точки, которые прикрыты от удара как с первой, так и со второй точки старта.

Затем, при последовательном рассмотрении остальных точек старта, определяется удаление от ЗРК границы зоны обороны на данном направлении. После рассмотрения одного направления и получения для него удаления зоны обороны от ЗРК, выполняется переход к рассмотрению следующего направления.

Таким образом, после рассмотрения всех направлений и нахождения для них удаления зоны обороны от ЗРК, формируется граница зоны обороны ЗРК с учетом месторасположения прикрываемого объекта.

Вторая методика

На основе минимального значения высоты зоны поражения ЗРК при стрельбе по баллистической цели (БЦ), минимальному реализуемому в данных условиях значению угла падения БЦ и длине участка траектории БЦ, соответствующей данному углу и лежащей внутри зоны поражения, рассчитывается удаление передней $L_{\Pi i}$ границы зоны обороны.

На основе максимального значения высоты зоны поражения ЗРК при стрельбе по БЦ, максимальному реализуемому в данных условиях значению угла падения БЦ и длине участка траектории БЦ, соответствующей данному углу и лежащей внутри зоны поражения, рассчитывается удаление тыльной L_{Ti} границы зоны обороны.

Затем задается ряд значений предельного параметра P_i , дискретность определяется необходимой точностью определения границ зоны обороны. Для каждого значения параметра рассчитывается удаление передней $L_{\Pi i}$ и тыльной L_{Ti} границ зоны обороны. $L_{\Pi i}$ соответствует настильной траектории, L_{Ti} – навесной.

Значения предельного параметра и рассчитанные для каждого из них удаления передней $L_{\Pi i}$ и тыльной L_{Ti} границ зоны обороны используются для графического построения зоны обороны (рис. 1).

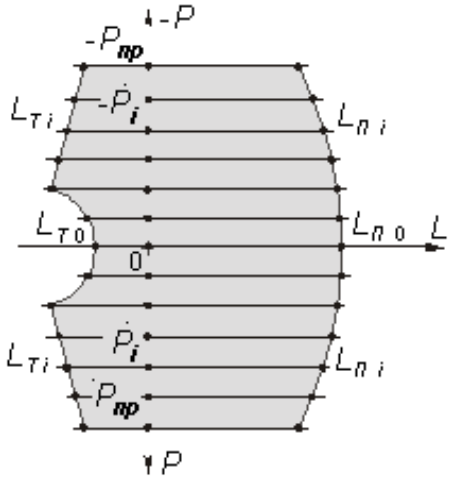

Рис. 1. Построение зоны обороны

Затем в пределах ракетоопасного сектора с некоторой дискретностью рассматриваются все направления возможного удара, и относительно каждого направления строится зона обороны (рис. 2).

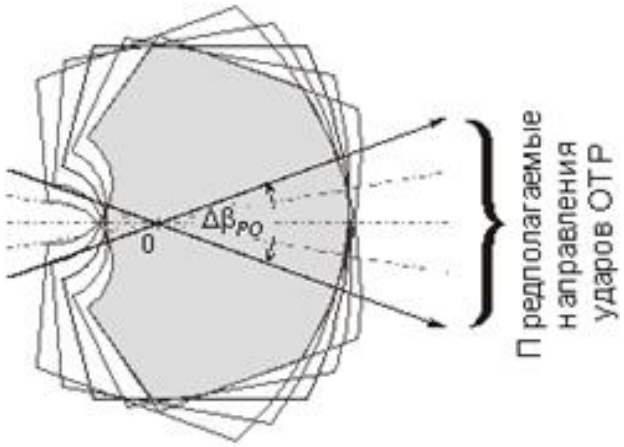

Рис. 2. Построение зоны обороны ЗРК с учетом ракетоопасного сектора

Для построения области пересечения построенных зон обороны используется графический метод. Область пересечения и является зоной обороны ЗРК с учетом величины ракетоопасного сектора.

В данной статье рассмотрены методики построения зоны обороны ЗРК при ударе ОТР. Зона обороны является важной характеристикой комплекса при планировании и проведении военных действий; она позволяет оценить, прикрыт ли защищаемый объект от удара или нет.

В первой методике сразу учитывается величина ракетоопасного сектора. Для нескольких точек старта ОТР определяется, прикрыта ли ЗРК точка прицеливания; рассматриваются различные точки прицеливания. Необходимые для расчетов точки определяются исходя из известного вида зон обнаружения и поражения ЗРК, а также известной траектории ОТР. К достоинствам данной методики относится учет смещения объекта обороны относительно позиций ЗРК, к недостаткам – отсутствие указаний для построения тыльной границы зоны обороны.

Во второй методике границы зоны обороны определяются возможностями ЗРК по уничтожению ОТР с минимально допустимой высотой входа настильной и максимально допустимой высотой выхода навесной траектории БЦ в зону поражения, при которой обеспечивается ее обстрел. Таким образом определяется удаление границ зоны обороны для одного направления полета ОТР. При рассмотрении всех направлений в пределах ракетоопасного сектора и наложении рассчитанных зон обороны получается зона обороны ЗРК с учетом величины ракетоопасного сектора. К достоинствам методики относится простота построения передней и тыльной границ зоны обороны, к недостаткам – отсутствие учета

положения объекта обороны относительно позиций ЗРК, а также графический подход к построению области пересечения зон обороны, найденных без учета возможного направления удара.

Литература

1. Бокий Н. Особенности организации ПРО // Информационно-аналитический журнал «Воздушно-космическая оборона». №5 (24) 2005.
2. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Богодистов С.С. Внешняя баллистика. – 3-е изд. перераб. и доп. М. Машиностроение. 1991. 640 с.
3. Неупокоев Ф.К.. Противовоздушный бой. М.: Военное издательство. 1989. 262 с.
4. Скворцов А.В. Обзор алгоритмов построения триангуляции Делоне // Вычислительные методы и программирование. 2002. Т. 3. С. 14–39. URL: http://num-meth.srcc.msu.su.

Для цитирования:
Вахромеев П.В., Дубровина А.А. Методики построения зоны обороны зенитно-ракетного комплекса // i-methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 5–8.

The method of constructing area defense anti-missile system

Vakhromeyev P.V., Dubrovina A.A.
JSC "Concern "Systemprom", Moscow

Abstract
This article describes two methods of constructing a zone defense antiaircraft missile system (AAMS). The first method describes the construction of a zone defense based modeling of hitting operational-tactical and tactical ballistic missiles to the enemy's defense objects with different start points. Also take into account the offset position of the object relative to the SAM-defense. The second technique describes the construction of a zone defense SAM-defense system based on the minimum and maximum permissible heights of the input and output trajectories of the OTR out of the impact zone, which provides her defeat.

Keywords: tactical missiles, anti-aircraft missile system, the defense, the starting point, the defense area.

References
1. Bokiy N. Features of the organization // Information and analytical magazine "aerospace defense". No. 5 (24) 2005. publishing house "Diamond Media".
2. Dmitriev A.A., Lysenko L.N., Bogomilov S.S. External ballistics – 3rd ed. revised and enlarged. M. Mashinostroenie. 1991. 640 p.
3. Neupokoev F.K. Anti-aircraft combat. M.: Military publishing house. 1989, 262 p.
4. Starlings A.V.. Overview of algorithms for constructing Delaunay triangulation // numerical methods and programming. 2002. Vol. 3. Pp. 14–39. URL: http://num-meth.srcc.msu.su.

For citation:
Vakhromeyev P.V., Dubrovina A.A. The method of constructing area defense anti-missile system // i-methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 5–8.

Методы оптимизации в задаче самостоятельного поиска средств воздушного нападения противника

Кокуев А.А.
ОАО «Концерн «Системпром», г. Москва

Аннотация

В работе представлены методы оптимизации в задаче самостоятельного поиска средств воздушного нападения противника.

Ключевые слова: средства воздушного нападения, метод дерева решений, фронт, зона обороны, задача оптимизации.

Пусть в некоторой области происходит налет средств воздушного нападения (СВН) противника (см. рисунок 1). Налет осуществляется на некоторой высоте, летательные аппараты движутся со скоростью v. Перпендикулярно налету очерчивается фронт, который, не будучи обнаруженной, не должен пересечь ни один летательный аппарат противника. В распоряжении имеется m аэродромов, на каждом из которых в боевой готовности находится некоторое количество истребителей k_j, где j – номер аэродрома.

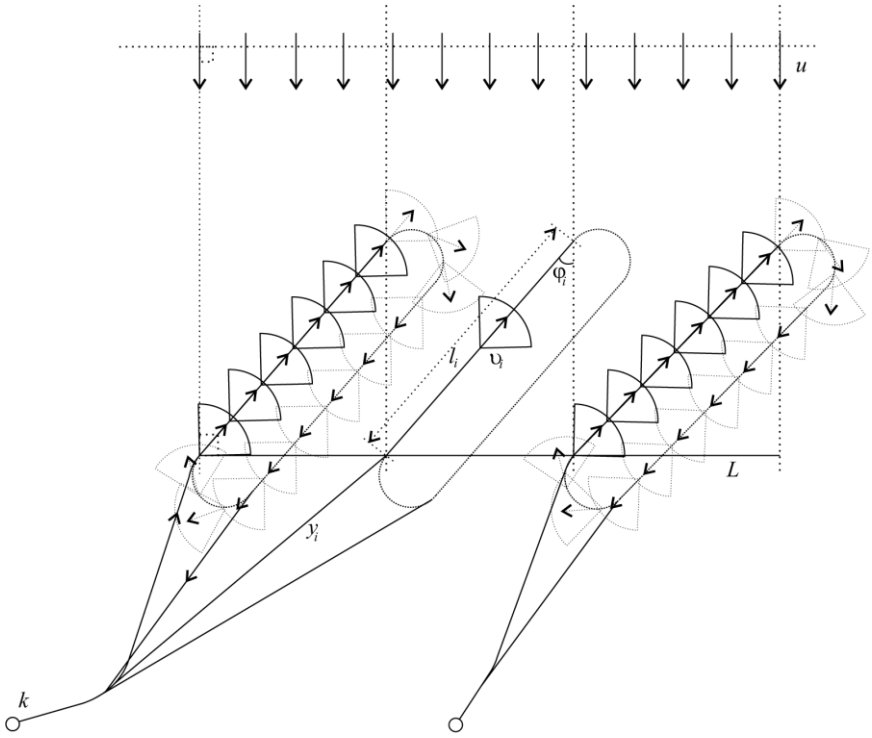

Рис.1. Процесс поиска летательных аппаратов

Задача самостоятельного поиска [1] СВН противника заключается в создании оптимального плана дежурства истребителей в районе налета, при котором все ракеты будут обнаружены до того, как они пересекут заданный фронт. Область налета можно разделить на некоторое количество зон n. В каждой i-ой зоне осуществляют дежурство некоторое количество истребителей y_i. Каждый истребитель просматривает определенную территорию, прикрывая тем самым определенную часть фронта. Поскольку истребитель находится в движении, территория, которую он просматривает, также движется. Для того,

чтобы просматривать территорию постоянно необходимо, чтобы следом по такой же траектории следовал другой истребитель. Таким образом, образуется цепочка, состоящая из y_i истребителей.

Поскольку требуется обеспечить, чтобы ни одно СВН не пересекло фронт не будучи обнаруженным, необходимо рассмотреть какая ширина фронта просматривается одним истребителем. Если все истребители в совокупности просматривают всю ширину фронта, то ни одно СВН не сможет пролететь необнаруженным и фронт будет прикрыт. Если предположить, что в одной зоне дежурят истребители одного типа, то критерием качества поиска является ширина прикрываемого в процессе поиска фронта $h(\varphi_i)$. Тогда критерий качества в задаче поиска можно сформулировать следующим образом:

$$\max J(y_{ij}) = h(\varphi)\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} y_{ji}.$$

Основным ограничением при самостоятельном поиске является запас топлива. Топливо необходимо для совершения маневров. Топливо расходуется как для того, чтобы долететь до зоны поиска, так и для осуществления поиска. Запас топлива является ограничением при выполнении поиска, влияя на количество времени, которое каждый истребитель может провести в зоне поиска.

Истребитель имеет ограниченный запас топлива в баках. Пусть у истребителя перед взлетом есть определенный запас топлива Q_i^0. Чтобы взлететь и долететь до точки начала поиска, а также чтобы вернуться обратно истребителю нужно некоторое количество топлива Q_i^1. После посадки должен остаться определенный запас топлива Q_i^2. На участке поиска известен километровый расход топлива q_i. Можно оценить максимальную длину траектории истребителя в зоне поиска:

$$l_i^{общ} \le \frac{Q_i^0 - Q_i^1 - Q_i^2}{q_i}.$$

В каждой зоне поиска находится y_i истребителей, в то время, как максимальное число истребителей на одном аэродроме равно k:

$$\sum_{i=1}^{n} y_i \le k.$$

В каждой зоне дежурства необходимо обеспечить непрерывное наблюдение, для этого истребители должны осуществлять полет колонной, поддерживая определенную дистанцию d_i между собой. А это значит, что длину рабочей прямой и количество истребителей в зоне можно связать равенством:

$$l_i^{общ} = d_i y_i.$$

Ширину прикрываемого фронта можно оценить как сумму проекций рабочих прямых на весь фронт:

$$\sum_{i=1}^{m} l_i \sin\varphi_i.$$

При этом ширина прикрываемого фронта не должна превышать ширины всего фронта:

$$\sum_{i=1}^{m} l_i \sin\varphi_i \le L$$

С учетом рассмотренных критерия качества и ограничений, задача самостоятельного поиска может быть сведена к следующей задаче оптимизации:

$$\max J(y_{ij}) = h(\varphi)\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} y_{ji},$$

$$\begin{cases} y_{ij} > 0, \ \ \forall i \in 1,...,n, \ \forall j \in 1,...,m \\ y_{ij} \le q_{ij}, \ \ \forall i \in 1,...,n, \ \forall j \in 1,...,m \\ \sum_{i=1}^{n} y_{ij} \le k_j, \ \forall j \in 1,...,m \\ \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} y_{ij} \le l(\varphi). \end{cases}$$

Предложенная задача оптимизации является задачей нелинейного программирования, поскольку в критерии качества и в одном из ограничений присутствуют элементы, нелинейно зависящие от угла

поиска φ. Если же угол φ считать постоянным, то задачу можно будет отнести к классу задач линейного программирования. Таким образом, предложенную задачу нелинейного программирования можно решить путем перебора по всем углам φ и решении для каждого из них задачи линейного программирования. После чего из полученных значений критерия качества необходимо выбрать максимальный, что определит угол поиска, а соответствующее этому углу решение задачи линейного программирования определит количество истребителей участвующих в поиске. Предлагаемый способ решения является реализацией метода градиентного спуска [2].

Задача линейного программирования может быть решена различными способами. Одним из таких методов является симплекс-метод [3-5]. Другим способом решения задач линейного программирования является метод построения дерева решений [6]. Метод дерева решений предполагает предварительный расчет возможных решений задачи линейного программирования, с учетом известных и постоянных элементов задачи, таких как коэффициенты в матрице ограничений, столбце свободных членов и критерии качества. К преимуществам метода дерева решений можно отнести крайне высокую скорость работы по сравнению с симплекс-методом. Основным его недостатком является необходимость предварительных достаточно ресурсоемких расчетов.

При решении задачи самостоятельного поиска было проведено сравнение быстродействие этих двух методов на испытательном стенде.

Стенд состоял из персональной ЭВМ со следующей конфигурацией:

– микропроцессор: Intel Core 2 Duo CPU E6850 @ 3,00 GHz,

– ОЗУ: 3,25 Гб (PC2-6400).

Измерение быстродействия проводилось с использованием счетчика тактов, встроенного в микропроцессор, т.к. это единственный из существующих методов измерения, позволяющий измерить время выполнения небольших участков кода [7]. Для того, чтобы измерить количество прошедших тактов процессора, необходимо получить количество тактов до начала процедуры и после ее завершения. Разница между этими двумя значениями и есть количество прошедших тактов процессора.

Измерялось время решения одной задачи с заданным количеством используемых аэродромов. Чтобы избежать влияния программного и аппаратного непостоянства, эксперимент повторялся для каждой размерности примерно 8000 раз. После чего отбрасывались измерения отличающиеся от среднего более чем в 20 раз. Результаты измерения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты сравнения быстродействия алгоритмов с использованием дерева решений и симплекс-метода

Количество аэродромов	Симплекс-метод	Дерево решений	Прирост быстродействия
1	$(160\pm2)\cdot10^2$ тактов	272 ± 1 тактов	в 59 раз
2	$(186\pm2)\cdot10^2$ тактов	296 ± 1 тактов	в 63 раза
3	$(196\pm2)\cdot10^2$ тактов	298 ± 1 тактов	в 66 раз
4	$(212\pm2)\cdot10^2$ тактов	308 ± 1 тактов	в 69 раз
5	$(266\pm2)\cdot10^2$ тактов	315 ± 1 тактов	в 84 раза
6	$(281\pm2)\cdot10^2$ тактов	320 ± 1 тактов	в 88 раз
7	$(279\pm3)\cdot10^2$ тактов	326 ± 1 тактов	в 86 раз
8	$(268\pm3)\cdot10^2$ тактов	332 ± 2 тактов	в 81 раз
9	$(261\pm3)\cdot10^2$ тактов	339 ± 1 тактов	в 77 раз
10	$(364\pm5)\cdot10^2$ тактов	345 ± 2 тактов.	в 105 раз

По данным из таблицы 1 был построен график зависимости прироста производительности от количества аэродромов.

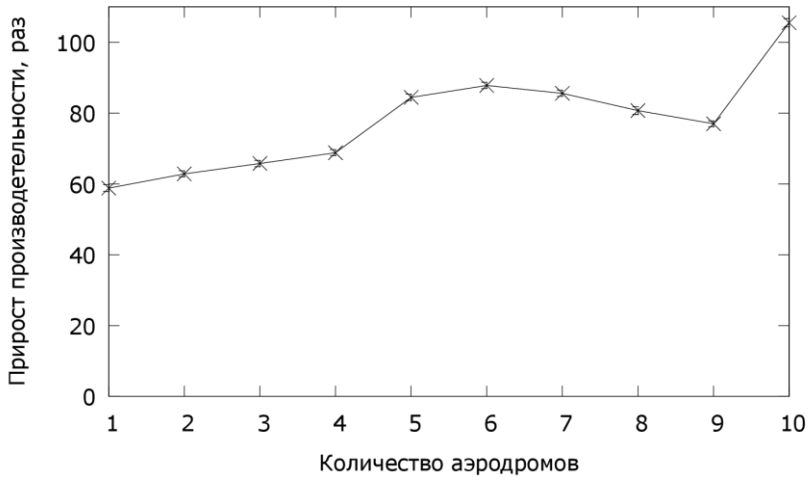

Рис. 2. График зависимости прироста производительности от количества аэродромов

Из графика и таблицы видно, что быстродействие алгоритма использующего дерево решений более предсказуемо, чем алгоритма использующего симплекс-метод. Кроме того, алгоритм использующий дерево решений работает значительно быстрее, чем алгоритм использующий симплекс-метод: средний прирост быстродействия составил: 78 раз.

Литература

1. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: монография. Под ред. Е. А. Федосова. М.: Дрофа. 2005. 815 с.
2. Химмелблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Под ред. М. Л. Быховский. М. : Издательство «Мир». 1973. 526 р.
3. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций. – 7 изд. М. : Издательский дом «Вильямс». 2007. 912 с.
4. Ашманов С.А. Линейное программирование. М. : Наука. 1981. 340 с.
5. Загребаев А.М., Крицына Н.А., Кулябичев Ю.П., Шумилов Ю.Ю. Методы математического программирования в задачах оптимизации сложных технических систем. М. : МИФИ. 2007. 332 с.
6. Кокуев А.А., Ктитров С. В. Построение дерева решений в задачах линейного программирования // Тезисы докладов XX международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации». М. : Изд-во ПГУ. 2011. С. 321–322.
7. Касперски К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. СПб.: БХВ-Петербург. 2003. 464 с.

Для цитирования:
Кокуев А.А. Методы оптимизации в задаче самостоятельного поиска средств воздушного нападения противника // i–methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 9–13.

Optimization methods in the problem of finding an independent means of air attack of the enemy

Kokuev A.A.
JSC "Concern "Systemprom", Moscow

Abstract
In the article presents optimization methods in the problem of finding an independent means of air attack of the enemy.

Keywords: means of air attack, decision tree method, the front area of defense, the optimization problem.

References
1. Air defense aviation of Russia and scientific–technical progress: combat systems and system yesterday, today, tomorrow: monograph. Ed. by E. A. Fedosov. M.: Bustard. 2005. 815 p.
2. Himmelblau D. Applied nonlinear programming. Ed. by M. L. Bykhovsky. M. : Publishing House "Mir". 1973. 526 p.оз
3. Taha, A. Hamdy Introduction to operations research. 7 –ed. M. : Publishing house "Williams". 2007. 912 p.
4. Ashmanov S. A. Linear programming. Moscow : Nauka. 1981. 340 p.
5. Zagrebaev A. M., Kryzyna N. And., Celebici Y. P., Shumilov, Y. Y. Methods of mathematical programming in problems of optimization of complex technical systems. Moscow : MEPhI. 2007. 332 p.
6. Kokuev A. A., S. V. Khitrov Build a decision tree in linear programming problems // Abstracts of XX international scientific–technical seminar "Modern technologies in control, automatics and information processing".
M. : Izd–vo PGU. 2011. Pp. 321–322.
7. Kasperski K. Technique of optimization programs. Efficient use of memory.
SPb. : BHV–Petersburg. 2003. 464 p.

For citation:
Kokuev A. Optimization methods in the problem of finding an independent means of air attack of the enemy // i–methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 9–13.

Повышение энергетической эффективности передачи телеметрической информации на основе использования помехоустойчивого кодирования

Лобанова И.М.
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассматриваются проблемные вопросы повышения энергетической эффективности систем передачи информации за счет использования современных способов кодирования и модуляции. Рассмотрены циклические коды и способы широкополосной кодовой модуляции. Изложены методы оценивания выигрыша в энергетике и помехоустойчивости. Теоретические положения иллюстрируются примерами применения кодирования и модуляции в современных системах связи.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование; энергетическая эффективность; телеметрическая информация; разделение каналов; передача информации.

Введение

Современная теория кодов базируется на математическом аппарате высшей алгебры. Код является алгебраической системой, которая подчиняется определенным правилам и законам. Для большинства из них верны те же законы, которые применимы к обычным числовым системам. Структурные закономерности в строении кодов желательны по двум причинам. Во-первых, они облегчают изучение различных свойств кодов. Во-вторых, что даже более важно, обеспечивают возможность реального воплощения таких кодов.

Кодирование как способ повышения энергетической эффективности систем связи

В телеметрических системах применяется одновременная передача информации от множества датчиков. При цифровых методах передачи используется временное разделение каналов. Производится последовательный опрос датчиков. Частота F_0 и период T_0 опроса одного датчика связаны соотношением

$$T_0 = \frac{1}{F_0}. \tag{1}$$

Частота F_0 выбирается из условия

$$F_0 \geq 2F_в, \tag{2}$$

где $F_в$ – максимальная частота в спектре аналогового сигнала датчика. Если число канальных интервалов n, которое определяется количеством датчиков и импульсов для калибровки и синхронизации, длительность канального интервала равна

$$T_k = \frac{T_0}{n} \leq \frac{1}{n2F_в} \tag{3}$$

Такую же длительность имеет и сигнал АИМ. При кодо-импульсной модуляции длительность сигнала, соответствующего двоичному кодовому символу, вычисляется следующим образом:

$$T_c = \frac{T_k}{k} = \frac{1}{kn2F_в} = \frac{1}{2nF_в \log_2 L}. \tag{4}$$

Вероятность ошибочности приема двоичного символа определяется по формуле:

$$P_0 = \frac{1}{2}\left[1 - \Phi_0\left(\sqrt{\frac{P_c T_c}{\gamma N_0}}\right)\right], \tag{5}$$

где $\gamma = 1$ при фазовой модуляции, $\gamma = 2$ при частотной модуляции, $\Phi_0(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-\lambda^2} dd\lambda$ – функция ошибок, P_c – средняя мощность принимаемого сигнала, N_0 – спектральная плотность мощности шума. Подставляя формулу (4) в выражение (5) для T_c, получаем:

$$P_0 = \frac{1}{2}\left[1 - \Phi_0\left(\sqrt{\frac{P_c}{\gamma 2 N_0 n F_в \log L}}\right)\right]. \tag{6}$$

Введем отношение $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх} = \frac{P_c}{N_o n F_в}$, которое является отношением сигнал/шум на входе приемника в полосе модулирующего многоканального сигнала. Из формулы (6) находим:

$$P_0 = \frac{1}{2}\left[1 - \Phi_0\left(\sqrt{\frac{1}{2\gamma \log L}\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}}\right)\right]. \tag{7}$$

Используя формулу (7), можно вычислить вероятность ошибки при различных значениях $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}$ и числа уровней квантования. Таким образом, получим зависимости отношения $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вых}$ от отношения $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}$ и числа уровней квантования. Графические зависимости для значений $k = 1, 2, ..., 6$ и сигналов фазовой и частотной модуляции показаны на рис.1.

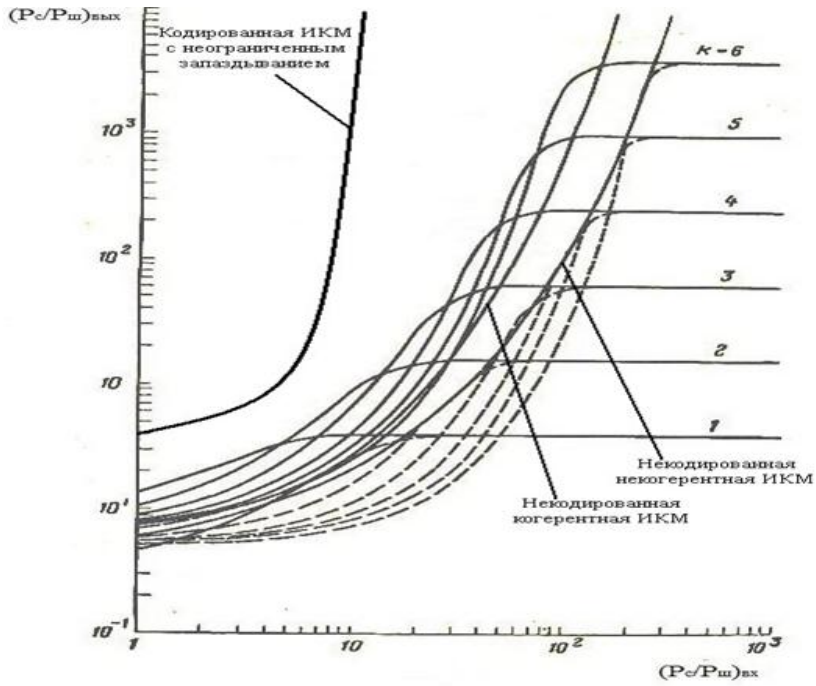

Рис. 1. Графические зависимости *сигналов ФМ и ЧМ.*

Пунктирными линиями обозначены зависимости при частотной модуляции (ЧМ), непрерывными – при фазовой модуляции (ФМ).

Видно, что при заданном отношении $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}$ существует оптимальное значение L. Если значение L выбирается слишком большим, то отношение $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вых}$ ухудшается вследствие того, что уменьшается длительность сигнала T_c и возрастает вероятность ошибки P_0.

С другой стороны, если выбрать слишком малое значение *L* при заданном отношении $\frac{P_c}{N_0 n F_в}$, то отношение $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вых}$ уменьшается из-за большого значения шума квантования. Действительно, увеличение отношения $\frac{P_c}{N_0 n F_в}$ выше некоторого значения, которое зависит от величины *L*, приводит к показательному улучшению $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вых}$, так как ошибки из-за квантования остаются постоянными, тогда как ошибка, вызываемая шумом, становится уже пренебрежимо малой.

Из графиков на рис.1 видно, что отношение $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вых}$ =1000 (30 дБ) обеспечивается при *L*=32 и отношение $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}$ =100. Использование L=256 требует применения $\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх}$ =200. При нынешнем развитии науки использование такой энергетики является слишком большим.

Известно [1], что одним из методов повышения энергетической эффективности систем передачи информации является использование помехоустойчивого кодирования. Хотя различные методы кодирования очень непохожи друг на друга и основаны на разнообразных математических теориях, им присущи три общих свойства. Первое, объединение информационных символов в блоки. Второе, добавление к информационным символам избыточных символов. Третьим свойством является установление связей между информационными и избыточными символами.

В телеметрической системе с преобразованием АИМ-КИМ надо взять *k* выборок видеосигнала. При *L* уровнях квантования значений сигнала (*m*=*L*) имеется L^k возможных вариантов блока. В случае $L = 256 = 2^8$ каждое значение выборки записывается двоичной кодовой комбинацией из 8 разрядов, поэтому $L^k = 2^{k8}$. Если кодовые комбинации из 8 символов рассматривать как символы кода с основанием $m = 2^8$, то $L^k = m^k$.

Так как выборки передаются в течение интервала времени $T_k = \frac{T_0}{n} = \frac{1}{n2F_в}$, то блок из *k* выборок имеет длительность $T = kT_k$. Поэтому скорость поступления данных

$$V_и = \frac{log_2 L^k}{kT_k} = \frac{log_2 L}{T_k} \qquad (8)$$

При получении формулы (8) принято, что все комбинации выборок равновероятны, тогда количество информации в них равно энтропии $H = log_2 L^k$ которое передается за интервал времени $T = kT_k$.

Из теоремы Шеннона для канала с помехами известно [2], что при $V_и < C$, где *C* – пропускная способность канала, вероятность ошибки можно сделать произвольно малой выбором надлежащего кодирования.

Пропускная способность непрерывного канала связи имеет вид:

$$C = F_c log_2(1 + P_c / P_ш), \tag{1.9}$$

где F_c – полоса пропускания, а $(P_c / P_ш)$ – отношение мощностей сигнала и шума в канале. В [1] показано, что при $F_c \to \infty$ пропускная способность стремится к пределу

$$C_\infty = \frac{P_c}{N_0 \ln 2}. \tag{10}$$

В случае

$$V_n < C_\infty \tag{11}$$

и неограниченном увеличении числа кодовых комбинаций L^n вероятность ошибки P_0 стремится к нулю. Тогда, отношение $(P_c / P_ш)_{вых}$ приближается к значению L^2.

С учетом формул (8) и (10) условие (11) запишем в виде:

$$\frac{log_2 L}{T_k} \le \frac{P_c}{N_0 ln 2}. \tag{12}$$

Из (12) при $T_k = \frac{1}{n2F_в}$, получаем:

$$log_2 L < \frac{P_c}{2N_0 \mathrm{n} F_в ln 2}, \tag{13}$$

откуда

$$lnL < \frac{P_c}{2N_0 \mathrm{n} F_в}. \tag{14}$$

В предельном случае:

$$L = e^{\frac{P_c}{2N_0 \mathrm{n} F_в}}. \tag{15}$$

Максимальное значение отношения сигнал/шум

$$(P_c / P_ш)_{вых} = e^{\frac{P_c}{N_0 \mathrm{n} F_в}}.$$

На рис. 1 показана кривая зависимости:

$$(P_c / P_ш)_{вых} = f[(P_c / P_ш)_{вх}] = e^{\frac{P_c}{N_0 \mathrm{n} F_в}}.$$

Из этой зависимости видно, что отношение $(P_c / P_ш)_{вых} = 10^3 \to 30 дБ$ получается при значении

$$(P_c / P_ш)_{вх} = \frac{P_c}{N_0 \mathrm{n} F_в} = 5 \div 6,$$

что на порядок меньше значения $(P_c / P_ш)_{вх}$ при АИМ-ВИМ. Таким образом, использование помехоустойчивого кодирования является эффективным способом снижения энергетики в радиолинии борт-земля.

В современных отечественных радиоэлектронных системах космических комплексов наиболее широкое применение получили лишь несложные способы кодирования, такие как проверка на четность, коды Хемминга, простейшие циклические коды и т.п.

Однако требования к алгоритмам исправления ошибок в спутниковых каналах непрерывно растут. В настоящее время международным консультативным комитетом по системам космических данных (CCSDS) разработаны рекомендации по применению мощных помехоустойчивых кодов в космических системах, для которых декодирование с эффективностью, близко к оптимальной по энергетике каналам, реализуется максимально просто.

Для передачи ТМИ CCSDS рекомендует использовать два вида кодирования: сверхточные коды и коды Рида-Соломона. Указанные коды могут быть использованы как отдельно, так и в различных

комбинациях в зависимости от требований, предъявляемых к конкретному каналу передачи информации.

Коды Рида-Соломона образуются порождающим многочленом, который создается на основе минимальных многочленов $m_i(x) = (x - a^i)$. Код Рида-Соломона является не двоичным кодом, а кодом с основанием m>2.

Поскольку в настоящее время осуществляется переход к многоосновным кодам, рассмотрим код Рида-Соломона.

Коды Рида-Соломона является циклическим кодом. Для передачи ТМИ CCSDS рекомендуется применять код Рида-Соломона, построенный с использованием элементов поля Галуа $GF(2^8)$. Элементы поля строятся по неприводимому многочлену $f(x) = 1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$.

Рекомендуется использовать код Рида-Соломона (235,233) с кодовым расстоянием d=7, исправляющий t=8 ошибок. Корнями порождающего многочлена должны быть элементы:

$$\alpha,\ \alpha^2,\ \alpha^3,\ \alpha^4, \alpha^5, \alpha^6, \alpha^7\ , \alpha^8, \alpha^9, \alpha^{10}, \alpha^{11}, \alpha^{12}, \alpha^{13}, \alpha^{14}, \alpha^{15}, \alpha^{16}.$$

Порождающий многочлен записывается в виде

$$g(x) = (x-\alpha)(x-\alpha^2)(x-\alpha^3)(x-\alpha^4)(x-\alpha^5)(x-\alpha^6)(x-\alpha^7)(x-\alpha^8)$$
$$(x-\alpha^9)(x-\alpha^{10})(x-\alpha^{11})(x-\alpha^{12})(x-\alpha^{13})(x-\alpha^{14})(x-\alpha^{15})(x-\alpha^{16}).$$

В результате находим порождающий многочлен

$$g(x) = \left(x^8 + \alpha^{109}x + \alpha^{36}\right)\left(x^8 + \alpha^{117}x + \alpha^{100}\right) =$$
$$= \alpha^{136} + \alpha^{29}x + \alpha^{226}x^2 + \alpha^{106}x^8 + \alpha^{121}x^9 + x^{16}.$$

Используя порождающий многочлен [1], можно построить порождающую матрицу. При большом значении длины блока применять матрицу для кодирования сложно. Удобнее использовать кодирующее устройство с делением на порождающий многочлен. Этот способ основан на записи многочлена

$$q(x) = g(x)p(x) + r(x),$$

где $q(x)$ – делимое, $g(x)$ – делитель, $p(x)$ – частное, $r(x)$ – остаток. Из этой формулы находим

$$q(x) + r(x) = g(x)p(x).$$

Так как $g(x)p(x)$ является представлением кодовой комбинации, то левая часть равенства может быть использована для ее получения. Полином $q(x)$ находится умножением многочлена, отображающего блок информационных символов, на x^r: $q(x)=c(x)\,x^r$, где $c(x)$ – вектор сообщения.

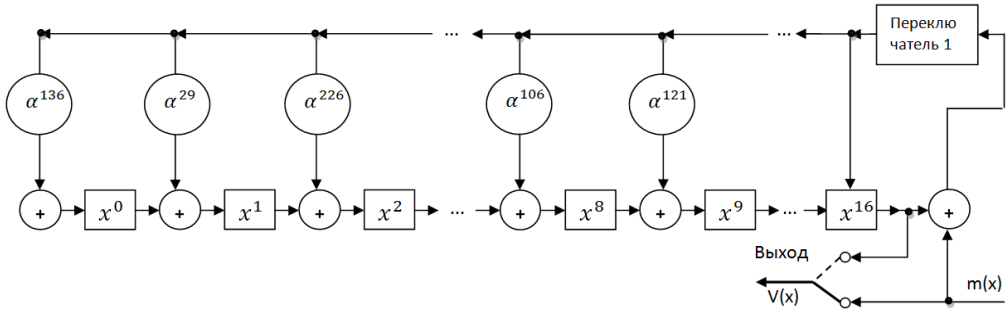

Рис. 2. Схема преобразования сигнала ФМ в двоичные символы

С выхода кодирующего устройства последовательность $V(x)$ поступает на модулятор. В модуляторе с помощью ФМ кодовые комбинации преобразуются в сигналы. В наземной приемно-регистрирующей станции (НПРС) после усиления сигнала демодулятор преобразует сигнал ФМ в двоичные символы, при этом происходят ошибки с вероятностью P_0. Отсутствие ошибки в принятии байта определяется по формуле:

$$Q_8 = q_0^8 = \left(1 - P_0\right)^8,$$

где q_0 – вероятность правильного приема двоичного символа.

Вероятность ошибочного приема байта вычисляется по следующей формуле

$$P_s = 1 - Q_s = 1 - \left(1 - P_0\right)^8 = 1 - \left(1 - 8P_0\right) = 8P_0$$

В результате обработки в декодере кода Рида-Соломона исправляются ошибки кратностью до t=8. Вероятность ошибки приема каждого байта из 239 вычисляется по формуле:

$$P_K = \sum_{i=t+1}^{n} \frac{i+t}{n} C_n^i P_s^i \left(1 - P_s\right)^{n-i},$$

где $C_n^i = C_{255}^{17} \dfrac{255!}{17!\left(255-17\right)!} = 3{,}1 \cdot 10^{-1}$

При $p_0 = 0{,}1$

$$P_K \frac{17}{255} \cdot 3{,}1 \cdot 10^{-1} \cdot 8 \cdot 10^{-9} 1{,}7 \cdot 10^{-10}.$$

Вероятность ошибочного приема бита информации вычисляется по формуле:

$$P_\sigma = \frac{2^{K-1}}{2^{K-1}} \cdot P_K,$$

где K – количество информационных символов в элементе поля $GF\left(2^8\right)$.

Тогда

$$P_\sigma = \frac{2^7}{2^8 - 1} \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-10} = 0{,}9 \cdot 10^{-10}.$$

По каналу с низкой энергетикой (с p_0=0,1) обеспечивается качество передачи ТМИ, определяемое только шумами квантования.

Заключение

Таким образом, повышение помехоустойчивости и эффективности передачи информации является одной из важнейших проблем теории и техники связи. В настоящее время появились системы связи, в которых скорость передачи информации, энергетическая и частотная эффективность приближаются к предельным значениям. Реализация таких систем осуществляется на основе комплексного подхода с учетом всех видов преобразований, которым подвергаются передаваемые сообщения и сигналы.

Литература

1. Деев В.В. Методы модуляции и кодирования в современных системах связи. СПб.: Наука. 2007.
2. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Л. 1962.

Для цитирования:

Деев В.В., Плеханов А.В., Лобанова И.М. Повышение энергетической эффективности передачи телеметрической информации на основе использования помехоустойчивого кодирования // i–methods. 2014. Т. 7. № 2. С. 14–20.

Increasing energy efficiency in the transmission of telemetry information through the use of error-correcting coding

Deev V.V.
Ph.D., professor

Plekhanov A.V.

Lobanova I.M.
Military space Academy named after A.F. Mozhaisky, Saint–Petersburg

Abstract
The article considers problematic issues of upgrading the energy efficiency of communication systems through the use of modern methods of coding and modulation. Considered cyclic codes and methods for broadband code modulation. Methods of estimating the gain in energy and immunity. Theoretical concepts are illustrated with examples of the application of coding and modulation in modern communication systems.

Keywords: noiseless coding, energy efficiency, telemetry data, channel separation, the transmission of information.

References
1. Deev V.V. Methods of modulation and coding in modern communication systems. SPb.: Science. 2007.
2. Shannon K. Works on information theory and Cybernetics. M. L. 1962.

For citation:
Deev V.V. Plekhanov A.V. Lobanova I.M. Increasing energy efficiency in the transmission of telemetry information through the use of error–correcting coding // i–methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 14–20.

Математические алгоритмы модулей управления комплекса радиоэлектронной борьбы

Пантелеев А.И.

Кондиров К.А.
ОАО «ВНИИ «Градиент»

Аннотация

В статье рассматриваются алгоритмы необходимые для автоматизации задач, которые решаются в модулях управления (МУ) комплекса радиоэлектронной борьбы с самолетными средствами (РЭБ–С). Представлена схема взаимодействия математических алгоритмов в модулях управления комплекса. Приведен перечень источников, информация которых обрабатывается этими алгоритмами. Представлена схема автоматического цикла обработки информации в режимах боевой работы модулей управления РЭБ–С.

Ключевые слова: алгоритм; радиоэлектронная борьба; радиотехническая разведка; автоматизация; задача целераспределения.

Введение

В настоящее время осуществляется очередной этап перевооружения Российских вооруженных сил, разрабатываются и поставляются в войска новые, современные комплексы вооружения РЭБ-С [1, 2].

Особое внимание при разработке современных систем РЭБ-С уделяется автоматизации организационной деятельности должностных лиц подразделений, решению задач планирования и подготовки их боевой работы. При этом задачи автоматизации организационной деятельности должностных лиц и задачи автоматизации боевой работы решаются на одних и тех же вычислительных и программных средствах, хотя математические методы и алгоритмы их решения различны, а следовательно требуются различные средства для их решения. В связи с этим, уже на ранних этапах разработки комплексов РЭБ-С необходимо определить перечень задач, которые должны решаться изделиями комплекса, методы и алгоритмы их решения, а также технические средства их реализации.

Задачи автоматизации организационной деятельности должностных лиц разделяются на задачи подготовки боевых документов и информационно расчетные задачи, отражающие специфику применения средств РЭБ-С. Как правило, решение этих задач осуществляется последовательно по команде оператора АРМ путем выбора из выпадающего списка меню.

Требования к решению задач боевой работы определяются требованиями технического задания к времени реакции МУ комплекса РЭБ-С на изменение боевой ситуации, временным параметрам обмена с источниками информации, средствами управления, заданными в протоколах информационно-технического сопряжения. Эти требования определяют необходимость высокой степени автоматизации функционирования МУ в режимах боевой работы, которая ограничивает, непосредственное участие должностных лиц (операторов автоматизированных рабочих мест (АРМ) МУ в автоматизированном управлении подчиненными средствами.

Для достижения требуемого уровня автоматизации необходимо выделить автоматический цикл обработки информации, в котором осуществляется совместная обработка данных о состоянии, режимах работы средств радио и радиотехнической разведки, управления станциями помех и команд операторов АРМ. Оператор АРМ в таком автоматическом цикле не является непосредственным участником управления, поэтому не задерживает обработку информации, но участвует в управлении посредством оперативных команд управления.

Автоматический цикл обработки информации выполняется на основе:

– предварительных данных, которые подготавливаются операторами в режимах подготовки и ввода исходных данных;

– объективной информации о воздушной и радиоэлектронной обстановке;

– директивных команд управления, поступающих от источника оперативно-тактической информации (ОТИ) и вышестоящих командных пунктов;

– оперативных команд управления, поступающих от операторов АРМ.

Математическое обеспечение МУ комплекса РЭБ-С представляет собой совокупность математических методов и алгоритмов, необходимых для автоматизированного решения следующих задач:

– отождествления радиолокационной информации (РЛИ);

– отождествления радиотехнической информации (РТИ);

– совмещения РЛИ и РТИ;

– траекторной обработки РТИ;

– целераспределение.

Основным алгоритмом МУ, который автоматизирует решение задачи управления подчиненными средствами (ротами, взводами и станциями помех), является алгоритм целераспределения. Остальные алгоритмы являются информационными и предназначены для формирования данных, которые необходимы для решения задачи целераспределения.

Схема взаимодействия алгоритмов МУ представлена на рисунке 1.

Исходными данными для алгоритмов МУ являются:

– ОТИ, которая поступает от вышестоящего командного пункта. Периодичность поступления ОТИ и ее состав определяется соответствующим протоколом информационно-технического сопряжения изделий;

– РЛИ, которая может поступать от одного или одновременно от двух источников. Периодичность поступления РЛИ как правило составляет 10 секунд;

– РТИ, которая может поступать от одного или одновременно от нескольких источников. Периодичность поступления РТИ и ее состав зависят от сопрягаемых изделий.

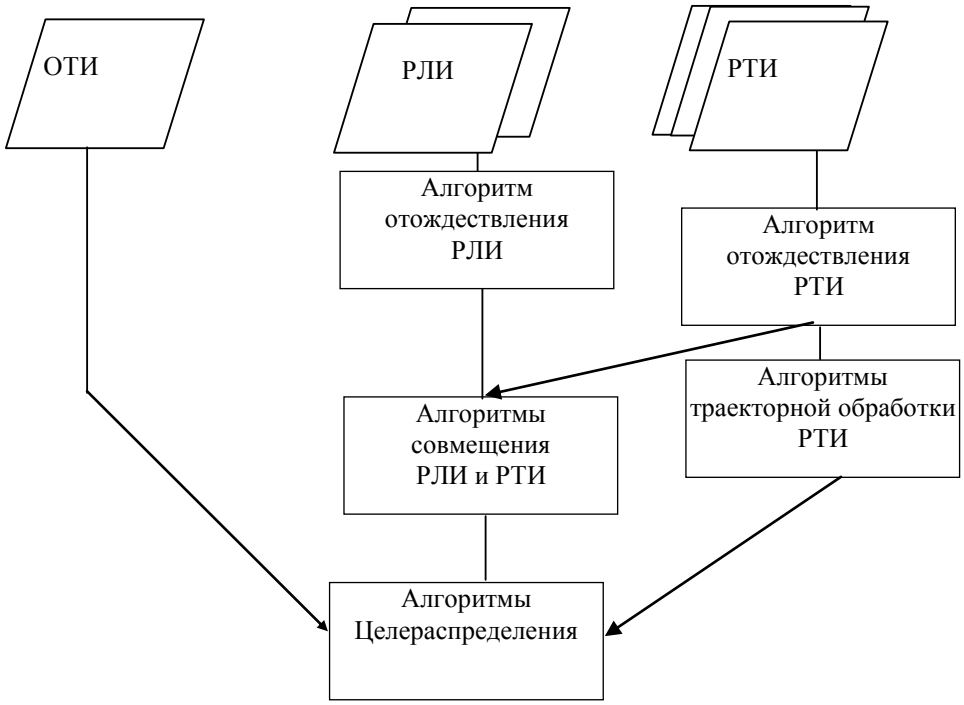

Рис. 1. Схема взаимодействия алгоритмов в МУ

Поступление РЛИ от двух источников обуславливает необходимость объединения этой информации, которая решается алгоритмом отождествления РЛИ. В случае сопряжения МУ с одним источником

РЛИ эта информация поступает непосредственно на вход алгоритма совмещения.

Решение задачи отождествления РТИ нескольких источников осуществляется только в том случае, когда поступает информация об угловой скорости перемещения пеленгов (в дальнейшем такие пеленги будем называть сопровождаемыми). В этом случае, имеется возможность рассчитать азимуты пеленгов, которые поступают от разных источников РТИ на единое время. В результате решения задачи отождествления РТИ формируются множества не отождествленных и отождествленных пеленгов. Множество не отождествленных пеленгов поступает на вход алгоритмов совмещения РЛИ и РТИ, а множество отождествленных пеленгов обрабатывается алгоритмами траекторной обработки РТИ.

Алгоритмы траекторной обработки решают следующие задачи:

– определение координат воздушных источников радиоизлучений (ИРИ) тремя методами: триангуляционным, угломерно-мощностным, разностно-дальномерным;

– фильтрация параметров траекторий ИРИ.

Результатом решения задач траекторной обработки являются координаты ИРИ, которые могут быть использованы в алгоритме целераспределения для решения задачи ранжирования воздушных объектов. При наличии РЛИ траекторная информация ИРИ может быть совмещена с РЛИ. Алгоритм совмещения траекторной информации с РЛИ аналогичен алгоритму отождествления РЛИ двух источников.

В алгоритмах целераспределения на верхних уровнях управления (батальонном и ротном) осуществляется предварительное распределение воздушных объектов. На уровне взвода осуществляется распределение воздушных объектов на подчиненные станции помех с учетом указаний, полученных от вышестоящих уровней управления.

Заключение

Рассмотренный цикл автоматизации задач боевого управления существенным образом отличается от задач, решаемых в ходе автоматизации организационной деятельности должностных лиц МУ комплекса РЭБ-С. Эти особенности должны учитываться при проектировании вычислительной системы комплексов, средствами которой решаются как задачи автоматизации организационной деятельности должностных лиц МУ, так и задачи автоматизации боевого управления средствами РЭБ-С.

Литература

1. Иванов О.А. Основные направления развития предприятий и организаций подотрасли РЭБ. Оборонный комплекс РФ: состояние и развитие. 2013 год. С. 365–368.

2. Доскалов М.В. Перспективы развития системы радиоэлектронной борьбы Российской Федерации на период до 2020 года. Оборонный комплекс РФ: состояние и развитие. 2013 год. С. 369–376.

Для цитирования:

Пантелеев А.И., Кондиров К.А. Математические алгоритмы модулей управления комплекса радиоэлектронной борьбы // i–methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 21–24.

Mathematical algorithms of the management modules of complex electronic warfare

Panteleev A.I.

Kodirov K.A.
JSC "research Institute "Gradient"

Abstract
The article discusses the algorithms necessary to automate tasks that are solved in the control units (CU) of radio electronic warfare aircraft with the means. Presents the scheme of interaction of mathematical algorithms in the control modules of the complex. The following list of sources, whose information is handled by these algorithms. A diagram of the automatic cycle processing in the modes of combat operation of the control modules radio electronic warfare aircraft.

Keywords: algorithm, electronic warfare, electronic reconnaissance, automation, the task of target distribution.

References
1. Ivanov A.O. the Main directions of development of enterprises and organizations sub-sectors of electronic warfare. Defense complex of Russia: state and development. 2013. P. 365–368.
2. Daskalov V.M. prospects of development of electronic warfare system of the Russian Federation for the period up to 2020. Defense complex of Russia: state and development. 2013. P. 369–376.

For citation:
Panteleev A.I. Kodirov K.A. Mathematical algorithms of the management modules of complex electronic warfare // i-methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 21–24.

Защита элементов сетей связи от несанкционированного мониторинга

Шумилин В.С.
Академия ФСО России, г. Орел

Аннотация

В докладе рассматривается процесс ведения нарушителем несанкционированного мониторинга элементов сети связи посредством анализа демаскирующих признаков, а также предлагается способ управления демаскирующими признаками сети связи, как один из вариантов обеспечения защиты её элементов.

Ключевые слова: защита; сеть связи; разведка; мониторинг; демаскирующие признаки.

Введение

С развитием информационных и телекоммуникационных технологий, становится актуальным процесс развития сетей связи, путем цифровизации и интеграции их в общемировое телекоммуникационное пространство, что в свою очередь, существенно увеличивает возможности нарушителей по идентификации, вскрытию и воздействию на их элементы.

Порядок проведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи

Анализ элементов сети связи осуществляется нарушителем посредством ведения несанкционированного мониторинга (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что процесс ведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи осуществляется поэтапно. Сначала определяются цели мониторинга (необходимость определения состава сети связи, вскритие структуры сети связи либо выявление алгоритмов функционирования сети связи). Далее анализируются (исследуются) демаскирующие признаки (ДМП) элементов сети связи и процессов их функционирования.

Процесс анализа демаскирующих признаков элементов сети связи реализуется двумя подсистемами: активной и пассивной [1].

Пассивное исследование осуществляет сбор типовых демаскирующих признаков элементов сети связи. К типовым демаскирующим признакам элементов сети связи относятся: форма огибающей сигнала; спектр сигналов; вид излучения, вид модулирующего сигнала; значения параметров сигнала; мощность излучения; количество излучаемых фиксированных частот, взаимные удаления элементов, площадь размещения элементов и др. [2].

Активное исследование предполагает использование комплексных программных воздействий, наиболее часто реализуемыми из которых являются: анализ сетевого трафика, сканирование сети, отказ в обслуживании и др. После анализа демаскирующих признаков переходят к формированию множества вариантов сетей связи, которое включает в себя отображение параметров по демаскирующим признакам, их обобщение и интеллектуальный анализ, что позволяет сформировать «типовые образы» сети связи, отражающие ее функциональные особенности [3].

Рис. 1. Обобщенный порядок проведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи (вариант)

Предложения по защите элементов сети связи от несанкционированного мониторинга

Анализ существующих средств и методов защиты позволил определить, что демаскирующие признаки элементов сети связи, выявляемые активным исследованием, могут быть скрыты методами разграничения доступа и криптографического закрытия семантической составляющей информационного обмена [4, 5]. Однако существующие методы защиты не всегда эффективны.

В связи с этим возникает необходимость разработки научно-технических предложений, позволяющих осуществлять формирование защищенной сети связи, путем управления (ослабления, устранения) ее демаскирующими признаками. В качестве предложения по защите разработан способ управления демаскирующими признаками сети связи [6]. Обобщенная схема, поясняющая способ управления демаскирующими признаками сети связи представлена на рис. 2.

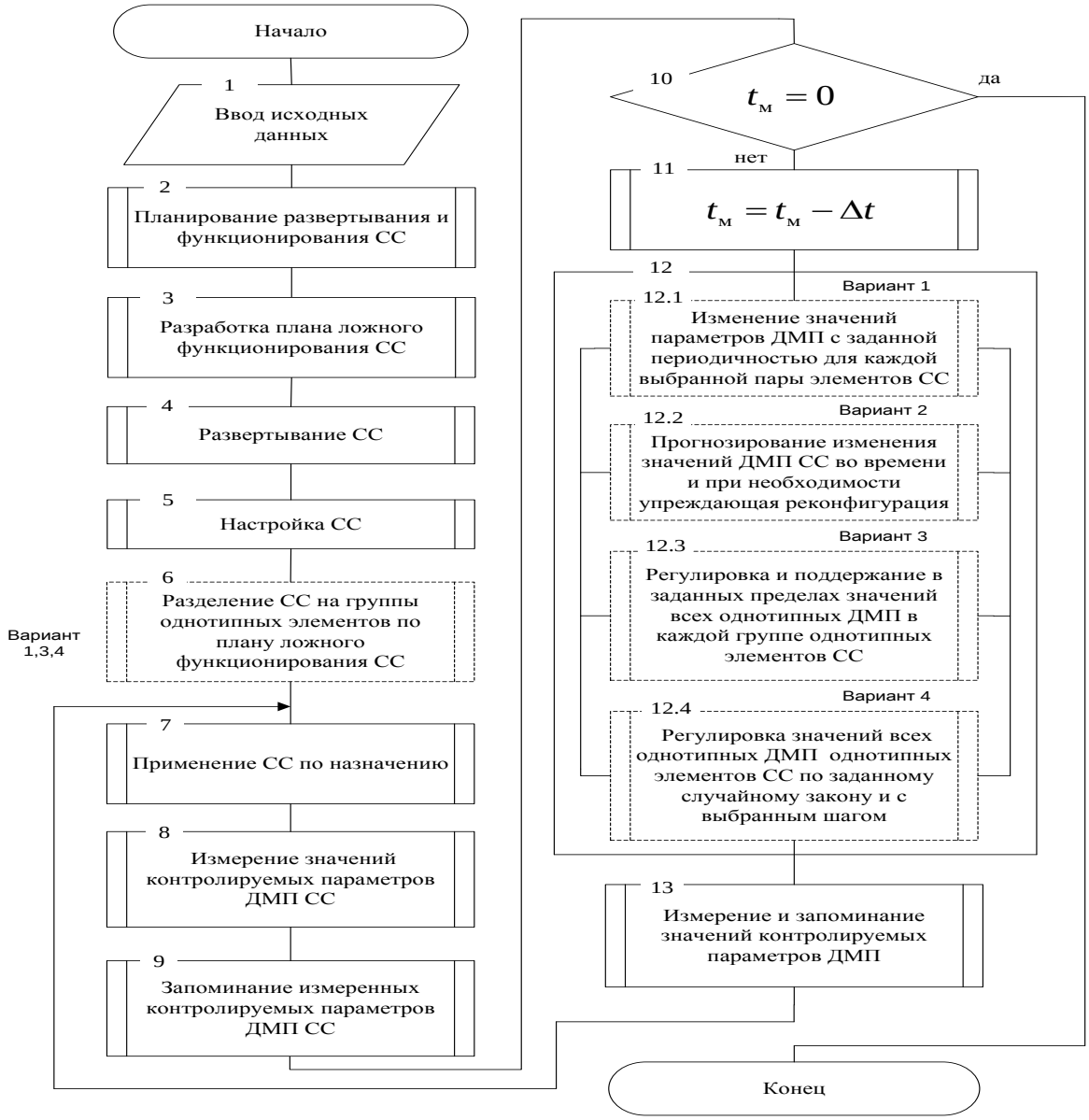

Рис. 2. Обобщенная схема способа управления демаскирующими признаками сети связи

Суть способа заключается в варьировании значениями управляемых демаскирующих признаков по соответствующим правилам и в заданных пределах, в результате чего, злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и параметров её функционирования,что приводит к повышению устойчивости сети связи в условиях деструктивных программных воздействий. В качестве исходных данных задают множество контролируемых параметров демаскирующих признаков сети связи. В результате измерения значений данных контролируемых параметров, в ходе выполнения цикла анализа, формируют группы контролируемых параметров демаскирующих признаков и задают коэффициенты важности для каждой группы. Дополнительно определяется количество управляемых и неуправляемых демаскирующих признаков. Перед развертыванием, разрабатываются варианты ложного функционирования сети связи. После этого осуществляют развертывание сети связи, настраивают основные параметры и применяют ее по назначению. На функционирующей сети связи производят измерение значений контролируемых параметров демаскирующих признаков и запоминают их с целью дальнейшего использования.

Способ предполагает управление защищенностью сетей связи по нескольким направлениям.

В первом варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет периодического (по необходимости корректируемого) взаимного изменения демаскирующих признаков на выбранных парах элементов сети связи.

Во втором варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров на основе прогнозирования значений показателей демаскирующих признаков и, при необходимости, упреждающей реконфигурации сети связи.

В третьем варианте заявленного способа злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет принудительной регулировки (с заданной периодичностью) и поддержания в установленных пределах на однотипных элементах сети связи значений всех однотипных признаков.

В четвертом варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет одновременного изменения всех однотипных параметров демаскирующих признаков в каждой группе всех однотипных элементов сети связи по заданному случайному закону и шагу с заданным периодом так, чтобы параметры демаскирующих признаков элементов сети связи попали в заданный интервал значений.

Заключение

Таким образом, в настоящее время становится актуальным вопрос по разработке практических рекомендаций, а также средств, методов(способов) и систем защиты, соответствующих современным условиям безопасного функционирования сетей связи и их элементов в условиях ведения злоумышленником несанкционированного мониторинга. В качестве предложения по защите предлагается использование способа управления демаскирующими признаками сети связи, в котором реализована возможность корректировки значений управляемых демаскирующих признаков ее элементов в заданных значениях и упреждающей реконфигурации, позволяющая снизить эффективность ведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи. Кроме того, полученные результаты могут использоваться при проведении исследований по разработке методов и способов защиты сетей связи в условиях внешних деструктивных программных воздействий, а также при проэктировании систем защиты сетей связи в рамках определения защитного ресурса.

Литература

1. Зима В.М., Молдовян А.А., Молдовян Н.А. Безопасность глобальных сетевых технологий. СПб.: БХВ Петербург. 2003. 368 с: ил.

2. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. – М. : Российск. гос. гуманит. ун-т. 2002. 399 с.

3. Петренко С.А. Методы информационно-технического воздействия на киберсистемы и возможные способы противодействия. – Труды ИСА РАН, том 41, 2009., 104-146 с.

4. Пат. 2419153 Российская федерация, МПК G06N 5/00. Способ контроля демаскирующих признаков системы связи / Е.В. Гречишников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. № 2009125131/08 ; заявл. 30.06.09 ; опубл. 20.05.11. Бюл. № 1. 22 с. : ил.

5. Пат. 2422892 Российская федерация, МПК G06F 21/20. Способ защиты вычислительной сети / Е.В. Гречишников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. № 2010114785/08 ; заявл. 13.04.10; опубл. 27.06.11, Бюл № 18. 9 с.: ил.

6. Пат. 2450337 Российская федерация, МПК G06F 15/00. Способ (варианты) управления демаскирующими признаками системы связи / Е.В. Гречишников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. № 2011117814/08 ; заявл. 03.05.11 ; опубл. 10.05.12. Бюл. № 13. 19 с.: ил.

Для цитирования:

Шумилин В.С. Защита элементов сетей связи от несанкционированного мониторинга // i–methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 25–29.

Protection of elements of communication networks from unauthorized monitoring

Shumilin V.S.
Academy FSO of Russia, Orel

Abstract
The report examines the conduct of the violator unauthorized monitoring of network elements via analysis of give-aways, and offers a way to control telltale signs of a connection network, as one of the options of providing protection for its elements.

Keywords: defense; telecommunications; intelligence; monitoring; telltale signs.

References
1. Winter M.V., Construction A.A. Construction N.A. the Security of global network technologies. SPb.: BHV Petersburg. 2003. 368 p.: Il.
2. Menshikov Y.K. Protection of objects and information from intelligence equipment. M. : Russian. state humanitie. Univ 2002. 399 p.
3. Petrenko S.A. Methods and technical impact on the cybernated systems and possible ways of counteraction. – Proceedings of ISA RAS, vol. 41, 2009. Pp. 104–146.
4. Pat. 2419153 Russian Federation, IPC G06N 5/00. Method of control signature communications systems / E. V. grechishnikov [and others] ; applicant and patentee Academy FSO of Russia. No. 2009125131/08 ; Appl. 30.06.09 ; publ. 20.05.11. Bull. No. 1. 22 p. : ill.
5. Pat. 2422892 Russian Federation, IPC G06F 21/20. The way to protect computer networks / E. V. grechishnikov [and others] ; applicant and patentee Academy FSO of Russia. No. 2010114785/08 ; Appl. 13.04.10; publ. 27.06.11, Bulletin No. 18. 9 p. : ill.
6. Pat. 2450337 Russian Federation, IPC G06F 15/00. Method (versions) management of the telltale signs communications systems / E.V. grechishnikov [and others] ; applicant and patentee Academy FSO of Russia. No. 2011117814/08; Appl. 03.05.11 ; publ. 10.05.12. Bull. No. 13. 19 p.: ill.

For citation:
Shumilin V.S. Protection of elements of communication networks from unauthorized monitoring // i-methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 25–29.

О внедрении в учебный процесс параллельных вычислений

Абашева И.В.
Военно–космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт–Петербург,

Аннотация

В статье описан подход о внедрении параллельных вычислений в учебный процесс академии. Актуальность данной задачи обусловлена следующими основными причинами: массовое производство персональных компьютеров на базе многоядерных процессоров и на их основе широкое распространение кластерных вычислительных систем [1]. В то же время образовательные программы не обеспечивают в полной мере подготовку выпускников в области современных параллельных вычислительных технологий.

Ключевые слова: учебный процесс; параллельное программирование; аппаратные средства; программные средства; вычисления.

Введение

Поиски путей увеличения производительности ЭВМ привели к появлению в 50-е годы идеи параллельной обработки данных в многопроцессорных вычислительных системах (МВС). Первые конкретные шаги в исследовании параллельных вычислений были сделаны в первой половине 60-х годов. Это был период отбора и становления главных проблем и направлений развития параллельного программирования. К середине 60-х годов в рамках общей теории программирования начинает складываться теория параллельного программирования [5,7].

В настоящее время теория параллельного программирования имеет богатую библиографию, охватывающую широкий круг проблем. Параллельным вычислениям уделяется большое внимание. Это связано главным образом с двумя факторами. Первый фактор обусловлен научно-техническим прогрессом, в результате которого появились новые области знаний, требующие применения методов математического моделирования. Сами модели также существенно усложнились. В итоге происходит неуклонное возрастание потребности в ресурсоемких расчетах, которые в ряде случаев можно выполнить только на базе высокопроизводительной техники с помощью методов параллельных или распределенных вычислений.

Другой существенный фактор, в результате которого интерес к параллельным вычислениям существенно вырос, состоит в повсеместном распространении многоядерных компьютеров и кластерных систем.

В настоящее время, актуальной является задача подготовки специалистов, владеющих современными параллельными вычислительными и суперкомпьютерными технологиями и способных эффективно применять их при проведении фундаментальных и прикладных исследований.

В данной статье описан подход к внедрению параллельного программирования в учебный процесс подготовки выпускников, который опробован в ходе работ и исследований военно-научного общества 63 кафедры 6 факультета академии.

Внедрение параллельных вычислений в учебный процесс подразумевает в первую очередь обучение знаниям и навыкам параллельного программирования сложных научных задач и обеспечение соответствующей материальной базой. Как отмечал один из основоположников параллельного программирования академик А.П.Ершов «Чтобы научиться программировать, надо программировать» [5]. Минимальная материальная база параллельного программирования включает в себя следующие компоненты:

1. Аппаратные средства параллельного программирования.
2. Программные средства параллельного программирования.

Аппаратные средства параллельного программирования

1. Многоядерные компьютеры:

Например, четырехядерные компьютеры с процессором Intel Core 2 QuadQ8300 2,5 GGz [4].

2. Отечественные кластерные системы ОАО «НИЦЭВТ»:

СВК ЕС1710, ЕС1720, ЕС1721 – мультипроцессорные системы для использования в задачах с большим объемов вычислений, а также как база для систем коллективного пользования и систем управления.

3. Локальные вычислительные системы на базе однородных типовых компьютеров.

Программные средства параллельного программирования

Программное обеспечение исследования процессов выполнения параллельно-последовательных программ (ПП - программ) в общем случае включает операционные системы (ОС), системы производства программ (СПП) и дополнительные программные системы для параллельного выполнения целевых программ пользователей.

Программное обеспечение включает:

Операционные системы (ОС), системы производства программ (СПП) и дополнительные программные системы для параллельного выполнения целевых программ.

Операционные системы:

Широко используются ОС Windows XP, WindowsVista, Windows 7 и Linux, но чаще других используются ОС Windows XP и Windows 7. Windows XP сочетает в себе преимущества Windows 2000 Professional с лучшими качествами Windows 98 и Windows ME.

Системы производства программ:

В широко используются системы производства программ на базе языков высокого уровня C, C++, Фортра́н, включенных в систему VisualStudio 2005 (2008) для создания параллельных приложений для ОС Windows 7 и XP.

Дополнительные программные средства

К ним относятся следующие средства:

- VisionStudio 2005 (программа создания приложений – проектов ОС);
- VisionStudio 2008 (программа создания приложений – проектов ОС);
- MPICH2 (MPI – 2.0) (интерфейс обмена данными в параллельном программировании);
- OpenMP 3.0 (интерфейс прикладной параллельной программы);
- HPF (High Performance Fortran) – расширение языка Фортран-90;
- HPF-2 – расширение языка Фортран – 95 [2,3].

Меры по внедрению параллельного программирования в учебный процесс

На первом этапе проделана следующая работа:

1. В новый план по ФГОС – 3на63 кафедре включена дисциплина «Супер-ЭВМ». По этой дисциплине предусмотрены разделы «Основы параллельного программирования» и «Организация кластерных вычислений».
2. Разработано и подготовлено к изданию в 2013 г. «Руководство к лабораторным работам по дисциплине «Супер-ЭВМ»» для отработки практических навыков по параллельному программированию и проведению исследований процессов выполнения параллельных программ.
3. На кафедре разработано и организовано автоматизированное рабочее место «АРМ-63» для проведения лабораторных работ по дисциплине «Супер-ЭВМ».
4. Выпускница 2013 г. Агафонова И.В. защитила выпускную квалификационную работу на тему: «Организация и исследование процессов параллельно – последовательного выполнения программ на многоядерных компьютерах». Она начинала свои исследования параллельных вычислений в военно-научном обществе кафедры на аппаратуре «АРМ-63».

На втором этапе ставится задача разработки и внедрения лабораторного практикума параллельных вычислений для проведения разного рода исследований, например:

- Исследование зависимости времени выполнения ПП – программы на языке C++ или Fortran в системе MPICH2 от числа процессоров в МВС.
- Исследование зависимости времени выполнения ПП-программы на языке C++ или Fortran в системе OpenMP от числа процессоров в МВС и др.

Предусмотрено также составление и отладка ПП-программ для типовых задач, например:

1. Перемножение матриц.
2. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса.
3. Определение значения определенного интеграла методами прямоугольника, трапеций или Симпсона.
4. Решение дифференциальных уравнений 1- го порядка методами Эйлера и Рунге – Кутта и др.

Можно также подготовить варианты тем дипломов и диссертационных работ, например:

1. Исследование процессов выполнения ПП-программ военного назначения на многоядерных компьютерах [6].
2. Исследование процессов выполнения ПП–программ военного назначения на кластерных вычислительных системах [8].
3. Разработка методов распараллеливания последовательных алгоритмов для программирования целевых задач военного назначения.
4. Исследование организации вычислительного процесса реконфигурируемых мультиконвейерных вычислительных систем с перенастраиваемой структурой.

Заключение

Новые версии учебных программ предполагают преподавание основ параллельных вычислений, начиная с младших курсов. Это позволит на ранних этапах обучения вызвать у курсантов интерес к параллельным вычислениям и показать перспективу их использования.

Модернизация программ выполнена в рамках действующего ГОС. Дополнительные аудиторные часы для изучения параллельных вычислительных технологий получены за счет использования современных образовательных технологий: проведение лекций с использованием презентаций, использование лабораторных интернет-практикумов и компьютерное тестирование знаний курсантов.

В апреле 2013 г. вопрос внедрения параллельного программирования и кластерных вычислений в учебный процесс академии рассматривался на предметно-методической комиссии по информатике, где среди других были рассмотрены и учтены в решении следующие вопросы:

1. Приданиепараллельному программированию статуса учебной дисциплины (отдельный курс или раздел в дисциплину программирования, курсовые работы, дипломное проектирование).
2. Применение параллельного программирования в диссертационных работах.
3. Исследование и использование параллельного программирования в научно-исследовательской работе.
4. Развитие научных направлений работ в области параллельного программирования (операционные системы, язык и параллельного программирования, трансляторы, организация параллельного вычислительного процесса).

Литература

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб. Изд. «БХВ-Петербург». 2002.
2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: Интернет-Университет. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007.
3. Горелик А.М. Средства поддержки параллельности в языках программирования. Открытые системы 02/1995.
4. Гэри М., Джонсон Д. Высокопроизводительные машины и труднорешаемые задачи. М.: Мир. 1982.
5. Ершов А.П. Теория программирования и вычислительные системы. «Знание». М.: 1972.

6. Захаров А.И. Исследование принципов параллельно – последовательного выполнения программ в многопроцессорных вычислительных системах. Кандидатская диссертация. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского. 1975.

7. Котов В.Е. Теория параллельного программирования. Прикладные аспекты. Кибернетика. 1974. №1.

8. Сбитнев Ю. Кластеры. Практическое руководство по параллельным вычислениям. Корпорация ЯВА. Екатеринбург. 2010.

Для цитирования:
Абашева И.В. О внедрении в учебный процесспараллельных вычислений // i-methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 30–33.

About of the introduction in educational process of parallel computing

Abasheva I.V.
Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint-Petersburg,

Abstract
The article describes an approach of implementing parallel computing in the educational process of the Academy. The relevance of this problem is due to the following main reasons: mass production of personal computers based on multicore processors and based on them a broad distribution of cluster computing systems [1]. At the same time, educational programs do not provide fully trained graduates in the field of modern parallel computing technologies.

Keywords: educational process; parallel programming; hardware; software; computing.

References

1. Voevodin V. V., Voevodin VL.In. Parallel computations. SPb. Ed. "BHV-Petersburg". 2002.
2. Gergel V. P. Theory and practice of parallel computing. M.: Internet-University. BEAN. Laboratory of knowledge. 2007.
3. Gorelik, A. M. tool support for parallelism in programming languages. Open systems 02/1995.
4. Gary M., Johnson D. High-performance machines and intractability of the problem. M.: Mir. 1982.
5. ERSHOV A. P. THEORY OF PROGRAMMING AND COMPUTER SYSTEMS. "ЗНАНИЕ". M.: 1972.
6. Zakharov A. I., a Study of the principles of parallel - sequential execution of programs in multiprocessor computing systems. PhD thesis. SPb.: Military space Academy of A. F. Mozhaysky. 1975.
7. Kotov, V. E., Theory of parallel programming. Applied aspects. Cybernetics, 1974. No. 1.
8. Sbitnev Yuri Clusters. A practical Handbook on parallel computing. Corporation JAVA. Ekaterinburg. 2010.

For citation:
Abasheva I.V. About of the introduction in educational process of parallel computing // i-methods. 2015. T. 7. No. 2. Pp. 30–33.

Особенности оперативной обработки и анализа многомерной измерительной информации на основе структурно-дескриптивного подхода

Зиновьев В.Г.
к.т.н., доцент; Военно–космическая академия имени А.Ф. Можайского

Попов Д.В.
Военно–космическая академия имени А.Ф. Можайского

Азарян М.В.
Военно–космическая академия имени А.Ф. Можайского

Аннотация

Предлагается на основе структурно–дескриптивного подхода проводить оперативную обработку и анализ многомерной измерительной информации. Анализ объекта наблюдения проводится по его контуру. Описание контура объекта на прямоугольном растре производится в виде цепочек символов произвольной длины в коде Фримена. Для определения сходства цепочек вводится структурная метрика (расстояние Левенштейна). Расстояние между цепочками определяется методом дискретного динамического программирования. Рассматривается соответствующие алгоритмы обработки и анализа.

Ключевые слова: оперативная обработка; структурно–дескриптивный подход; распознавание объектов; разделение изображений; расстояние Левенштейна.

Введение

Оперативная обработка и анализ многомерной информации, полученной с оптико-электронных средств наблюдения, является актуальной задачей для космических информационных систем, осуществляющих наблюдение за наземными и космическими объектами.

Практический интерес для широкого класса объектов наблюдения представляет оперативное распознавание изображений объектов наблюдения по их контурам.

Структурно-дескриптивный подход к контурному распознаванию объектов

Для обеспечения оперативности анализа объектов наблюдения предлагается использовать структурно-дескриптивный подход [1], сочетающий преимущества структурно-синтаксического [2], информационного [3] и дескриптивного подходов [4]. Структурно-дескриптивные модели эквивалентны по мощности регулярным грамматикам (конечным автоматам), но позволяют строить более оперативные алгоритмы анализа, а по форме представления – естественным образом получить "расширение" до более мощных моделей с контекстной зависимостью. При синтезе математических моделей этапов обработки информации об объекте наблюдения можно выделить две группы задач: получение формального описания наблюдаемого объекта и разработка алгоритмов анализа и распознавания. Теоретической основой для этого служат информационная теория зрения Д. Марра и дескриптивная теория изображений. Предметом информационной теории являются восприятие и обработка зрительной информации, предмет дескриптивной теории изображений составляют структура изображений, методы построения изображений объектов из элементов с более простой структурой, модели изображений и преобразования, определенные на классах эквивалентности моделей изображений.

Введение классов эквивалентности на множестве моделей изображений отражает гипотезу об обладании всяким изображением определенной регулярностью (смесью регулярностей различных типов). Задачи анализа и распознавания сводятся к разделению изображений, сохраняющих собственную регулярность, и изображений с нарушением собственной регулярности. При решении задач анализа и рас-

познавания обрабатываемые изображения на различных этапах преобразования представляются в виде двумерных числовых матриц. При синтезе модели наблюдаемого объекта могут использоваться как структурные, так и параметрические модели. Последние весьма сложны в практической реализации. Проблематично выглядит и реализация преобразований при анализе и распознавании изображений в виде числовых матриц вследствие их больших размерностей. Поэтому при синтезе модели наблюдаемого изображения и реализации этапов анализа и распознавания предлагается использовать структурно-дескриптивный подход.

С помощью оптико-электронных средств (ОЭС) осуществляется наблюдение за некоторой ограниченной областью (пространства – звездного поля или поверхности Земли). Световой поток, проходя через оптическую систему ОЭС, попадает на находящийся в её фокальной плоскости блок чувствительных элементов (обычно на основе многоэлементной фотомикросхеме с зарядовой связью). Получившийся аналоговый электрический сигнал, интенсивность которого зависит от суммарного количества энергии поступившего светового потока, попадает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Таким образом, после АЦП на выходе ОЭС информацию можно представить в виде матрицы значений, заданной на целочисленной прямоугольной решетке – растре.

Предлагается использовать следующий подход, учитывающий структуру растра. На клеточном растре образуют замкнутый контур. Так как на прямоугольной решетке имеется восемь возможных направлений, то контур можно представить в виде цепного кода Фримена [2].

Вследствие различного рода искажений и помех контур, полученный в результате обработки растра, будет отличаться от эталонного контура. Встает вопрос о степени их близости.

Меры близости. Расстояние Левенштейна

В синтаксическом распознавании образов одним из узких мест является определение принадлежности полученной в результате анализа цепочки символов (строки) $x = a_1a_2\ldots a_n$ одному из классов ω_i, $i = 1, 2, \ldots, l$.

В качестве критерия сходства двух строк используется минимум расстояния между ними. Каждому классу ω_i ставится в соответствие набор векторов, или эталонов, $y_i = b_{i1}b_{i2}\ldots b_{in}$, $i = 1, 2, \ldots, l$, а поступающая неизвестная строка x относится к определенному классу, если расстояние между ней и соответствующим эталоном y_i из набора является минимальным.

Понятие сходства между последовательностями символов или чисел базируется на работе Кендалла [5], где введена мера сравнения порядка списков.

Пусть имеем реализацию $x = a_1a_2\ldots a_n$ и эталон $y = b_1b_2\ldots b_n$.

Коэффициенты сравнения определяются так:

$$\Delta^{a}_{ij}=\begin{cases}1, & если \quad a_i > a_j\\ -1, & если \quad a_i < a_j\\ 0, & если \quad a_i = a_j\end{cases},\quad \Delta^{b}_{ij}=\begin{cases}1, & если \quad b_i > b_j\\ -1, & если \quad b_i < b_j\\ 0, & если \quad b_i = b_j\end{cases},$$

где $i < j$. Расстояние по Кендаллу равно $d(x,y)=1-\frac{2}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{j-1}\Delta^{a}_{ij}\Delta^{b}_{ij}$.

Если компоненты векторов x и y упорядочены однотипно, то $\Delta^{a}_{ij}=\Delta^{b}_{ij}$ для всех i, j и $d(x,y) = 0$. Когда компоненты строк упорядочены в противоположном порядке, то $d(x,y) = 2$. Для составления векторов, элементы которых выражаются не числами, а некоторыми понятиями, используются отношения порядка.

Оба указанных подхода имеют следующие существенные недостатки: во-первых, число элементов в обоих списках должно быть одинаковым, во-вторых, здесь не учитывается структура последовательности в каждом списке.

Пусть мы имеем множество классов $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_\ell\}$. Каждому классу ставится в соответствие эталонная цепочка $y_i = b_{i1}b_{i2}\ldots b_{im_i}, i = 1, 2, \ldots, \ell$.

Распознаваемое изображение X относится к классу ω_i если

$$d(x, y_i) = \min_i \{d(x, y_i), i = 1, 2, \ldots \ell\}.$$

Если $x = (a_1, a_2, \ldots, a_n)^T$ и $y_i = (b_{i1}, b_{i2}, \ldots, b_{in})^T$ являются векторами, то x и y_i можно рассматривать как две точки в пространстве признаков.

Следовательно, $d_k(x, y_i) = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left(a_j - b_{ij} \right)^k \right\}^{\frac{1}{k}}$ для L_k -метрики.

Для $k = 1$ имеем хеммингово расстояние: $d_1(x, y_i) = \sum_{i=1}^{n} \left| a_j - b_{ij} \right|$.

Для $k = 2$ получаем эвклидово расстояние: $d_2(x, y_i) = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left| a_j - b_{ij} \right|^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$.

При $k = \infty$ имеем чебышевское расстояние: $d(x, y_i) = \max_j \left| a_j - b_{ij} \right|, \quad j = 1, 2, \ldots n$.

Если x и y_i расстояние между строками, то $d(x, y)$ – расстояние между строками. Алгоритм вычисления такого расстояния зависит от конкретного приложения. Для синтаксического распознавания образов возможно применение расстояния Левенштейна [6] $d_L(x, y)$ между строками x и y_i, определяемое как минимальное число преобразований, требуемое для получения строки y_i из цепочки x.

Преобразования состоят из замещения, добавления и удаления элементов строки. Расстояние между строками будем использовать в качестве меры близости цепочек, когда между ними нельзя найти точного соответствия.

Пусть мы, например, имеем описания изображений: эталонного $y = aaeceaab$ и распознаваемого $x = aabccedac$. Для того, чтобы преобразовать цепочку x в цепочку y, следует сохранить первый и второй символы, заменить третий, оставить (удалить) четвертый, удалить (оставить) пятый, сохранить шестой, заменить седьмой, сохранить восьмой и заменить девятый символы.

Каждому шагу преобразования соответствует своя цена: $S(a_i, b_i) = S$ – для замещения символа a_i на b_i; $I(\lambda_i, b_i) = I$ – для вставки символа b_i; $D(a_i, \lambda) = D$ – для удаления символа a_i. Обычно полагают: I = 1, D = 1, S = 1 ($a_i \neq b_i$), S = 0 ($a_i = b_i$).

Алгоритм распознавания методом динамического программирования на основе расстояния Левенштейна

Для определения расстояния между строками по Левенштейну возможно применение метода динамического программирования [7]. В алгоритме можно выделить на три этапа.

Первый этап – подготовительный и включает:

- ввод массивов исходных данных;
- установку начальных значений расстояний и счетчиков циклов;
- вычисление весов для удаления и вставки символов.

На втором – основном этапе выполняются:

- обновление начальных значений счетчиков циклов;
- вычисление весов для замещения символов;
- расчет минимального пути перехода к эталонной цепочке.

Третий – заключительный этап работы алгоритма состоит в распознавании рассматриваемой цепочки и содержит:

- вычисление абсолютного расстояния Левенштейна;
- вычисление приведенного расстояния между цепочками;
- определение класса принадлежности распознаваемой цепочки.

Приведенное, или нормализованное, или нормированное расстояние вводится из-за эффекта размера: две цепочки большей длины представляются более похожими, чем две меньшие цепочки при одинаковом абсолютном расстоянии Левенштейна.

Заключение

Предложенный алгоритм оперативного контурного распознавания методом динамического программирования на основе расстояния Левенштейна реализован на IBM PC в едином комплексе программ, обеспечивающих:

а) ведение эталонных объектов наблюдения;

б) зашумление эталонного объекта наблюдения помехами с заданным законом распределения и его параметрами;

в) медианную фильтрацию с заданной апертурой $n \times n$ (n = 3, 5, 7);

г) получение цепного кода Фримена для эталонных и отфильтрованных контуров;

д) сравнение эталонного и рабочего контуров на основе расстояния Левенштейна.

Алгоритм показал устойчивую работу для вероятности искажения символа (в случае импульсного шума) до 0,35.

Литература

1. Зиновьев В.Г. Структурно-дескриптивный метод контурной обработки оптических изображений // Оптический журнал, т. 67. 2000. № 7. С. 33–37.

2. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М.: Мир. 1977. 320 с.

3. Марр Д. Зрение: Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. М.: Радио и связь. 1987. 400 с.

2. Журавлев Ю.И., Гуревич И.Б. Распознавание образов и распознавание изображений // Распознавание, классификация, прогноз: Математические методы и их применение. Вып. 2. М.: Наука. 1989. С. 5–72.

3. Кендэл М. Ранговые корреляции. М.: Статистика. 1975. 214 с.

4. Левенштейн В.И. Элементы теории кодирования // Дискретная математика и математические вопросы кибернетики. Т. 1 / Под ред. Яблонского С.В. и Лупанова О.Б. М.: Наука. 1974. С. 207–305.

5. Зиновьев В.Г., Мышко В.В., Самойлов Е.Б. Оперативная обработка и анализ многомерной измерительной информации на основе структурно-дескриптивного подхода // Информация и космос. 2008. № 4. С. 120–126.

Для цитирования:

Зиновьев В.Г., Попов Д.В., Азарян М.В. Особенности оперативной обработки и анализа многомерной измерительной информации на основе структурно–дескриптивного подхода // i–methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 34–38.

Features real-time processing and analysis of multidimensional measurement information on the basis of structural-descriptive approach

Zinoviev V.G.
Ph.D., associate professor, Military space Academy named after A. F. Mozhaisky

Popov D.V.
Military space Academy named after A. F. Mozhaisky

Azaryan M.V.
Military space Academy named after A. F. Mozhaisky

Abstract
Offered on the basis of structural–descriptive approach to carry out rapid processing and analysis of multivariate measurement data. The analysis of the object of observation is carried out along its outline. Description of object contour on a rectangular raster is produced in the form of chains of characters of arbitrary length in the code of Freeman. To determine the similarity of the chains introduces a structural metric (Levenshtein distance). The distance between the chains is determined by the method of discrete dynamic programming. Considered appropriate algorithms for processing and analysis.

Keywords: operational processing; structural and descriptive approach; object recognition; image separation; Levenstein distance.

References
1. Zinoviev V.G. Structural–descriptive method contour processing of optical images // Optical journal, V. 67. 2000. No. 7. Pp. 33–37.
2. Fu K. Structural methods in pattern recognition. M.: Mir. 1977. 320 p.
3. Marr D. Vision: an Informational approach to the study of representation and processing of visual images. M.: Radio and communication. 1987. 400 p.
2. Zhuravlev Y.I., Gurevich I. B. pattern Recognition and image recognition // the Recognition, classification, forecast: Mathematical methods and their application. Vol. 2. Moscow: Nauka. 1989. Pp. 5–72.
3. The Kendall M. Rank correlation. M.: Statistics. 1975. 214 p.
4. Levenshtein V.I., Elements of coding theory // Discrete mathematics and mathematical questions of Cybernetics. T. 1 / Under the editorship of S. V. Yablonskii and O. B. Orthodox course, Moscow: Nauka. 1974. Pp. 207–305.
5. Zinoviev V.G., Myshko V.V., Samoilov E.B. On–line processing and analysis of multidimensional measurement

For citation:
Zinoviev V.G. Popov D.V. Azaryan M.V. Features real–time processing and analysis of multidimensional measurement information on the basis of structural–descriptive approach // i–methods. 2015. T. 7. No. 2. Pp. 34–38.

Интеллектуальная автоматизированная система сбора и рубрикации целевой информации

Краснов С.А.
к.т.н., Военно–космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт–Петербург;

Аннотация

Рассматривается возможность применения интеллектуальной автоматизированной системы сбора и рубрикации целевой информации (ИАС СРЦИ) для осуществления маскирования информационных интересов должностных лиц. Предложена структура модулей, из которых должна состоять ИАС СРЦИ.

Ключевые слова: автоматизированная система, рубрикация, целевая информация, контролируемый пользователь, мониторинг.

Введение

Одной из важных и неотъемлемых частей информационного обеспечения должностных лиц разведки являются процессы поиска, отбора и рубрикации [1] целевой информации полученной из пространства глобальной сети интернет. Особенно остро вопросы поиска, отбора и автоматического смыслового рубрицирования целевой информации стоят в настоящее время, в условиях динамичного изменения военно-политической обстановки и её факторов, когда многократно вырос и перечень информационных агентств и порталов, и объёмы передаваемого ими контента. При этом перечень задач по информационному обеспечению руководства разведки и других заинтересованных федеральных органов постоянно растет.

Интеллектуальная автоматизированная система сбора и рубрикации целевой информации

В настоящее время на вооружении соответствующих специальных служб ведущих иностранных государств и военно-политических блоков, уже существуют автоматизированные системы, выполняющие такого рода задачи, однако они обладают рядом существенных недостатков. Кроме того к методам обработки информации и алгоритмам работы систем такого класса нет открытого доступа.

Несмотря проведение работ по оснащению ряда специальных частей и органов Министерства обороны РФ автоматизированными системами поиска и анализа информации, их применение носит инициативный и разрозненный характер с задействованием, прежде всего, доступных коммерческих систем, которые не настроены на решение специфических задач поиска, отбора и рубрикации целевой информации и реализованы на устаревших статистических методах и алгоритмах разработки 80-90 годов. Кроме того, постоянный мониторинг требуемой информации должностными лицами органов военной разведки может быть отслежен. В результате чего, специальные службы иностранных государств, могут применить методы обеспечивающие сокрытие искомой информации или обеспечат подлог ложной информации.

Сложившаяся ситуация затрудняет процессы поиска и отбора целевой текстовой информации из пространства глобальной сети интернет, её автоматическое смысловое рубрицирование необходимое для удобства анализа и включения полученной информации в процессы принятия решений должностными лицами, в силу возможности раскрыть свои информационные потребности.

В связи с этим, необходимо разработать превосходящую зарубежные аналоги по точности и оперативности, интеллектуальную автоматизированную систему сбора и рубрикации целевой информации (ИАС СРЦИ), полученной из глобальной сети интернет. Её предназначение заключается в непрерывном мониторинге и обобщение больших объемов текстовой информации полученной из глобальной сети интернет, в процессе наблюдения за одиночными информационными потребностями конкретного пользователя или группы пользователей.

Целью разработки ИАС СРЦИ является маскирование информационных интересов пользователей, а также повышение оперативности и точности рубрикации полученной текстовой информации. Автоматическую рубрикацию предлагается осуществлять на базе методов и методик смысловой обработки слабоструктурированной информации, принципиально отличающихся от доминирующих в настоящее время статистических методов, выявлением скрытых семантических взаимосвязей между информационными признаками всего множества неструктурированных данных с помощью метода ЛСА [2,3,4].

ИАС СРЦИ должна включать в себя следующие основные модули:

– слежения за определенным диапазоном в истории посещения информационных ресурсов web-пространства;

– автоматического сбора текстовой информации;

– кластеризации и рубрикации текстовой;

– модуль отчетных документов и форм.

Автоматизация и непрерывность процессов сбора и рубрикации целевой текстовой информации на базе интеллектуальных методов и методик её обработки (лексический, синтаксического и семантического анализ) позволит повысить оперативность и точность рубрикации требуемой информации.

Для обеспечения процесса маскирования информационных интересов пользователей необходимо:

1. Отследить определенный диапазон в истории посещения информационных ресурсов web-пространства отобранным пользователем (контролируемым пользователем), т.е. отследить текущую или несколько сессий его работы.

2. Последовательно пройтись по истории сессий, осуществить автоматический сбор текстовой информации с каждого информационного ресурса.

3. Произвести кластеризацию с последующей рубрикацией полученной текстовой информации посещенных им web-страниц при помощи методов тематического анализа.

4. Проанализировать результаты рубрикации.

5. Сделать вывод об информационной потребности контролируемого пользователя.

6. Выдать рекомендаций по недопущению возникновения такого рода ситуаций в соответствующих подразделениях.

Вывод

Применение предложенной схемы выявления информационной потребности пользователя позволит не допустить ошибок в работе должностных лиц структурных подразделений, за которыми производится слежка органами иностранных разведок.

В качестве рекомендаций можно предложить использовать метод неявного поиска информации, заключающийся в формировании не релевантных запросов к системе с целью сокрытия искомой информации за счет снижения пертинентности.

Литература

1. Краснов С.А. Обзор моделей поиска и методов тематического анализа текстовой информации. // Компьютерные технологии и информационные системы. Выпуск 20. Сборник научных трудов. ВА ВПВО ВС РФ. Смоленск. 2011. С. 35–42.

2. Хомоненко А.Д., Краснов С.А. Применение метода латентно-семантического анализа для автоматической рубрикации текстов в системах электронного документооборота // Сборник материалов первой международной научно-практической конференции. СПб.: ПГУПС. 2011. С. 291–294.

3. Краснов С.А. Математическая модель метода латентно-семантического анализа в системе семантической рубрикации документов. // Компьютерные технологии и информационные системы. Выпуск 18. Сборник научных трудов. ВА ВПВО ВС РФ. Смоленск. 2011. С. 33–43.

4. Краснов С.А., Хомоненко А.Д., Яковлев Я.В. Оценка эффективности применения алгоритма вычисления коэффициента ранговой корреляции Спирмена в методе латентно-семантического анализа при семантической рубрикации документов. // Электронный научный журнал. «Бюллетень результатов научных исследований». Выпуск 3(2). ПГУПС. СПб. 2012. С. 153–162.

Для цитирования:
Краснов С.А. Интеллектуальная автоматизированная система сбора и рубрикации целевой информации // i–methods. 2015. Т. 7. № 2. С. 39–41.

Intelligent automated system for the collection and categorization of the target information

Krasnov S.A.
Ph.D., Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint–Petersburg;

Abstract
Describes the application of intelligent automated system for the collection and categorization of the target information to implement masking of information interests of officials. the structure of modules that should comprise the intelligent automated system for the collection and categorization of the target information.

Keywords: automated system, headings, the target information is controlled by the user, monitoring.

References
1. Krasnov S.A. a Review of search models and methods thematic analysis of textual information. // Computer technology and information systems. 20. Collection of scientific works.
VA ITWO OF THE ARMED FORCES. Smolensk. 2011. Pp. 35–42.
2. The khomonenko A.D., Krasnov S.A. Using the method of latent semantic analysis for automatic categorization of texts in electronic document management systems // the Collection of materials of first international scientific–practical conference. SPb.: PSTU. 2011. Pp. 291–294.
3. Krasnov S.A. Mathematical model of the method latent semantic analysis in the semantic categorization of documents. // Computer technology and information systems. Issue 18. Collection of scientific works. VA ITWO OF THE ARMED FORCES. Smolensk. 2011. C. 33–43.
4. Krasnov S.A., Khomonenko A.D., Yakovlev Y.V. Estimation of efficiency of algorithm of calculation of the coefficient the Spearman rank correlation method in latent semantic analysis during the semantic categorization of documents. // Electronic scientific journal. "Bulletin of scientific research results". Issue 3(2). PSTU. SPb. 2012. Pp. 153–162.

For citation:
Krasnov S.A. Intelligent automated system for the collection and categorization of the target information // i–methods. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 39–41.