

№ 5 (97) сентябрь-октябрь 2016

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(ОГУ имени И.С. Тургенева)

Редакционный совет

Голенков В.А., председатель
Радченко С.Ю., заместитель председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,
Колчунов В.И., Константинов И.С.,
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Савина О.А. (Орел, Россия)
Раков В.И. (Орел, Россия)

Сдано в набор 15.08.2016 г.
Подписано в печать 26.08.2016 г.
Дата выхода в свет 20.09.2016 г.
Формат 60х88 1/8.
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Цена ... - т - т - «, ¥%.

Заказ №
Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.
Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, определенных ВАК для
публикации трудов на соискание ученых степеней
кандидатов и докторов наук.

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное
моделирование.....5-23
2. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах24-49
3. Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами.....50-56
4. Математическое и программное обеспечение
вычислительной техники и
автоматизированных систем.....57-63
5. Телекоммуникационные системы и
компьютерные сети.....64-98
6. Информационная безопасность и защита
информации.....99-121

Редакция

О.И. Константинова
А.А. Митин

Адрес ... - ¥% = «% журнала»

302026, г. Орел, ' " . s t " ... t " t " £ ... ' ¥%, 95
(4862) 75-13-18; www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40
(4862) 43-40-39; www.oreluniver.ru;
E-mail: konstaoksana@yandex.ru; isit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ №ФС 77-67168
от 16 сентября 2016 г.

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016

№ 5 (97) September-October 2016

The journal is published since 2002, leaves six times a year
The founder – Orel State University named after I.S. Turgenev

Editorial council

Golenkov V.A., president
Radchenko S.Y., vice-president
Borzenkov M.I., secretary

Astafichev P.A., Ivanova T.N., Kirichek A.V.,
Kolchunov V.I., Konstantinov I.S.,
Novikov A.N., Popova L.V., Ctepanov Y.S.

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

Arhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Savina O.A. (Orel, Russia)
Rakov V.I. (Orel, Russia)

In this number

1. Mathematical and computer simulation....5-23
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....24-49
3. Automation and control of technological processes and manufactures.....50-56
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....57-63
5. Telecommunication systems and computer networks.....64-98
6. Information and data security.....99-121

The editors

Konstantinova O.I.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
(4862) 75-13-18; www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.oreluniver.ru;
E-mail: konstaoksana@yandex.ru; isit@ostu.ru

It is sent to the printer's on 15.08.2016

26.08.2016 is put to bed

Date of publication 09.09.2016

Format 60x88 1/8.

Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies

Negotiated price

The order №

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.
The certificate of registration
ПН №ФС 77-67168 от 16 сентября 2016 г.*

Journal is included into the list of the Higher Attestation Commission for publishing the results of theses for competition the academic degrees.

© Orel State University, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В.Т. ЕРЕМЕНКО, Н.Г. ПЕНЬКОВ

Имитационное моделирование процессов информационного обмена в коммуникационной среде АСУ предприятия газоснабжения ЖКХ.....5-13

А.В. МАСЛОБОВЕВ, М.Г. ШИШАЕВ

Имитационное моделирование инновационной деятельности. Часть 2. Системно-динамические модели инноваций.....14-23

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Е.Ю. АЛЕКСИКОВА, А.И. ФРОЛОВ, В.А. ФРОЛОВА

Методика формирования основной образовательной программы высшего образования с учетом требований региональных работодателей.....24-32

Ю.М. БЕКЕТНОВА, Г.О. КРЫЛОВ, А.С. ПРИКАЗЧИКОВА

Аспекты применения многомерного статистического анализа в задачах прогнозирования угроз финансовой безопасности на примере кредитных организаций.....33-38

И.А. МАМАЕВА

Метод расчета стипендии в рейтинговой системе.....39-44

С.В. НОВИКОВ, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.С. ЧУЙКО

Разработка подсистемы планирования доставки почтовых отправлений.....45-49

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

А.М. СОЛОВЬЕВ

Особенности распределенных АСУ ТП.....50-56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А.О. КУЗЬМЕНКО, Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН, В.С. ШУМИЛИН, А.А. ЮСУПОВ

Применение метода целочисленного линейного программирования в автоматизированных системах управления связью при решении задач маршрутизации.....57-63

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

И.О. ДАТЬЕВ

Кросс-уровневая метрика маршрутизации для беспроводных многошаговых сетей.....64-72

В.А. КОЧЕТКОВ, А.Ю. СИВОВ, И.В. СОЛДАТИКОВ, А.В. ТИХОНОВ, Н.В. ШИШКИН

Современное состояние и возможные направления совершенствования элементов методологии проектирования линзовых антенных решеток РЭС СВЧ-диапазона.....73-82

В.М. МИРОНОВ, С.А. ТРОФИМЕНКОВ

Варианты подходов к разработке системы управления VSAT-сетью.....83-89

М.Ю. РЫТОВ

Методика анализа характеристик процессов обработки информации в среде портала органов исполнительной власти.....90-98

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

В.Е. ДЕМЕНТЬЕВ

Методика оценки стратегии воздействия на протоколы информационно-телекоммуникационной сети.....99-106

А.В. КОЗАЧОК, Е.В. КОЧЕТКОВ

Обнаружение вредоносного программного обеспечения на основе выявления аномальной сетевой активности.....107-114

С.Ю. МИКОВА, В.С. ОЛАДЬКО

Модель системы обнаружения аномалий сетевого трафика.....115-121

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

V.T. ERYoMENKO, N.G. PEN'KOV

Simulation modeling of processes of information exchange in the communication environment of the enterprise automation of gas supply utilities.....5-13

A.V. MASLOBOEV, M.G. ShISHAEV

Modeling of innovation processes. Part II. System-dynamic models of innovations.....14-23

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

E.Yu. ALEKSIKOVA, A.I. FROLOV, V.A. FROLOVA

The technique of higher education principal educational program formation, which takes into account the requirements from regional employer.....24-32

Yu.M. BEKENTOVA, G.O. KRY'LOV, A.S. PRIKAZChIKOVA

Aspects of the application of multivariate statistical analysis in order to predict information and financial security threats on the example of credit institutions.....33-38

I.A. MAMAEVA

Method for scholarship calculation in the rating system.....39-44

S.V. NOVIKOV, D.V. RY'ZhENKOV, A.S. ChUJKO

Development planning sub-delivery of postal items.....45-49

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

A.M. SOLOV'YoV

Features distributed APCS.....50-56

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

A.O. KUZ'MENKO, N.A. OREShIN, A.N. OREShIN, V.S. ShUMILIN, A.A. YuSUPOV

Application of integer linear programming in the automated system control of communication in solving problems routing.....57-63

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

I.O. DAT'EV

A cross-layer routing metric for multihop wireless networks.....64-72

V.A. KOChETKOV, A.Yu. SIVOV, I.V. SOLDATIKOV, A.V. TIXONOV, N.V. ShISHKIN

Current state and options for improvement of elements of the design elements of the methodology of the lens antenna arrays of microwave radio-electronic systems.....73-82

V.M. MIRONOV, S.A. TROFIMENKOV

Ways of developing VSAT control systems.....83-89

M.Yu. RY'TOV

The method of analysis of characteristics of processes of processing of information in the environment portal of bodies of executive power.....90-98

INFORMATION AND DATA SECURITY

V.E. DEMENT'EV

The technique of an estimation strategy of the impact on protocols information and telecommunications network.....99-106

A.V. KOZACHOK, E.V. KOChETKOV

Malware detection based on abnormal network activity.....107-114

S.Yu. MIKOVA, V.S. OLAD'KO

The model of detect anomalies in network traffic.....115-121

УДК 004.732

В.Т. ЕРЕМЕНКО, Н.Г. ПЕНЬКОВ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В КОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ

В статье приведена имитационная модель процессов информационного обмена в среде АСУ предприятия газоснабжения ЖКХ, базирующаяся на событийном подходе и использующая регрессионные модели и модели распространения эпидемии, отличающаяся широкими возможностями прогнозирования процессов обмена информацией в коммуникационной среде.

Ключевые слова: коммуникационная среда; автоматизированная система управления; информационная система; математическая модель; ресурсы; архитектура; коммуникации; регрессионная модель; теория телетрафика; модель распространения эпидемии.

Развитие современных телекоммуникационных систем, в том числе и коммуникационной среды АСУ предприятий газоснабжения, проходит под влиянием двух факторов: с одной стороны – телефонные компании и поставщики коммуникационного оборудования, с другой – производители средств компьютерной техники и провайдеры услуг Интернет. Каждая из сторон борется за потребителя, выдвигая на передний план такое весьма трудно определимое понятие, как качество предоставляемых услуг. Научной основой измерения и прогнозирования качества работы коммуникационной среды является теория телетрафика, которая выросла на почве традиционной телефонии и унаследовала из нее свое название [1].

Теория телетрафика оперирует не с самими системами распределения информации, а с их математическими моделями. Математическая модель системы распределения информации включает следующие три основных элемента: входящий поток вызовов (требований на обслуживание), схему системы распределения информации, дисциплину обслуживания потока вызовов [2, 9].

Дисциплина обслуживания характеризует взаимодействие потока вызовов с системой распределения информации и в основном описывается следующими характеристиками [2, 5]:

- способами обслуживания вызовов (с потерями, с ожиданием, комбинированное обслуживание);
- порядком обслуживания вызовов (в порядке очередности, в случайном порядке, обслуживание пакетами и др.);
- режимами исчисления выходов схемы (свободное, групповое, индивидуальное);
- законами распределения длительности обслуживания вызовов (показательный закон, постоянная или произвольная длительность обслуживания);
- наличием преимуществ (приоритетов) в обслуживании некоторых категорий вызовов;
- наличием ограничений при обслуживании всех или некоторых категорий вызовов (по длительности ожидания, числу ожидающих вызовов, длительности обслуживания);
- законами распределения вероятностей выхода из строя элементов схемы.

Некоторые из перечисленных характеристик могут быть связаны с потоком вызовов и (или) схемой, другие характеристики могут не зависеть ни от потока, ни от схемы [8]. Например, закон распределения длительности обслуживания может быть связан с потоком вызовов, порядок обслуживания вызовов может зависеть и от потока вызовов, и от схемы, а способ обслуживания вызовов, как правило, не зависит ни от потока, ни от схемы.

При обслуживании потока вызовов коммутационной системой каждый вызов занимает выход системы на некоторый промежуток времени. Если, например, выход одновременно обслуживает только один вызов, то загрузка выхода может характеризоваться суммарным временем обслуживания всех вызовов, а коэффициент полезного действия или использования выхода можно оценивать отношением суммарного времени обслуживания всех вызовов ко времени действия выхода. В теории телетрафика суммарное время обслуживания вызовов принято называть нагрузкой.

Процессы развития нагрузки коммуникационной среды, подлежащие статистическому прогнозированию, обычно носят случайный характер. Для описания этого процесса можно воспользоваться моделью распространения эпидемии, так как подключение к коммуникационной среде можно в какой-то мере трактовать как заболевание без выздоровления [3, 9].

Пусть N – число всех потенциальных пользователей коммуникационной среды АСУ предприятий газоснабжения ЖКХ в рассматриваемой области. Далее пусть $m(t)$ – число пользователей, подключенных к сети к моменту t . Определим вероятность $P_n(t)$ того, что $m(t)$ равно n :

$$P_n(t) = P(m(t) = n), n = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Сделаем предположение, что «заражаемость» лиц, не имеющих доступа к коммуникационной среде, пропорциональна количеству абонентов, уже подключенных к сети. Точнее, если к моменту t существует ровно n абонентов, то вероятность для каждого неабонента подключиться к коммуникационной среде в течение промежутка времени h равна

$$P = \lambda \frac{n}{N} h + o(h). \quad (2)$$

Кроме того, предполагается, что неабоненты в отношении их склонности к использованию сервисов коммуникационной среды не зависят друг от друга. Эти предположения, а также предположение, что в момент $t=0$ существует ровно один абонент, дают дифференциальное уравнение, решая которое, можно получить выражения для $n=1$:

$$P_1(t) = e^{-\lambda \frac{N-1}{N} t} \quad (3)$$

и для последующих n в рекуррентном виде

$$P_n(t) = e^{-\lambda \frac{N-1}{N} t} \int_0^t \frac{n-1}{N} (N=n+1) P_{n-1}(x) e^{\lambda \frac{n}{N} (N-n)x} dx. \quad (4)$$

При этом для $n \leq N/2$ получается явное выражение

$$P_n(t) = \sum_{v=1}^n a_{n,v} e^{-\lambda \frac{v}{N} (N-v)t}, \quad (5)$$

где

$$a_{n,v} = \frac{\prod_{k=1}^{n-1} k(n-k)}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq v}}^n [k(N-k) - v(N-v)]}, \quad v = 1, 2, \dots, n; \quad 2 \leq n \leq N/2. \quad (6)$$

Для $n > N/2$ к экспоненциальному выражению добавляются еще члены вида

$$b_{n,v} t e^{-\lambda v(N-v)t/N}.$$

Если рассмотреть в качестве случайной величины не число $m(t)$, а момент τ_n подключения к коммуникационной среде n -го абонента ($n=2, \dots, N$), то можно прийти к простым

асимптотическим формулам. Между распределениями $m(t)$ и τ_n существует простая связь. Дело в том, что $m(t)$ не превосходит n тогда и только тогда, когда $(n+1)$ -й абонент в момент времени t еще не подключен к системе, то есть когда $\tau_{n+1} > t$. Следовательно,

$$P(m(t) \leq n) = p(\tau_{n+1} > t) = 1 - P(\tau_{n+1} \leq t). \quad (7)$$

Обозначим через a_n промежуток времени $\tau_n - \tau_{n-1}$. Тогда

$$\tau_n = \sum_{v=2}^n a_v. \quad (8)$$

Из предположений о «заражении» следует, что a_v являются взаимно независимыми случайными величинами с экспоненциальным законом распределения. Действительно,

$$P(a_v \leq x) = 1 - e^{-\lambda \frac{v-1}{N}(N-v+1)x} \quad (9)$$

Величина a_v имеет математическое ожидание

$$\mu_v = \left(\lambda \frac{v-1}{N}(N-v+1) \right)^{-1} \quad (10)$$

и дисперсию

$$\sigma_v^2 = \left(\lambda \frac{v-1}{N}(N-v+1) \right)^{-2}. \quad (11)$$

Отсюда сразу получаются моменты для τ_n

$$E(\tau_n) = \sum_{v=2}^n \mu_v = \frac{N}{\lambda} \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{k(N-k)}, \quad (12)$$

$$\sigma^2(\tau_n) = \sum_{v=2}^n \sigma_v^2 = \frac{N^2}{\lambda^2} \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{k^2(N-k)^2}. \quad (13)$$

Положим $n/N = a$ и допустим, что

$$\delta < a < 1 - \delta \quad (14)$$

при фиксированном $\delta(0 < \delta < 1)$. Для достаточно больших N дисперсия τ_n при условии выполнения этих условий не зависит от a . $E(\tau_n) = t(a) = t$ является временем, после которого средняя доля абонентов, подключенных к коммуникационной среде АСУ предприятия газоснабжения ЖКХ, достигает значения a . Для больших N можно записать

$$t = \frac{1}{\lambda} \left(\ln \frac{a}{1-a} + \ln N + C \right), \quad (15)$$

где C – постоянная Эйлера, $C = 0,5772...$ Разрешая это уравнение относительно a , получим a как функцию от t :

$$a = \frac{1}{1 + Ne^{-(\lambda t - C)}} = \frac{1}{1 + e^{-(\lambda t - \ln N - C)}}, \quad (16)$$

или, приняв для краткости $\frac{\lambda}{2} = \omega$ и $\frac{\ln N + C}{2} = \rho$:

$$a = \frac{1}{2} (1 + \tanh(\omega t - \rho)). \quad (17)$$

Модель распространения эпидемии можно обобщить на случай исследования трафика коммуникационной среды при предположении, что виды сервисов, предоставляемых средой, являются независимыми, т.е. распространение одного вида услуг не оказывает влияния на распространение других [4, 7]. Воспользовавшись формулой (17), можно получить выражение для средней нагрузки среды в момент времени t для m разновидностей услуг

$$a = \sum_{i=1}^m \frac{k_i N_i}{2} (1 + th(\omega_i t - \rho_i)), \quad (18)$$

где k_i – нагрузка, создаваемая одним элементом i -й разновидности услуг.

При расчете нагрузки, создаваемой той или иной разновидностью услуг, следует обращать внимание, что технологии, применяющиеся в современных цифровых сетях, обеспечивают коммутацию данных как на уровне каналов, так и на уровне пакетов [8]. В случае коммутации на уровне каналов необходимо осуществлять расчет, исходя из числа каналов, занимаемых при осуществлении данного вида услуг. При пакетной коммутации берется в расчет количество пакетов, необходимых для передачи информации.

Помимо модели распространения эпидемии, которая полезна только в случае, когда корреляция роста различных видов сервиса невелика, для составления прогнозов поведения трафика можно использовать математический аппарат, предназначенный для исследования временных рядов. Пусть есть некая случайная величина X . Под временным рядом подразумевается последовательность наблюдений данной случайной величины в равноотстоящие моменты времени. В общем виде временной ряд можно представить в виде уравнения

$$x_t = u_t + v_t + c_t + \varepsilon_t, \quad (19)$$

где u_t – компонента, описывающая влияние долговременных факторов, или тренд; v_t – сезонная компонента, отражающая повторение процессов в течение не очень длительного периода; c_t – циклическая компонента, отражающая повторяемость процессов в течение длительных периодов; ε_t – случайная компонента, отражающая влияние не поддающихся учету и регистрации случайных факторов.

Главной задачей исследования временных рядов является выявление основной тенденции изучаемого процесса, выраженной неслучайной составляющей $f(t)$ (тренда либо тренда с циклической или сезонной компонентой). Для решения этой задачи вначале необходимо выбрать вид функции $f(t)$. Наиболее часто используются:

- линейная функция $f(t) = a_0 + a_1 t$;
- полиномиальная функция $f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n$;
- экспоненциальная функция $f(t) = e^{a_0 + a_1 t}$;
- логистическая функция $f(t) = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-ct}}$;
- функция Гомперца $\log_c f(t) = a - br^t$, где $0 < r < 1$.

Для выявления основной тенденции чаще всего используется метод наименьших квадратов. Согласно методу наименьших квадратов, неизвестные параметры функции выбираются таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных от значений, вычисленная с помощью функции $f(t)$, была минимальной [5, 9]

$$S = \sum_{i=1}^t (y_i - f(t))^2 \rightarrow \min. \quad (20)$$

Согласно необходимому условию экстремума функции нескольких переменных для нахождения минимального значения параметров частные производные $f(t)$ приравняются нулю. После этого полученная система уравнений решается. Для функции линейного вида система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{t=1}^n t = \sum_{t=1}^n y_t, \\ a_0 \sum_{t=1}^n t + a_1 \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n y_t t \end{cases}, \quad (21)$$

а в случае параболы $f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ следующий вид:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{t=1}^n t + a_2 \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n y_t, \\ a_0 \sum_{t=1}^n t + a_1 \sum_{t=1}^n t^2 + a_2 \sum_{t=1}^n t^3 = \sum_{t=1}^n y_t t, \\ a_0 \sum_{t=1}^n t^2 + a_1 \sum_{t=1}^n t^3 + a_2 \sum_{t=1}^n t^4 = \sum_{t=1}^n y_t t^2 \end{cases}. \quad (22)$$

При применении метода наименьших квадратов для оценки параметров экспоненциальной, логистической функций или функции Гомперца возникают сложности с решением получаемой системы уравнений, поэтому предварительно до получения соответствующей системы прибегают к некоторым преобразованиям этих функций (например, логарифмированию и так далее).

Другим методом выравнивания временного ряда является метод скользящих средних. Согласно этому методу, переход от начальных значений ряда к средним значениям осуществляется на некоем интервале времени, заранее определенном и «скользящим» вдоль ряда. Полученный временной ряд ведет себя более гладко из-за усреднения отклонений ряда. Для усреднения могут использоваться средние арифметические (простые или с весовыми коэффициентами), медианы и т.д.

После нахождения основной тенденции изучаемого временного ряда осуществляется прогнозирование его поведения. Пусть есть временной ряд y_t , $t = 1, 2, \dots, n$, требуется дать прогноз поведения этого ряда на момент $n + \tau$. В случае, если случайная компонента ряда ε представляет собой независимую случайную величину с математическим ожиданием, равным нулю, то вид функции тренда выбран верно и с вычислением прогнозов проблем не возникает. В противном случае, когда возмущения ε коррелируют между собой, целесообразно вновь вернуться к проблеме выбора вида функции $f(t)$, описывающей неслучайную компоненту. Наиболее простым и достаточно надежным критерием определения автокорреляции возмущений является критерий Дарбина-Уотсона [5,9]. С помощью этого критерия проверяется гипотеза об отсутствии автокорреляции между соседними остаточными членами ряда e_t и e_{t-1} , где e_t – выборочная оценка ε_t . Статистика критерия имеет вид

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^n e_t^2}. \quad (23)$$

При достаточно большом n можно считать, что $\sum_{t=2}^n e_t^2 \approx \sum_{t=2}^n e_{t-1}^2$. Тогда после преобразований получим, что

$$d \approx \frac{2 \sum_{t=2}^n e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=2}^n e_t^2} = 2 \left(1 - \frac{\sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=2}^n e_t^2} \right). \quad (24)$$

Статистика d заключена в границах от 0 до 4; при отсутствии автокорреляции $d \approx 2$, при полной положительной автокорреляции $d \approx 0$, при полной отрицательной – $d \approx 4$.

Если для временного ряда не удастся построить адекватную модель вида $y=f(t)+\varepsilon$, для которой ряд возмущений не будет автокоррелирован, можно попытаться построить для него авторегрессионную модель p -го порядка, которая будет иметь вид

$$x_t = a_0 + a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \dots + a_p x_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (25)$$

где $a_0 \dots a_p$ – некоторые константы. Она описывает изучаемый процесс в момент t в зависимости от его значений в предыдущие моменты времени $t-1, t-2 \dots t-p$.

Одной из величин, оказывающих влияние на сетевой трафик и количество сервисов, используемых абонентами, является стоимость предоставляемых услуг [7]. В частности, регулирование тарифов на пользование теми или иными сервисами коммуникационной среды позволяет достаточно широко управлять загрузкой каналов и характером передаваемого трафика [2, 4]. В случае, если тариф на пользование сервисом прямо пропорционален времени его использования, т.е. используется система повременного учета стоимости, то загрузку среды в общем виде можно представить как

$$T = f(x) * N, \quad (26)$$

где x – величина повременной оплаты, $f(x)$ – зависимость среднего времени использования одним абонентом коммуникационной среды от величины повременной оплаты.

Для нахождения зависимости $f(x)$ между величиной повременной оплаты и загрузкой среды можно использовать методы регрессионного анализа. Уравнение взаимосвязи двух переменных в общем виде может быть представлено как

$$y = \phi(x) + \varepsilon, \quad (27)$$

где ε – случайная переменная, характеризующая отклонение от функции регрессии.

Функция $\phi(x)$ может иметь как линейный, так и нелинейный характер. Из функций нелинейной регрессии наиболее удобны в нашем случае функции полиномиального вида $y = a_0 + a_1 x + \dots + a_m x^m$, гиперболического вида $y = a_0 + a_1 / x$ и степенного вида $y = a_0 \times x^{a_1} \times \dots \times x^{a_n}$.

Для нахождения зависимости среднего времени занятия среды одним абонентом от величины повременной оплаты в численном виде можно использовать следующий алгоритм:

1. Определение среднего времени занятия коммуникационной среды $t_{cp,i}$ при m фиксированных значениях повременной оплаты x_i . Для каждого $t_{cp,i}$ находится среднее

$$\text{значение } x_i = \sum_{j=1}^k x_{i,j} / k.$$

2. На основе полученных данных выбор вида уравнения регрессии и с помощью метода наименьших квадратов нахождение зависимости $f(x)$ между величиной повременной оплаты и загрузкой коммуникационной среды.

3. Для оценки дисперсии между найденной зависимостью и статистическими данными можно осуществить выборку $t_{cp,i}$ при n значениях x_i , отличных от взятых в п.1. Расчет дисперсии осуществляется по формуле

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [t_{cp.i} - f(x_i)]^2. \quad (28)$$

Полученную зависимость $f(x)$ можно использовать для расчета или моделирования сетей при различных тарифах повременной оплаты. Также с помощью выведенной зависимости можно прогнозировать доходы, получаемые от предоставления абонентам услуг. Суммарный доход можно представить в виде

$$S = [A + xf(x)] \times N, \quad (29)$$

где A – фиксированная абонентская плата, N – общее число абонентов.

При этом решение задачи получения максимального дохода от предоставления абонентам сервисов коммуникационной среды сводится к нахождению максимального значения функции $y = xf(x)$. Для нахождения максимума данной функции необходимо исследовать значение функции в экстремумах, которые, в свою очередь, вычисляются с помощью производной путем решением уравнения

$$(xf(x))' = 0. \quad (30)$$

Итак, в общем случае моделирование процессов информационного обмена в коммуникационной среде АСУ предприятия газоснабжения ЖКХ будет состоять из следующих процедур:

1. Определение рамок временного периода прогнозирования трафика.

2. Определение факторов, влияющих на трафик в течение исследуемого временного периода и в зависимости от этого выбор одной из трех процедур прогнозирования (прогнозирование на основе модели распространения эпидемии, анализ на основе использования временных рядов или анализ зависимости трафика от величины тарифов на основе регрессионных моделей).

3. Прогнозирование и оценка результатов.

Прогнозирование изменения сетевой нагрузки с течением времени осуществляется с использованием модели распространения эпидемии. Для анализа изменения в течение суток и сезонных колебаний трафика можно воспользоваться математическим аппаратом, предназначенным для исследования временных рядов и регрессионными моделями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. и др. Подход к оценке качества предоставления информационных услуг в беспроводной сети передачи данных АСУТП газотранспортного предприятия в условиях воздействия помех и внепротокольных прерываний / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Краснов, С.А. Воробьев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 4. – С. 96-105.
2. Еременко В.Т. и др. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
3. Еременко В.Т. и др. Анализ технических решений по построению модульных структур сбора и обработки данных газотранспортных предприятий / В.Т. Еременко, Д.С. Мишин, А.Н. Осипов, Н.Г. Пеньков, А.Г. Полякова, С.Н. Иванова // Информационные системы и технологии, 2014. – № 2(82). – С. 93-100.
4. Еременко В.Т. и др. Методы и модели оценки надежности распределенных систем обмена данными: монография / В.Т. Еременко, В.Е. Фисенко, А.П. Фисун – Орел: Издательство «Госуниверситета – УНПК», 2014. – 197 с.
5. Теория информации и информационных процессов: учебник для ВУЗов / В.Т. Еременко, В.А. Минаев, А.П. Фисун, И.С. Константинов, А.В. Коськин, Ю.А. Белевская, М.Ю. Рытов,

- И. А. Павлинов; под общей научной редакцией В.Т. Еременко, В.А. Минаева, А.П. Фисуна, А.В. Косыкина // ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко. – Орел: «Госуниверситет – УНПК», 2015. – 443 с.
6. Рындин А.А., Сапегин С.В., Хаустович А.В. Автоматизация проектирования сетей передачи данных распределенных информационно-телекоммуникационных систем // Воронеж: ВГТУ, 2001.
 7. Лякишев А.А. Автоматизация процесса информационного обмена в модульных структурах систем сбора и обработки данных АСУ // Сборник материалов II международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом». – Инновационный центр развития образования и науки. – Новосибирск, 2015 – С. 112-115.
 8. Фисенко В.Е., Фисун А.П., Митяев В.В. Оценка надежности информационно-телекоммуникационных систем в реальном масштабе времени на основе приоритетных методов: монография. – Орел: ОГУ, 2007. – 191 с.
 9. Кормен Т.Х. и др. Алгоритмы: построение и анализ. – 2-е издание / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. – М.: «Вильямс», 2005. – 1296 с.

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»
Тел.: 8 920 812 65 64
E-mail: wladimir@orel.ru

Пеньков Николай Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»
Тел.: 8 906 664 24 42
E-mail: corsa1r_89@mail.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department «Electronics, Computer Engineering, Information Security»*)

N.G. PEN'KOV (*Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Engineering, Information Security»*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

**SIMULATION MODELING OF PROCESSES OF INFORMATION EXCHANGE
IN THE COMMUNICATION ENVIRONMENT
OF THE ENTERPRISE AUTOMATION OF GAS SUPPLY UTILITIES**

The article presents a simulation model of the processes of information exchange among enterprise automation of gas supply utilities, based on event-driven approach and using regression models and models of the epidemic, characterized by wide possibilities of forecasting the exchange of information process in the communication environment.

Keywords: *communication media; automated control system; information systems; mathematical model; resources; architecture; communications; regression model; teletraffic theory; model of the epidemic.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eremenko V.T. i dr. Podxod k ocenke kachestva predostavleniya informacionny'x uslug v besprovodnoj seti peredachi danny'x ASUTP gazotransportnogo predpriyatiya v usloviyax vozdeystviya pomex i vneprotokol'ny'x prery'vanij / V.T. Eremenko, D.V. Anisimov, D.A. Krasnov, S.A. Vorob'ev // Informacionny'e sistemy i tehnologii, 2013. – № 4. – С. 96-105.
2. Eremenko V.T. i dr. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / V.T. Eremenko, S.I. Afonin, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // Informacionny'e sistemy i tehnologii, 2011. – № 6. – С. 35-42.

3. Eremenko V.T. i dr. Analiz texnicheskix reshenij po postroeniyu modul'ny'x struktur sbora i obrabotki danny'x gazotransportny'x predpriyatij / V.T. Eremenko, D.S. Mishin, A.N. Osipov, N.G. Pen'kov, A.G. Polyakova, S.N. Ivanova // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2014. – № 2(82). – S. 93-100.
4. Eremenko V.T. i dr. *Metody' i modeli ocenki nadezhnosti raspredelenny'x sistem obmena danny'mi: monografiya* / V.T. Eremenko, V.E. Fisenko, A.P. Fisun – Orel: Izdatel'stvo «Gosuniversiteta – UNPK», 2014. – 197 s.
5. *Teoriya informacii i informacionny'x processov: uchebnik dlya VUZov* / V.T. Eremenko, V.A. Minaev, A.P. Fisun, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, Yu.A. Belevskaya, M.Yu. Rytov, I. A. Pavlinov; pod obshhej nauchnoj redakciej V.T. Eremenko, V.A. Minaeva, A.P. Fisuna, A.V. Kos'kina // FGBOU VPO «Gosudarstvenny'j universitet – UNPK», Pridnestrovskij gosudarstvenny'j universitet im. T.G. Shevchenko. – Orel: «Gosuniversitet – UNPK», 2015. – 443 s.
6. Ry'ndin A.A., Sapegin S.V., Xaustovich A.V. *Avtomatizaciya proektirovaniya setej peredachi danny'x raspredelenny'x informacionno-telekommunikacionny'x sistem* // Voronezh: VGTU, 2001.
7. Lyakishev A.A. *Avtomatizaciya processa informacionnogo obmena v modul'ny'x strukturax sistem sbora i obrabotki danny'x ASU* // *Sbornik materialov II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'ny'e problemy' estestvenny'x i matematicheskix nauk v Rossii i za rubezhom»*. – Innovacionny'j centr razvitiya obrazovaniya i nauki. – Novosibirsk, 2015 – S. 112-115.
8. Fisenko V.E., Fisun A.P., Mityaev V.V. *Ocenka nadezhnosti informacionno-telekommunikacionny'x sistem v real'nom mashtabe vremeni na osnove prioritety'x metodov: monografiya*. – Orel: OGU, 2007. – 191 s.
9. Kormen T.X. i dr. *Algoritmy': postroenie i analiz*. – 2-e izdanie / T.X. Kormen, Ch.I. Lejzerson, R.L. Rivest, K. Shtajn. – M.: «Vil'yams», 2005. – 1296 s.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 2. СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИННОВАЦИЙ

Для исследования динамики развития инновационных процессов и прогнозирования результативности их реализации в различных экономических условиях и при различных вариантах управления разработаны средства имитационного моделирования инновационной деятельности. Работа состоит из двух частей. Во второй части рассматривается разработанный комплекс системно-динамических моделей рыночной диффузии инноваций, включающий модель управления эффективностью рыночного продвижения продукта и модели продуктовой и ценовой конкуренции в условиях олигополии. Разработки могут найти применение в составе систем поддержки принятия решений в сфере управления инновационным развитием региональной экономики.

Ключевые слова: имитационное моделирование; системная динамика; инновации; поддержка принятия решений; инновационная безопасность региональной развития.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях, когда задача оценки результативности некоторого процесса при различных начальных условиях и параметрах среды его развития является сложной, причем модельные параметры не всегда определены, эффективным способом решения является имитационное компьютерное моделирование. Отложенный характер результативности инновационной деятельности вкупе с высоким уровнем сложности инновационных процессов, в которых наличествует большое количество петель обратной связи, делает системную динамику (СД) [1] адекватным средством построения имитационных моделей инноваций, предназначенных для разностороннего анализа протекания и результативности инноваций при различных внешних условиях и внутренних состояниях.

В ходе исследований разработаны средства имитационного моделирования инновационной деятельности, обеспечивающие возможность исследования динамики развития инновационных процессов и прогнозирования результативности их реализации в различных экономических условиях. Работа состоит из двух частей. Во второй части рассматривается разработанный комплекс системно-динамических моделей рыночной диффузии инноваций, включающий модель управления эффективностью рыночного продвижения продукта и модели продуктовой и ценовой конкуренции в условиях олигополии.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РЫНОЧНЫМ ПРОДВИЖЕНИЕМ ПРОДУКТА

Коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит от эффективности рекламы последнего. В простейшем случае это возрастающая функция финансовых затрат на рекламу нового продукта:

$$K_{II}^{INN} = f_{II} (C_{ADV}), \quad (1)$$

то есть предполагается прямая зависимость эффективности рекламы от финансовых затрат на оную. Однако на практике имеют место гораздо более сложные зависимости между затратами и эффективностью рекламы.

Реклама отражает некоторый набор потребительских свойств продукта (*Prop*), каждое из которых в различной мере влияет на обобщенную субъективную оценку потребительской привлекательности продукта. При реализации рекламы продукта некоторой категории важно «угадать», на какие свойства следует акцентировать внимание потенциального потребителя. Если рекламировать не интересующие его потребительские качества, эффект от рекламы даже при высоком уровне затрат будет мал. При этом обобщенная оценка потребительской привлекательности продукта является очень субъективной. В этой связи даже для

фиксированной категории продуктов не представляется возможным определить некую универсальную функцию f_{III} , адекватно отражающую зависимость потребительской привлекательности от стоимости и содержания рекламы для каждого потенциального покупателя. Однако для каждой категории продуктов можно выделить некоторые классы потенциальных потребителей, для которых относительные удельные веса (степень привлекательности) потребительских свойств из набора $Prop$ схожи, а значит – схожи и закономерности в формировании обобщенного представления о потребительской привлекательности продукта. Эти классы являются так называемыми «целевыми группами», которым адресуется реклама. Такими группами могут быть, например, дети, люди старшего поколения, люди определенной профессии и т.д. Каждая целевая группа в рассматриваемой модели характеризуется вектором весовых коэффициентов, компоненты которого задают степени важности соответствующих потребительских свойств продукта:

$$\bar{g}_i = (g_i^1, \dots, g_i^n), \quad (2)$$

где i – номер целевой группы; n – общее количество рассматриваемых в модели потребительских свойств продукта данной категории.

Еще одним важным фактором, влияющим на общую эффективность рекламы, является канал ее распространения: потребители воспринимают газету как источник информации о ценах на товары, желтую прессу – как источник сенсаций, радио – эффективное средство рекламирования распродаж, и так далее. Таким образом, коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит не только от затрат на рекламу, но и от ее содержания в контексте используемого канала рекламной коммуникации.

Наконец, четвертая группа факторов, определяющих эффективность рекламы, – это степень соответствия рекламируемых потребительских свойств продукта общепринятому субъективному представлению о них. Или, иными словами, правдивость рекламы. Данный параметр является трудноформализуемым, поскольку зависит от множества субъективных факторов, однако для модельных целей можно предложить нижеследующий механизм его приближенного формального определения. Пусть имеется n -мерное пространство $\aleph^n$ значений потребительских свойств продуктов аналогичной категории с рекламируемым. Реклама, акцентируя внимание на некоторых из этих свойств и предлагая априорные оценки их значений (например – малая цена, высокое качество и т.п.), позиционирует рекламируемый продукт как точку (вектор) в этом пространстве:

$$\overline{Prop}_{ADV} = (p_{ADV}^1, \dots, p_{ADV}^n) \text{ – вектор оценок потребительских свойств продукта,}$$

отражаемых в рекламе.

При этом в $\aleph^n$ задано подпространство $X \subset \aleph^n$, определяющее область потребительских представлений о некоторых «нормальных», правдоподобных значениях свойств рекламируемого продукта. В подпространстве X определим «центр масс», соответствующий усредненному потребительскому представлению о значениях свойств продуктов рассматриваемого класса:

$$\overline{Prop}_U = (p_U^1, \dots, p_U^n). \quad (3)$$

Для дискретного случая, когда область X образована ограниченным счетным множеством наиболее характерных векторных оценок ожидаемых потребительских свойств, компактно расположенных в пространстве $\aleph^n$ ($X = \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_K\}$), координаты центра масс могут быть определены по формуле:

$$p_U^i = \frac{g^i}{K} \sum_j x_j^i, \quad (4)$$

где K – количество имеющихся потребительских оценок; g^i – весовой коэффициент i -го потребительского свойства для заданной целевой группы потенциальных потребителей продукта.

Тогда расстояние между векторами $\overline{Prop}_{ADV}$ и $\overline{Prop}_U$ в пространстве $\aleph^n$ (невязка) будет характеризовать степень субъективной правдивости рекламного сообщения с точки зрения целевой группы потенциальных потребителей. Обозначим это расстояние как $d(\overline{Prop}_{ADV}, \overline{Prop}_U)$. В случаях, когда величина $d(\overline{Prop}_{ADV}, \overline{Prop}_P)$ превышает некоторый порог правдоподобности λ , эффект от рекламы уменьшается вплоть до отрицательных значений. Например, рекламное представление продукта как самого дешевого в своем классе и одновременно самого качественного противоречит общепринятым потребительским представлениям и заставит покупателя усомниться в искренности рекламного послания.

Таким образом, коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит от четырех групп факторов: общих затрат на рекламу, значений оценок рекламируемых потребительских свойств продукта, используемых каналов рекламной коммуникации и общепринятых представлений о потребительских свойствах продуктов данного класса:

$$K_{II}^{INN} = f_{II} (C_{ADV}, \overline{Prop}_{ADV}, \overline{AdvCh}, \overline{Prop}_P), \quad (5)$$

где $\overline{AdvCh}$ – вектор коэффициентов эффективности рекламирования соответствующих потребительских свойств при выбранном канале коммуникации той же размерности, что и $\overline{Prop}_{ADV}$.

Структура описанной модели управления рекламой в нотации Powersim представлена на рисунке 1.

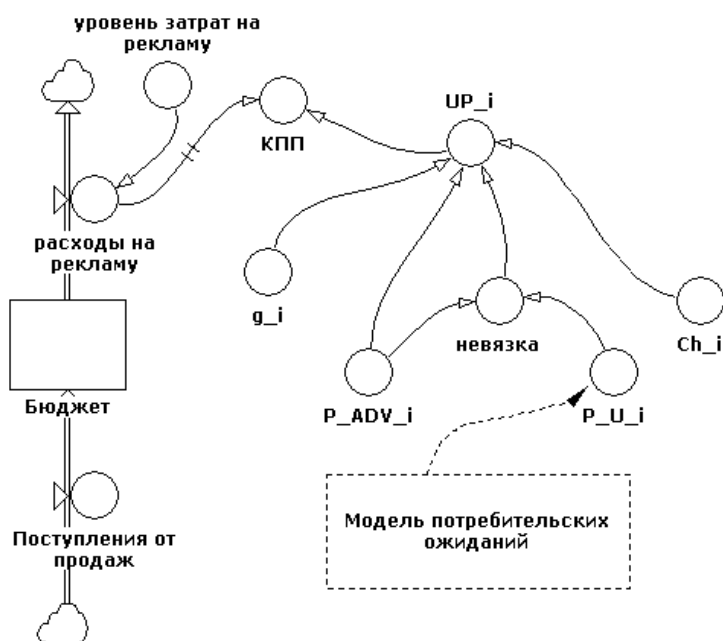


Рисунок 1 – Структура СД-модели управления рекламой продукта,
 где КПП – фактор инновационной привлекательности продукта; UP_i – фактор привлекательности по потребителю по свойству i ; g_i – вес i -го свойства продукта для заданной целевой аудитории; P_{ADV_i} – рекламная оценка i -го свойства продукта; P_{U_i} – потребительские ожидания в отношении i -го свойства продукта; Ch_i – коэффициент эффективности избранного канала рекламной коммуникации в отношении i -го свойства продукта

МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ

Существует три основных типа рынков, модели конкуренции в которых принципиально различны:

1. Монополия: только одна фирма-производитель предлагает на рынок данный продукт, конкуренция как таковая отсутствует.

2. Олигополия, когда рассматриваемый продукт предлагается небольшим ограниченным количеством фирм-производителей; ключевой особенностью олигополистического рынка является взаимозависимость поведения конкурентов: каждая фирма «видит» действия конкурентов и некоторым образом реагирует на них.

3. Совершенный рынок, где имеет место чистая конкуренция, – ситуация идеализированного состояния рынка, когда отдельные покупатели и продавцы не могут влиять на цену, но формируют ее своим вкладом спроса и предложения; отличительными признаками совершенного рынка являются: бесконечное множество равноценных продавцов и покупателей, однородность и делимость продаваемой продукции, отсутствие барьеров для входа или выхода с рынка, высокая мобильность факторов производства, равный и полный доступ всех участников к информации (цены товаров).

При рассмотрении рыночных закономерностей распространения инновационного продукта предполагается, что мы имеем дело либо с монопольным рынком, либо с олигополией, поскольку в случае, когда количество производителей рассматриваемого продукта становится большим, теряются основания считать его инновацией. Таким образом, при моделировании конкурентного рынка в контексте исследования рыночной диффузии инновации имеет смысл рассмотрение только олигополистической рыночной структуры.

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИЙ

Распространенным способом моделирования олигополистических рынков является формализация возможного поведения рыночных агентов и его результативности в виде теоретико-игровых представлений. Игровые модели конкуренции позволяют исследовать процессы неценовой конкуренции, когда инструментом влияния на рынок является регулирование объемов производства, и предполагается, что спрос полностью покрывает суммарное предложение конкурентов, а цена единицы продукции определяется объемами производства и некоторыми известными производственными издержками.

Наиболее известными игровыми моделями олигополий являются модель Курно и модель Штакельберга. Обе модели представляют процесс конкуренции на однопродуктовом рынке в виде бескоалиционной игры и позволяют при фиксированных допущениях определить оптимальный с точки зрения суммарной прибыли объем производства продукта для каждого игрока (экономического агента). Обе модели исходят из того, что отрасль производит однородный товар (отличия продукции разных фирм пренебрежимо малы, а, значит, покупатель при выборе, у какой фирмы покупать, ориентируется только на цену), в отрасли действует небольшое число фирм, фирмы устанавливают количество производимой продукции, а цена на нее определяется, исходя из спроса.

Рассмотрим оптимальные решения данных игр на примере дуополии (две конкурирующие фирмы). Будем предполагать, что цена единицы выпуска зависит от предложения продукции на рынке линейно:

$$p(q_1, q_2) = a - b(q_1 + q_2), \quad (6)$$

где q_1, q_2 – объемы производства первой и второй фирмы соответственно; $a > 0$, $b > 0$ – коэффициенты уравнения цены.

Будем также предполагать, что оба дуополиста производят товар с одинаковыми издержками, зависящими линейно от объема выпуска:

$$C_1 = c + dq_1, \quad C_2 = c + dq_2, \quad (7)$$

где c – постоянная составляющая издержек, не зависящая от объема производства; d – удельная величина издержек на единицу выпускаемой продукции.

Отличие моделей заключается в том, что в случае модели Курно предполагается, что игроки уверены в отсутствии какой-либо реакции со стороны конкурента на свои действия. Исходя из этого предположения, оптимальный объем производства для всех фирм-игроков будет симметричным и определяться соотношениями:

$$\begin{cases} q_1(t+1) = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_2(t)}{2}, \\ q_2(t+1) = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_1(t)}{2}, \\ t = 0, 1, 2, \dots \end{cases} \quad (8)$$

При этом объемы выпуска фирм-конкурентов будут стремиться к так называемой точке равновесия Курно, в которой объемы производства обеих фирм равны (рис. 2):

$$q_1^* = q_2^* = \frac{a-d}{3b}, \quad (9)$$

а установившаяся равновесная цена единицы продукции равна:

$$p^* = \frac{a+2d}{3}. \quad (10)$$

Рыночный выигрыш фирмы (суммарный аккумулированный объем прибыли) при реализации модели Курно обуславливается только начальным периодом олигополистической конкуренции. Фирма, имеющая больший объем производства на момент выхода на рынок конкурента, обеспечивает себе выигрыш в смысле большего объема суммарной прибыли от продаж продукта.

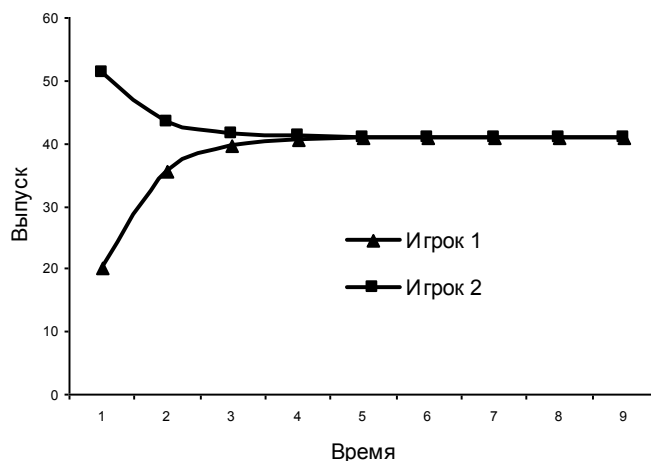


Рисунок 2 – Динамика выпуска продукции в дуополии Курно

Существенной особенностью модели Курно является то, что игроки не делают предположений относительно стратегий соперника: предпочтительные реакции определяются только на основании текущих, статичных параметров выпуска конкурентов. Если же один или несколько соперников станут действовать, исходя из предположения об использовании их конкурентами линий поведения, соответствующих модели Курно, то динамика производства в рамках олигополии резко изменится. Такая теоретико-игровая модель олигополистического рынка, предполагающая наличие информационной асимметрии, называется моделью Штакельберга, по имени ее создателя.

В отличие от модели Курно, модель Штакельберга предполагает существование на рынке так называемой фирмы-лидера, на объем производства которой ориентируются остальные фирмы. Лидер определяет свой выпуск исходя из предположения о том, что его конкуренты действуют на рынке в соответствии с моделью Курно. В результате (на примере дуополии) уравнения наилучшего выпуска для первого и второго конкурента примут вид:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{a-d-bq_2}{\frac{3}{2}b} \\ q_2 = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_1}{2} \end{cases} \quad (11)$$

Равновесие в модели Штакельберга устанавливается при следующих объемах производства фирмы-лидера и фирмы-последователя соответственно:

$$q_1^* = \frac{a-d}{2b}, \quad q_2^* = \frac{a-d}{4b}. \quad (12)$$

Таким образом, фирма-лидер получает двукратное преимущество в объемах производства и в предположении равновеликих параметров производственных затрат конкурентов в суммарной прибыли.

Рассмотренные теоретико-игровые модели являются формальной основой созданной СД-модели олигополистичного конкурентного рынка. Структура СД-модели, использующая формализмы Курно и Штакельберга для симуляции поведения игроков олигополистичного конкурентного рынка и прогнозирования объемов производства продукта, представлена на рисунке 3. Основное преимущество использования СД-модели заключается в том, что обеспечивается возможность оперативной настройки модели на особенности той или иной задачи и высокая вариабельность реализации вычислительных экспериментов. Это позволяет расширить спектр сценариев моделирования различных ситуаций на олигополистичном конкурентном рынке, что повышает информационную обеспеченность и обоснованность принятия управленческих решений. СД-модель позволяет получить перспективные во времени прогнозные оценки показателей объемов выпуска продукции и обеспечивает учет обратных связей между всеми параметрами моделируемой системы. Для более точных оценок могут использоваться аналитические модели, в том числе теоретико-игровые.

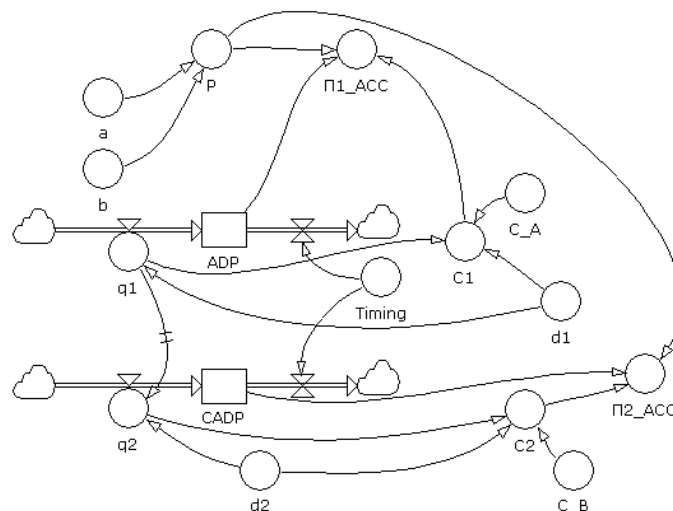


Рисунок 3 – Структура СД-модели олигополистичного конкурентного рынка,
где ADP – покупатели инновационного продукта; CADP – покупатели конкурирующего
продукта; a, b – коэффициенты функции цены; П1_ACC, П2_ACC – аккумулированная

*прибыль первого и второго конкурента, соответственно; C_1, C_2 – издержки производства первого и второго конкурирующего продукта соответственно;
 C_A, d_1, C_B, d_2 – коэффициенты функций производственных издержек;
 Timing – параметр жизненного цикла продукта*

В отличие от рассмотренных теоретико-игровых моделей конкурентного рынка, где соперничество фирм выражается в изменении объемов производства продукта, в моделях ценовой конкуренции основным инструментом целенаправленного влияния на рыночное равновесие является изменение цены, а через нее – спроса на конкурирующий продукт.

МОДЕЛЬ ЦЕНОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ

Влияние цены на спрос определяется различными моделями потребительского выбора, создаваемыми и изучаемыми в рамках такого раздела микроэкономики, как теория потребления и спроса [2]. Современные экономико-математические модели потребления и спроса направлены прежде всего на исследование зависимости спроса на элементы потребительской корзины от цены входящих в нее продуктов. Среди наиболее известных моделей потребительского выбора можно выделить [3]: модель Стоуна, функции спроса Маршалла, уравнение Слуцкого. Спрос на некоторый продукт определяется стремлением человека извлечь максимум полезности из своей хозяйственной деятельности. Из этого следует, что чем меньше цена единицы продукта, тем при прочих равных выше спрос на него, и наоборот. С другой стороны, если уменьшение цены продукта по тем или иным причинам не приводит к увеличению объемов продаж, то суммарная прибыль продавца уменьшается.

Модели потребительского выбора предполагают по меньшей мере частичную взаимозаменяемость продуктов, входящих в потребительскую корзину. Однако это допущение нельзя считать справедливым в отношении высокотехнологичных инновационных продуктов. В этой связи при изучении ценовой конкуренции в рамках модели рыночной диффузии инновации учитывается лишь обобщенное влияние относительной (в сравнении с конкурентами) цены продукта на его общую потребительскую привлекательность.

На рисунке 4 приведена структура СД-модели ценовой конкуренции, в которой за счет петель обратной связи отражается баланс между ростом доходов фирмы за счет повышения цены на продукцию и за счет увеличения объемов продаж в условиях дуополистического однопродуктового рынка. СД-модель использует модельные уравнения Бертрана [3] для определения ценообразования инновационного продукта. Модель Бертрана в отличие от моделей Курно и Штакельберга предполагают наличие ценового взаимодействия фирм на олигополистическом рынке. Конкуренция заключается в том, что каждая фирма устанавливает свою цену. Формально теоретико-игровая модель ценовой конкуренции Бертрана имеет вид:

$$Q = \frac{a}{b} - \frac{1}{b} p, \quad Q = D(p), \quad (13)$$

$$D_i(p_i, p_j) = \begin{cases} D(p_i), & \text{если } p_i < p_j \\ \frac{1}{2} D(p_i), & \text{если } p_i = p_j, \\ 0, & \text{если } p_i > p_j \end{cases} \quad (14)$$

$$i_1(p_1, p_2) = \begin{cases} \frac{a}{b} - \frac{1}{b} p_1, & \text{если } p_1 < p_2 \\ \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b} - \frac{1}{b} p_1 \right), & \text{если } p_1 = p_2, \\ 0, & \text{если } p_1 > p_2 \end{cases} \quad (15)$$

где a , b – коэффициенты функции цены; p – временная функция цены конкурирующих продуктов; Q – функция рыночного спроса; $D_i(p_i, p_j)$ – функция формирования спроса отдельного дуополиста; $i_1(p_1, p_2)$ – объем выпуска одного из дуополистов.

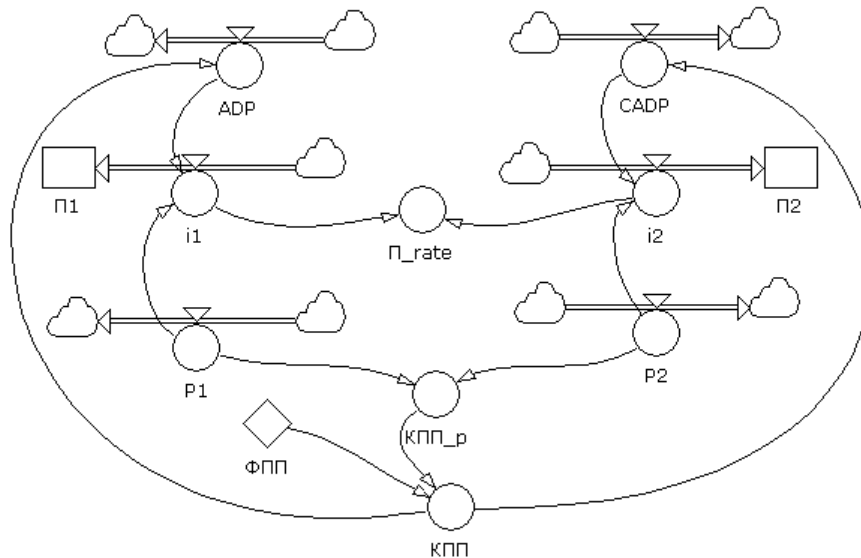


Рисунок 4 – СД-модель ценовой конкуренции,

где ADP – продажи инновационного продукта; $CADP$ – продажи конкурирующего продукта; Π_1 , Π_2 – прибыль первого и второго конкурента соответственно;

P_1 , P_2 – временная функция цены конкурирующих продуктов; $КПП$ – коэффициент потребительской привлекательности продукта; $КПП_p$ – коэффициент ценовой привлекательности продукта; $ФПП$ – внешние факторы привлекательности продукта; Π_rate – относительная конкурентная привлекательность продукта

Областью применения рассмотренных СД-моделей являются управленческие игры и симуляция рыночных процессов в обучающих целях.

Рыночная эффективность того или иного сценария развития маркетинговой фазы инновационного процесса сильно зависит от множества часто взаимосвязанных параметров, в частности, от соотношения абсолютных показателей цены продукта, объема имеющихся у фирмы-инноватора свободных финансовых средств, стоимости и экономической эффективности рекламы и мероприятий по контролю качества. Все эти параметры в реальных рыночных условиях обладают собственной динамикой и, в свою очередь, зависят от многих управляемых (со стороны фирмы-инноватора) и неуправляемых характеристик рыночной среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен вариант интегрированной имитационной модели диффузии инновации, состоящей из комплекса СД-моделей: эпидемической модели диффузии инновационного продукта, модели управления эффективностью рыночного продвижения продукта и моделей продуктовой и ценовой конкуренции в условиях олигополии. В модели внешние и внутренние параметры процесса рыночной диффузии инноваций сами по себе являются объектами моделирования. За счет этого модель приобретает комплексный характер: ее состав инкапсулирует в себе множество вспомогательных подмоделей, каждая из которых может иметь различный уровень сложности, полноты и точности. Такой подход обеспечивает возможность постепенного развития общей модели диффузии за счет видоизменения входящих в ее состав подмоделей. С другой стороны, комплексный состав модели позволяет при ее параметризации и верификации комбинировать подходы, основанные на экспертных оценках и статистических наблюдениях. Необходимость в таком

комбинировании возникает по той причине, что, с одной стороны, нет возможности сформировать репрезентативную коллекцию наблюдений рыночных процессов, связанных с распространением инновации, в силу принципиальной новизны инновационного продукта. С другой стороны, некоторые закономерности рыночных процессов, таких, как конкуренция, управление качеством и рекламой, наблюдаемые для объектов маркетинга вообще, могут быть распространены и на разряд инновационных продуктов, что дает возможность использовать при параметризации и верификации соответствующих подмоделей традиционные подходы, основанные на статистических методах.

Технология [4] в совокупности с разработанным комплексом моделей инновационных процессов представляет собой эффективный инструмент для информационной поддержки принятия решений в сфере управления инновационным развитием региональной экономики.

Разработки прошли апробацию на базе инновационно-технологических центров Мурманской области «Технопарк-Апатиты» и «Мурманский региональный инновационный бизнес-инкубатор».

Полученные результаты смогут также найти применение при реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» на территории Мурманской области в части создания средств информационно-аналитической поддержки для задач управления инновационной безопасностью развитием региона.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований - грант 15-07-04290-а, № 15-29-06973-офи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 165 с.
2. Поспелов И.Г. Моделирование экономических структур. – М.: УРСС, 2003. – 194 с.
3. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
4. Маслобоев А.В., Олейник А.Г., Шишаев М.Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 748-755.

Маслобоев Андрей Владимирович

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник

Тел.: 8 953 306 57 23

Email: masloboev@iimm.ru

Шишаев Максим Геннадьевич

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, г. Апатиты

Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией

Тел.: 8 921 150 27 25

Email: shishaev@iimm.ru

A.V. MASLOBOEV (Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Senior Researcher)

*M.G. ShISHAEV (Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Laboratory)
Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes
of the Kola Science Center RAS, Apatity*

MODELING OF INNOVATION PROCESSES.

PART II. SYSTEM-DYNAMIC MODELS OF INNOVATIONS

For innovation process development dynamics analysis and its implementation effectiveness forecasting under various economic conditions and under different control scenarios the modeling tools for innovation business simulation have been developed. The research work consists of two parts. In the second part a developed system-dynamic model suite of market innovation diffusion has been represented. A set of models involves efficiency control model of product market promotion, and product and cost business competition models under oligopoly. The work-out results can find application within the decision support systems used in the field of innovation development management of regional economics.

Keywords: simulation; system dynamics; innovations; decision-making support; regional development innovation security.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Forrester Dzh. Mirovaya dinamika. – M.: Nauka, 1978. – 165 s.
2. Pospelov I.G. Modelirovanie e'konomicheskix struktur. – M.: URSS, 2003. – 194 s.
3. Petrov A.A., Pospelov I.G., Shananin A.A. Opy't matematicheskogo modelirovaniya e'konomiki. – M.: E'nergoatomizdat, 1996. – 544 s.
4. Masloboev A.V., Olejnik A.G., Shishaev M.G. Informacionnaya texnologiya distancionnogo formirovaniya i upravleniya modelyami sistemnoj dinamiki // Nauchno-texnicheskij vestnik informacionny'x texnologij, mexaniki i optiki, 2015. – T. 15. – № 4. – S. 748-755.

УДК 004.91+ 378.14

Е.Ю. АЛЕКСИКОВА, А.И. ФРОЛОВ, В.А. ФРОЛОВА

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ
ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАБОТОДАТЕЛЕЙ**

Данная статья посвящена анализу и описанию существующих методик построения основных образовательных программ на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования третьего поколения. Предлагается методика формирования примерной образовательной программы высшего образования, учитывающая требования региональных работодателей.

Ключевые слова: методика; модель; основная образовательная программа; профессиональный стандарт; региональный работодатель.

На сегодняшний день основной нормативный документ, описывающий требования, обязательные при реализации основных образовательных программ, определяющий порядок осуществления образовательной деятельности образовательных организаций и обеспечивающий качество образования, является федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС). Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования действует как законодательная, конституционная норма и гарантирует со стороны государства право граждан на получение качественного высшего образования [6]. Государство и образовательная организация высшего образования (ООВО) стремятся в полной мере реализовать свои цели, и если у государства такой целью является регламентация деятельности ООВО, то у второй стороны цель – добиться свободы в построении образовательного процесса[7].

Схема реализации федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) представлена на рисунке 1[1].

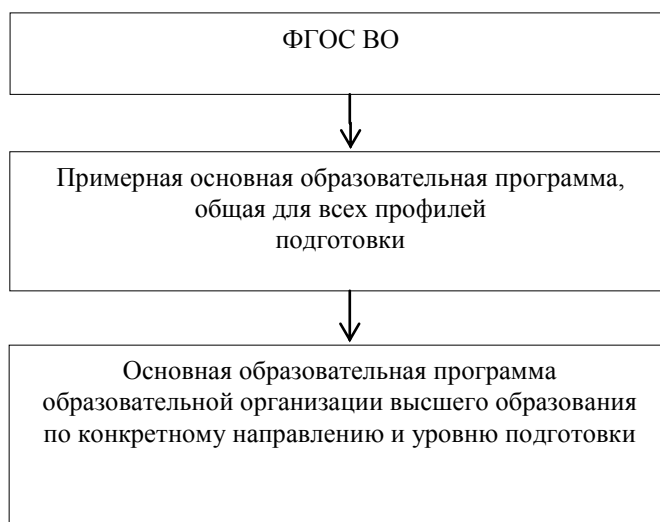


Рисунок 1 – Схема реализации ФГОС ВО

На сегодняшний день остро стоит проблема в востребованности выпускников на рынке труда. Данную проблему предполагалось решить внедрением балльно-рейтинговой

системы оценки качества образования, которая стала важной составной частью новых образовательных технологий. Данная система позволяет объективно и всесторонне оценить практическую деятельность студента в течение всего периода обучения [11]. Но получение данной оценки выпускников работодателями затруднительно, так как работодатели ожидают, чтобы их требованиям к выпускникам соответствовали результаты обучения. Отсюда вытекает другая проблема – каким образом согласовать требования государства и работодателей к результатам обучения, не снизив уровень качества образования и таким образом решить проблему востребованности выпускников. Работодатели являлись «пассивными» субъектами образовательного процесса при получении результатов обучения [8]. В ответ на складывающуюся ситуацию на протяжении последних лет ассоциациями предприятий при непосредственном курировании данного вопроса Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации разрабатываются профессиональные стандарты, описывающие квалификации, необходимые работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности [9]. Профессиональный стандарт, который сформирован с учетом требований к профессиональным компетенциям специалистов, является необходимой основой для разработки образовательной программы, которая кроме компетентностного подхода могла бы отразить специфику организации учебного процесса и возможности применения инновационных образовательных технологий в условиях ВУЗа [5]. Таким образом, профессиональные стандарты являются одним из основных механизмов, обеспечивающих согласование требований рынка труда и системы образования.

Для системы высшего образования профессиональные стандарты являются основой для качественного формирования основной образовательной программы (ООП), разработки методических материалов и выборе форм и методов обучения в системе высшего образования.

Для органов управления образованием профессиональные стандарты создают возможность:

- сформулировать реальные и измеримые результаты обучения в системе профессионального образования, в частности, высшего образования;
- планировать профили обучения;
- определять траектории обучения в течение всей жизни.

Для региональных работодателей получение результатов для оценки знаний будущих сотрудников затруднительно. Конкретных работодателей интересует соответствие образовательных результатов выпускников их требованиям.

При анализе подготовки кадров выявлено, что деятельность и условия работы образовательных организаций зачастую не соответствуют современным требованиям потенциальных работодателей [12]. Согласно проводимым исследованиям, основными претензиями работодателей являются:

- недостаток практических навыков у выпускников;
- несоответствие теоретических знаний, получаемых в ООВО, практике;
- недостаток навыков общения – сюда относят как неумение вести деловые переговоры, так и просто неумение правильно и логично выстраивать фразы и предложения [7].

Зачастую работодатели требуют от выпускников учебных заведений, чтобы они обладали оптимальными навыками в сугубо узкой специализации определенной области [13], что, в свою очередь, нельзя удовлетворить, так как аспектом качества балльно-рейтинговой системы является соответствие федеральным государственным образовательным стандартам, в которых не зафиксирована необходимая специализация.

Учет требований «глобальных» работодателей, отраженных в профессиональных стандартах, и требований региональных работодателей является важным элементом повышения качества образования.

Вторым немаловажным требованием к системе высшего образования является возможность обеспечения вариативности обучения путем построения индивидуальных планов обучения студентов, что должно найти отражение при построении модели ООП.

Порядок формирования основных образовательных программ высшего учебного заведения определен письмом Минобразования РФ от 19 мая 2000 г. N 14-52-357ин/13 «О порядке формирования основных образовательных программ высшего учебного заведения на основе государственных образовательных стандартов» [3]. В целом данный порядок сохранен и при формировании ООП на основе новых поколений ФГОС ВО.

ООП предполагает:

- обеспечение универсальности, фундаментальности высшего образования и его практической направленности;
- разработка принципиально нового нормативно-методического обеспечения образовательного процесса;
- формирование инфраструктуры перехода к новой модели высшего образования страны;
- гибкое реагирование на потребности рынка труда, достижения науки и техники [2].

ООП определяет:

- ожидаемые результаты (компетенции выпускника);
- содержание (учебный план, рабочие программы дисциплин (модулей), практик);
- условия и технологии реализации образовательного процесса;
- оценку качества подготовки обучающихся и выпускников.

Разработка новых методик формирования основных образовательных программ высшего образования, учитывающих требования и со стороны государства, и со стороны региональных работодателей, позволит повысить уровень образования и удовлетворить требования основных потребителей продукции ООВО.

При разработке новых ООП необходимо воспользоваться пошаговым алгоритмом создания образовательных программ, разработанным на основе методологии TUNING в рамках реализации проекта «Тюнинг в России» (2010-2013) [4] и адаптированным к требованиям ФГОС 3+.

Алгоритм построения основных образовательных программ:

Шаг 1. Определение цели ООП (подтверждение необходимости создания ООП, определение ее профиля).

Шаг 2. Формулировка целей программы и описание результатов обучения в терминах компетенций.

Шаг 3. Определение универсальных (общих) и профессиональных (предметно-специализированных) компетенций, которые должны быть сформированы при освоении программы.

Шаг 4. Формирование и описание содержания и структуры основной образовательной программы (состав модулей и их объем в кредитных единицах).

Шаг 5. Проверка взаимного соответствия структуры основной образовательной программы, результатов обучения и набора компетенций.

Шаг 6. Определение соответствующих результатам обучения образовательных технологий и методик обучения и оценки формируемых компетенций.

Шаг 7. Создание системы оценки, обеспечения и повышения качества образования.

На рисунке 2 на основе предложенной в работе [10] общей модели ООП представлена примерная модель основной образовательной программы в системе автоматизации формирования ООП.

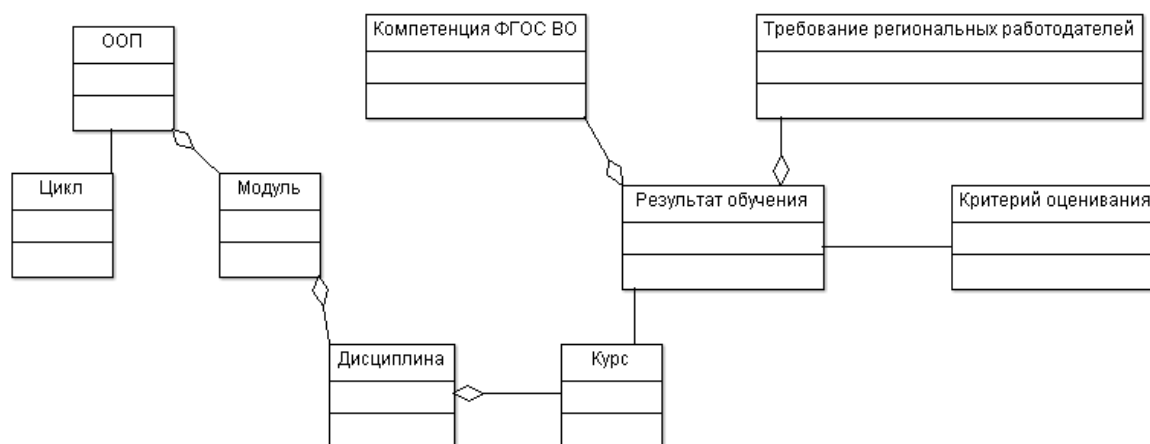


Рисунок 2 – Примерная модель основной образовательной программы

Предлагаемая примерная модель построения основной образовательной программы включает в себя три основных цикла:

- общекультурный цикл, формирующий общие компетенции на основе совокупности теоретических знаний и умений;
- общепрофессиональный цикл, формирующий общепрофессиональные и профессиональные компетенции на основе теоретических знаний и практических умений, основанных на профессиональных стандартах;
- профессиональный цикл, учитывающий в виде приобретенных умений и навыков требования конкретных региональных работодателей.

Каждый из вышеперечисленных циклов включает в себя несколько модулей, которые представлены набором взаимосвязанных дисциплин, включающих в себя совокупность конкретных компетенций и конкретное число зачетных единиц, которые можно набрать в процессе обучения. Любая дисциплина определяется количеством зачетных единиц и может быть представлена несколькими курсами, каждый из которых имеет свой уровень показателя сложности. Выделяют четыре таких уровня: базовый, углубленный базовый, продвинутый и специализированный [10].

В предлагаемой модели на основе [10] выделен ряд сущностей:

- ожидаемые результаты – это множество, представленное знаниями, умениями и навыками, которыми должен обладать обучающийся по завершении обучения, определяемые образовательной организацией. При этом каждый из этих видов ожидаемого результата обладает одним из возможных критериев оценивания, которые показывают степень овладения обучающимся теми или иными знаниями, умениями и навыками;
- множество отраженных в федеральном образовательном государственном стандарте компетенций, которые сочетают в себе знания, умения и навыки, которыми овладевает обучающийся. Компетенции, перечисленные в федеральном образовательном государственном стандарте, формируются в рамках различных модулей, дисциплин и курсов. Каждая компетенция имеет шкалу уровня сложности ее усвоения. Уровень развития компетенций у обучающегося определяется оценкой по дисциплине;
- множество требований конкретных региональных работодателей, представленные тремя множествами: знания, умения и навыки.

Необходимо учитывать, что множества знаний, умений и навыков, перечисленных в трех вышеописанных сущностях, являются попарно пересекающимися.

Формирование ООП в соответствии с предложенной моделью требует наличия автоматизированных процедур. Для автоматизации процесса формирования ООП разработаны методики, учитывающие приведенные выше требования.

В самом общем виде необходимо спроектировать элементы основной образовательной программы, обеспечивающие освоение трех циклов: общекультурного, общепрофессионального и профессионального (рис. 3). Для каждого цикла ООВО устанавливает определенное количество зачетных единиц и рекомендуемое количество модулей в соответствии с ФГОС ВО.

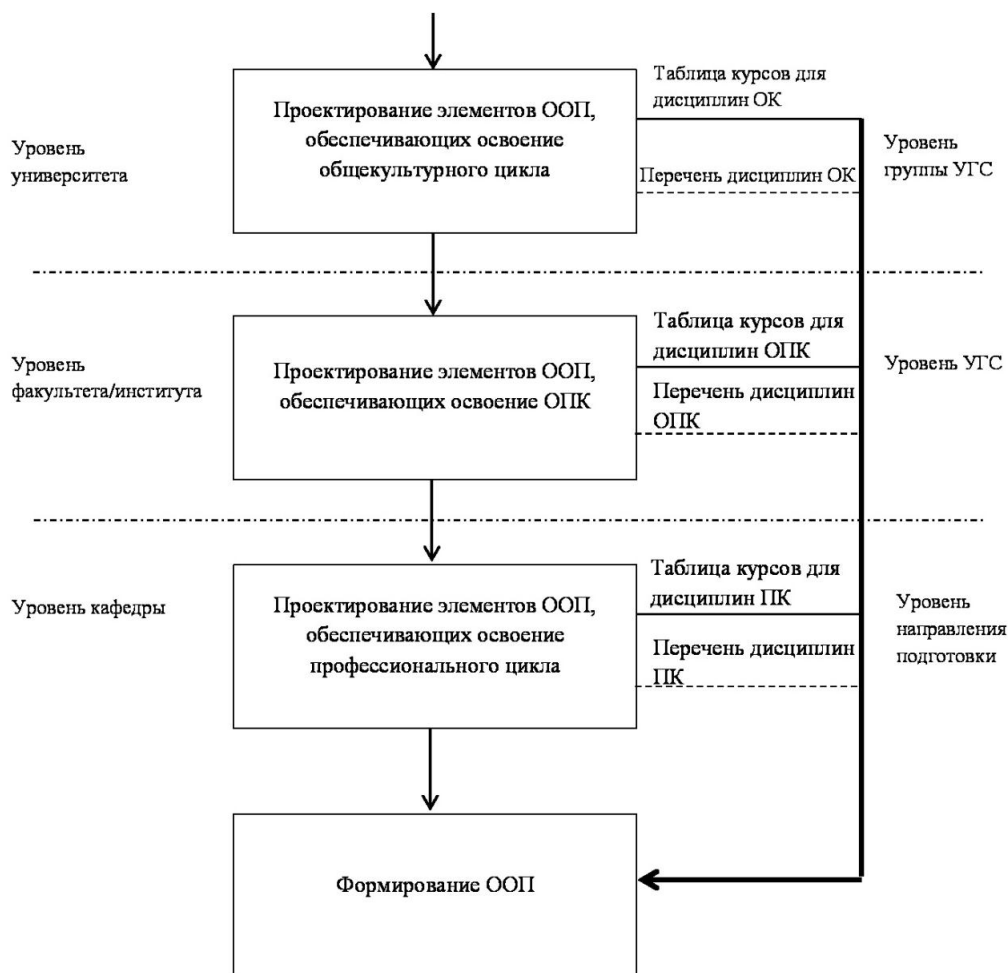


Рисунок 3 – Укрупненная методика формирования ООП

Теперь рассмотрим подробнее проектирование элементов ООП для каждого конкретного цикла.

Методики формирования элементов для освоения общекультурного и общепрофессионального циклов схожи по своей структуре и представлены на рисунках 4 и 5 соответственно. Компетенции, отраженные во ФГОС ВО, представляются в виде множества навыков, знаний и умений, которые впоследствии формируют результаты обучения для конкретного цикла. Полученные списки результатов обучения далее формируются по модулям, которые, в свою очередь, определяют дисциплины, покрывающие перечень навыков, знаний и умений, соответствующих сформированным ранее модулям. Далее стоит учесть разный уровень подготовки студентов. Исходя из этого, формируются курсы, обеспечивающие получение знаний, умений и навыков, соответствующих перечню дисциплин, полученных ранее. В итоге ООП формируется на основе полученных списков дисциплин соответствующего цикла, а также таблицы курсов для дисциплин соответствующего цикла, учитывающие разный уровень подготовки у студентов.

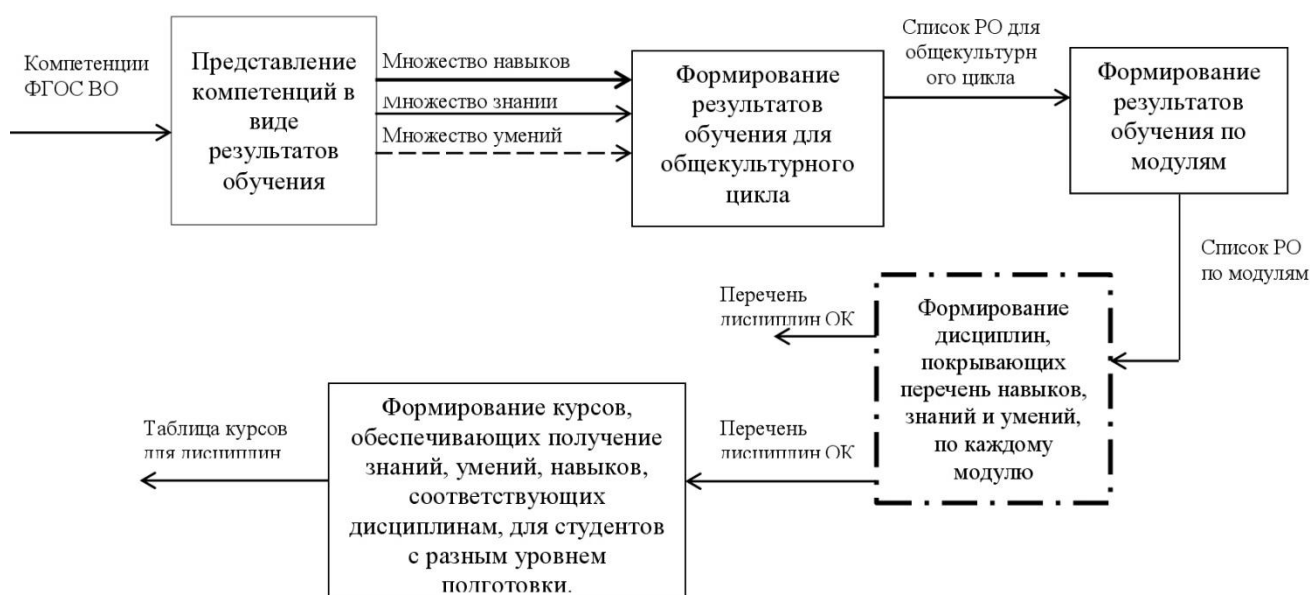


Рисунок 4 – Методика формирования элементов ООП, обеспечивающих освоение общекультурного цикла

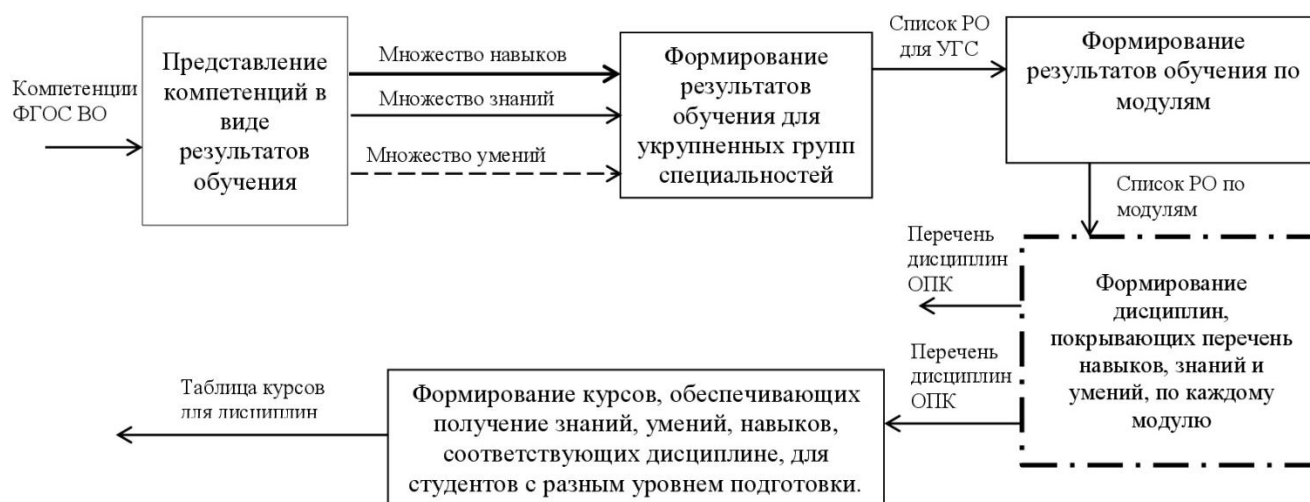


Рисунок 5 – Методика формирования элементов ООП, обеспечивающих освоение общепрофессионального цикла

Методика проектирования элементов ООП, обеспечивающих освоение профессионального цикла, состоит из этапов, представленных на рисунке 6:

- представить компетенции ФГОС ВО в виде знаний, навыков и умений, параллельно формализовать требования региональных работодателей (требования также представлены в виде знаний, навыков и умений);
- составить базы знаний на основе полученных множеств, соответствия конкретных знаний, умений и навыков с результатами обучения профессионального цикла. На выходе получить матрицу соответствия, которая позволит сформировать перечень множества результатов обучения, знаний, умений и навыков для конкретного направления подготовки;
- на основе списка результатов обучения, сформировать список результатов обучения, но уже в соответствии с профессиональными стандартами по модулям, в соответствии с видами деятельности;

– сформировать список дисциплин, покрывающих перечень навыков, знаний и умений, соответствующих модулям. Если не предполагается дальнейшее разбиение дисциплин на курсы, учитывающие уровень подготовки студентов, то на выход подать перечень дисциплин профессионального цикла. Иначе перейти к формированию курсов, обеспечивающих получение знаний, умений и навыков, учитывая разный уровень подготовки студентов.



Рисунок 6 – Методика проектирования элементов ООП, обеспечивающих освоение профессионального цикла

После того, как спроектированы все три цикла и получены перечни дисциплин, а также таблицы курсов дисциплин, на их основе формируется основная образовательная программа.

Предлагаемая примерная модель основной образовательной программы и методики формирования ООП обеспечивают достаточную формализацию структуры основной образовательной программы и процессов ее формирования. Разработанные модель и методики могут быть использованы при построении автоматизированных программных средств проектирования ООП для региональных опорных университетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации № 273 от 29.12.2012 г. «Об образовании в РФ». – М: Собрание законодательства Российской Федерации.
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».
3. Письмо Минобрнауки РФ от 19.05.2000 № 14-52-357ИН/13 «О порядке формирования основных образовательных программ высшего учебного заведения на основе государственных образовательных стандартов».
4. Караваева Е.В. Рекомендуемый алгоритм проектирования программ высшего образования при реализации ФГОС 3+ // Высшее образование в России, 2014. – № 8-9. – С. 5-15.

5. Кривов В.Д., Крупенков В.В., Мельников А.А. Разработка инновационных подходов к обучению в сфере информационно-аналитического обеспечения деятельности органов государственного управления: монография. – М.: Академия естествознания, 2010. – 119 с.
6. Митрофанова В.В. Профессиональные стандарты в вопросах и ответах // Секретарь-референт: электронный научный журнал, 2015. – № 4.
7. Сахарчук Е.И. Стандарты высшего профессионального образования как основа управления качеством подготовки специалистов // Журнал «Известия Волгоградского государственного педагогического университета», 2012. – № 4.
8. Фролова В.А., Дашкевич Р.А. Проблемы подготовки инженерно-технических кадров для региона и пути их решения // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки, 2014. – Выпуск 4. – Часть 1.
9. Фролова В.А. и др. Построение модели региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель» / В.А. Фролова, А.В. Коськин, О.А. Савина, А.И. Фролов // Информационные системы и технологии, 2016. – № 1(93).
10. Фролова В.А., Фролов А.И. Модель основной образовательной программы для региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель» // Информационные системы и технологии, 2016. – № 2(94).
11. Фролова В.А., Артемова Е.В., Дашкевич Р.А. Инновационная модель развития системы подготовки высококвалифицированных кадров // Материалы V международной научно-практической конференции «Мировая наука и современное общество: актуальные вопросы экономики, социологии и права». – Саратов: «Эль-принт», 5 апреля 2014. – Часть 1. – С. 24-31.
12. Фролова В.А., Дашкевич Р.А. Модель инновационной подготовки кадров // Wirtschaft und Management: Theorie und Praxis: Sammelwerk der wissenschaftlichen Artikel. – Vol. 1. – Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2014. – 448 p.
13. Щеглов П.Е., Никитина Н.Ш. Качество высшего образования. Риски при подготовке специалистов // Университетское управление: практика и анализ, 2003. – № 1(24). – С. 46-59.

Алексикова Евгения Юрьевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Магистрант кафедры «Информационные системы»
E-mail: eugeshkin@rambler.ru

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы», директор Научно-образовательного центра «Специализированные цифровые устройства и системы управления»
Тел.: 8 961 627 05 50
E-mail: aifrolov@mail.ru

Фролова Варвара Александровна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы», ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра «Специализированные цифровые устройства и системы управления»
E-mail: vnozdracheva@yandex.ru

E.Yu. ALEKSIKOVA (*Master Student of the Department «Information Systems»*)

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department «Information Systems», Director of Research and Education Center «Specialized Digital Devices and Control Systems»*)

V.A. FROLOVA (*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department «Information Systems», Leading Researcher of Scientific and Educational Center «Specialized Digital Devices and Control Systems»*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

THE TECHNIQUE OF HIGHER EDUCATION PRINCIPAL EDUCATIONAL PROGRAM
FORMATION, WHICH TAKES INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS
FROM REGIONAL EMPLOYER

The present article is concerned with the analysis and description of existing methods of making of principal educational programs based on Federal State Educational Standard of third generation for higher education. The method of formation of tentative educational program of higher education which takes into account the requirements from local employers.

Keywords: methodology; model; educational program; professional standard; regional employer

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Federal'ny'j zakon Rossijskoj Federacii № 273 ot 29.12.2012 g. «Ob obrazovanii v RF». – M: Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii.
2. Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ot 17 dekabrya 2010 g. № 1897 «Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshhego obrazovaniya».
3. Pis'mo Minobrazovaniya RF ot 19.05.2000 № 14-52-357IN/13 «O poryadke formirovaniya osnovnyx obrazovatel'nyx programm vysshego uchebnogo zavedeniya na osnove gosudarstvenny'x obrazovatel'ny'x standartov».
4. Karavaeva E.V. Rekomenduemy'j algoritm proektirovaniya programm vy'sshego obrazovaniya pri realizacii FGOS 3+ // Vy'sshee obrazovanie v Rossii, 2014. – № 8-9. – S. 5-15.
5. Krivov V.D., Krupenkov V.V., Mel'nikov A.A. Razrabotka innovacionny'x podxodov k obucheniyu v sfere informacionno-analiticheskogo obespecheniya deyatelnosti organov gosudarstvennogo upravleniya: monografiya. – M.: Akademiya estestvoznaniya, 2010. – 119 s.
6. Mitrofanova V.V. Professional'ny'e standarty' v voprosax i otvetax // Sekretar'-referent: e'lektronny'j nauchny'j zhurnal, 2015. – № 4.
7. Saxarchuk E.I. Standarty' vy'sshego professional'nogo obrazovaniya kak osnova upravleniya kachestvom podgotovki specialistov // Zhurnal «Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta», 2012. – № 4.
8. Frolova V.A., Dashkevich R.A. Problemy' podgotovki inzhenerno-texnicheskix kadrov dlya regiona i puti ix resheniya // Izvestiya TulGU. E'konomicheskie i yuridicheskie nauki, 2014. – Vy'pusk 4. – Chast' 1.
9. Frolova V.A. i dr. Postroenie modeli regional'noj social'no-e'konomicheskoy sistemy' «obrazovatel'naya organizaciya vy'sshego obrazovaniya – rabotodatel'» / V.A. Frolova, A.V. Kos'kin, O.A. Savina, A.I. Frolov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2016. – № 1(93).
10. Frolova V.A., Frolov A.I. Model' osnovnoj obrazovatel'noj programmy dlya regional'noj social'no-e'konomicheskoy sistemy' «obrazovatel'naya organizaciya vysshego obrazovaniya – rabotodatel'» // Informacionnye sistemy i texnologii, 2016. – № 2(94).
11. Frolova V.A., Artemova E.V., Dashkevich R.A. Innovacionnaya model' razvitiya sistemy' podgotovki vy'sokokvalificirovanny'x kadrov // Materialy' V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Mirovaya nauka i sovremennoe obshchestvo: aktual'ny'e voprosy' e'konomiki, sociologii i prava». – Saratov: «E'l'-print», 5 aprelya 2014. – Chast' 1. – S. 24-31.
12. Frolova V.A., Dashkevich R.A. Model' innovacionnoj podgotovki kadrov // Wirtschaft und Management: Theorie und Praxis: Sammelwerk der wissenschaftlichen Artikel. – Vol. 1. – Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2014. – 448 p.
13. Shheglov P.E., Nikitina N.Sh. Kachestvo vy'sshego obrazovaniya. Riski pri podgotovke specialistov // Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz, 2003. – № 1(24). – S. 46-59.

УДК 519.237

Ю.М. БЕКЕТНОВА, Г.О. КРЫЛОВ, А.С. ПРИКАЗЧИКОВА

**АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО
СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УГРОЗ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ПРИМЕРЕ КРЕДИТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

Рассматривается проблема эффективности выявления кредитных организаций, которые могут быть вовлечены в совершение незаконных операций, связанных с отмыванием денег и финансированием терроризма. В статье приведен принцип статистической обработки показателей банковской отчетности для целей прогнозирования угрозы финансовой безопасности.

Ключевые слова: кредитная организация; финансовая безопасность; лицензия; отмывание денег; финансирование терроризма; формы банковской отчетности; кластерный анализ данных; факторный анализ данных.

Важнейшим условием обеспечения национальной безопасности государства является стабильность его экономической системы. Одним из основных элементов такой системы в любом развитом государстве являются кредитные организации, финансовые риски которых требуется оценивать.

Современные методики диагностики финансового состояния банка базируются на изучении, систематизации и обработке большого объема информации, содержащейся в официальной банковской отчетности. Алгоритмы расчетов показателей достаточно громоздки и не всегда очевидны, поэтому итоговые данные не могут в полной мере доступно и наглядно характеризовать финансовую безопасность кредитной организации. Нивелировать эти недостатки и увеличить скорость реакции на изменения внешней среды, что определяет успех в управлении, позволяет использование специального математического инструментария. Он является основным элементом системы поддержки принятия решений, поскольку имеет самую малую среди других методов, способов и механизмов материалоемкость, а также позволяет подготовить и провести многочисленные эксперименты сравнительно быстро [1].

На основании статьи 57 Федерального закона «О Центральном банке Российской Федерации» от 10.07.02 № 86-ФЗ Банком России установлен перечень отчетных форм для кредитных организаций, который включает в себя порядка шестидесяти форм, предоставляемых на регулярной основе [2].

Отчетная форма № 101 считается одной из самых информативных, именно с нее и начинается анализ финансовой отчетности. Составляется она ежедневно, а для отчетных целей формируется за месяц. Основная задача анализа формы № 101 сводится к получению информации об объемных и структурных показателях требований и обязательств банка. Именно в этой форме отражены результаты многочисленных проведенных банковских операций за определенный период.

Качественный финансовый мониторинг форм банковских отчетностей, а также проверка соблюдения действующего законодательства кредитными организациями Российской Федерации (далее – РФ) со стороны надзорных органов государственной власти может способствовать эффективному выявлению угроз финансовой безопасности, прогнозированию рисков кредитной организации.

Существуют разнообразные подходы к решению задачи выявления и прогнозирования состояния кредитных организаций, в основном экспертные. Однако экспертные оценки носят субъективный характер, они могут быть политизированы. На смену экспертным оценкам приходят точные количественные. Проведенный анализ методов

свертки и скаляризации векторов показал, что наиболее перспективным является метод главных компонент факторного анализа в сочетании с методами кластерного анализа [3].

Банковская сфера подлежит постоянному мониторингу со стороны надзорных органов государственной власти, многие правонарушения пресекаются на основании. В то же время количество кредитных организаций в России очень велико для регулярного инспекторского надзора со стороны Центрального Банка Российской Федерации и Федеральной службы по финансовому мониторингу, что обуславливает необходимость дистанционного мониторинга состояния банков. Дистанционный мониторинг, текущий онлайн-анализ состояния банков по ежемесячным, ежеквартальным, годовым балансовым отчетам позволяет выделить «группы риска», то есть те банки, состояние которых может вызывать опасение. К сожалению, дистанционные методы, включающие «системы раннего предупреждения» (Early Warning Systems, EWS), не могут дать однозначного указания на состояние надежности того или иного банка, однако они могут существенно сократить расходы органов надзора, которые могут в первую очередь инспектировать банки, оказавшиеся в группе риска согласно дистанционным методикам. Это, в свою очередь, увеличивает эффективность банковского надзора и повышает стабильность банковской системы в целом, предупреждая несостоятельность отдельных банков.

Существует несколько подходов к эконометрическому моделированию надежности банков на основе публично доступной информации. Во-первых, составление эконометрической модели надежности банка на основе исторических данных об отзывах лицензий и банковских дефолтах. Естественным инструментом здесь являются модели бинарного выбора. Во-вторых, для построения эконометрической модели можно использовать рейтинги, присвоенные банкам рейтинговыми агентствами. Когда такая модель построена, ее можно использовать для расчета прогнозных рейтингов любых банков. Прогнозные рейтинги будут отражать мнение экспертов рейтингового агентства.

Третий подход построен на основе анализа процентных ставок, например, процентных ставок по депозитам физических лиц. При наличии рыночной дисциплины вкладчики ожидают от банков с рискованной финансовой политикой более высокие процентные ставки. При наличии в стране рыночной дисциплины высокие процентные ставки служат сигналом об избыточном риске финансовой политики банка.

Четвертый подход основан на оценках технической эффективности банков. Ряд работ связывает техническую эффективность (или, точнее, эффективность по издержкам) банка с его надежностью. Таким образом, модели, позволяющие оценивать эффективность банка, также дают информацию и о его надежности.

При решении задачи рейтингования кредитных организаций приходится сравнивать объекты, заданные упорядоченными наборами признаков (векторами), для которых отношение «больше – меньше» не определено. Эта неопределенность носит фундаментальный характер и для своего преодоления требует изыскания и синтеза адекватных интегральных скалярных характеристик объектов векторной природы. Одно из перспективных направлений разрешения этой проблемы может быть реализовано на основе метода главных компонент факторного анализа.

Каждый объект финансовой системы характеризуется большим количеством стохастически связанных признаков, поэтому для решения достаточно сложных задач классификации объектов применяют кластерный анализ.

Главное назначение кластерного анализа – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры. Это означает, что решается задача классификации данных и выявления соответствующей структуры в ней.

Исходные статистические данные для задачи многомерной кластеризации включают информацию об объектах, подлежащих классификации, которая может быть представлена в виде матрицы X типа «объект-свойство» (1):

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где x_{ij} – значение j -го признака на i -м объекте наблюдения.

Общая постановка задачи кластерного анализа звучит следующим образом: необходимо разбить анализируемую совокупность объектов $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$, которые представлены в виде матрицы $X_{n \times k}$, на сравнительно небольшое число однородных в определенном смысле групп или классов.

В общем случае под однородностью объектов понимается величина $\rho(O_i, O_j)$, характеризующая либо различие между любой парой исследуемых объектов, либо сходство.

Пусть задана функция $d(O_i, O_j)$, тогда близкие с точки зрения этой метрики объекты считаются однородными, принадлежащими одному классу. В настоящей статье рассматривается евклидово расстояние между объектами, рассчитываемое по формуле (2):

$$d_E(O_i, O_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2}. \quad (2)$$

В общем случае методы кластеризации необходимы для обнаружения структуры в данных, которую нелегко найти при визуальном обследовании или с помощью экспертов.

Для решения задачи кластеризации предлагается использовать метод k-means clustering. Этот метод является одним из основных методов итерационного кластерного анализа, он строит ровно k различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга. Вычисления начинаются с k случайно выбранных наблюдений, которые становятся центрами групп, после чего объектный состав кластеров меняется с целью минимизации изменчивости внутри кластеров и максимизации изменчивости между кластерами [4].

Для выбора числа кластеров, на которое следует первоначально разбить имеющуюся совокупность данных, рекомендуется воспользоваться методом Уорда и построить вертикальную дендрограмму. Пример построения дендрограммы представлен на рисунке 1.

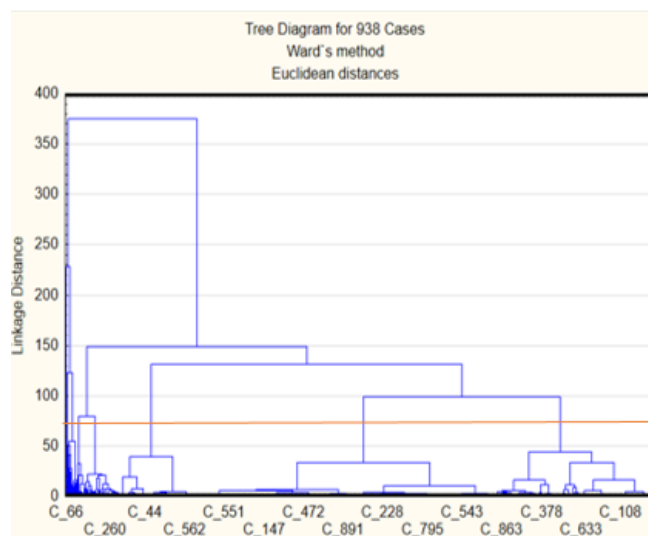


Рисунок 1 – Дендрограмма по методу Уорда

При выборе порогового уровня кластеризации по данному методу в размере $p = 70$ общее число кластеров, на которое будет разбита вся совокупность данных, будет равно 8.

Таким образом, в результате кластеризации вся совокупность данных будет разбита на отдельные группы или кластеры, состав которых необходимо тщательно анализировать на предмет нахождения между показателями рассматриваемых объектов статистически значимых взаимосвязей.

Теперь рассмотрим основные моменты факторного анализа. Пусть дан вектор $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)^T$. Так как исходные признаки отличаются масштабом измерений, то центрируем и нормируем их. Ставится задача снизить размерность признакового пространства до m признаков ($m < k$). Линейная модель факторного анализа имеет вид (3):

$$x_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + d_i v_i \quad i = \overline{1, k}, \quad (3)$$

где f_r – r -ый общий фактор, $r = \overline{1, k}$; v_i – i -ый характерный фактор; a_{ir} – весовой коэффициент или коэффициент весовой нагрузки i -го признака на r -м общем факторе; d_i – весовой коэффициент i -го признака на i -м характерном факторе.

Итак, каждый исходный признак, согласно линейной модели факторного анализа (3), представляется как результат воздействия некоторого числа m гипотетических (непосредственно не измеряемых) общих факторов и одного характерного фактора [5].

Методом главных компонент факторного анализа было выделено два фактора, что позволило графически представить кредитные организации на декартовой плоскости по соответствующему кластеру.

В ходе исследования была построена диаграмма расстояния от дискретных значений факторов, ликвидированных Банком России кредитных организаций до их математического ожидания. Результаты эксперимента показали, что рассматриваемое расстояние является сравнительно малым относительно аналогичного расстояния до значений факторов благонадежных кредитных организаций. Вышеуказанные диаграммы приведены на рисунке 2 и 3 соответственно.

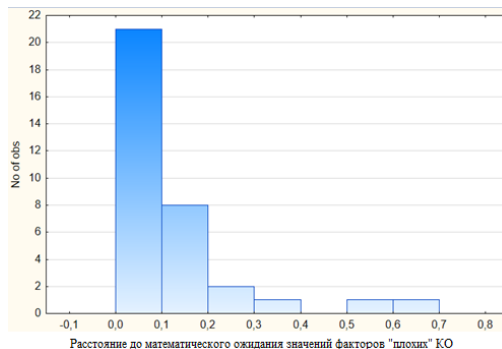


Рисунок 2 – Диаграмма расстояния 1

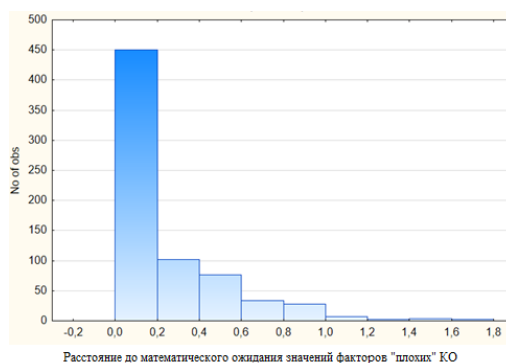


Рисунок 3 – Диаграмма расстояния 2

Из рисунка 3 видно, что большая часть благонадежных кредитных организаций лежит от математического ожидания ликвидированных на расстоянии в диапазоне от 0,0 до 0,25; что же касается расстояния от ликвидированных кредитных организаций до их математического ожидания, то в большинстве случаев оно лежит в диапазоне от 0,0 до 0,15.

Установленный факт свидетельствует о том, что действующие кредитные организации, находящиеся на относительно малом евклидовом расстоянии от математического ожидания кредитных организаций, ликвидированных на исследуемый момент времени, несут потенциальные риски финансовой безопасности в части отмывания денег и финансирования терроризма.

В данной статье были рассмотрены методы кластерного и факторного анализа, которые, как показали результаты исследования, разумно использовать в качестве средства прогнозирования угрозы финансовой безопасности на примере кредитных организаций.

Кроме того, была выдвинута гипотеза о нахождении кредитных организаций, которые несут потенциальные риски финансовой безопасности, на минимальном евклидовом расстоянии от математического ожидания значений факторов кредитных учреждений, у которых уже была отозвана лицензия на исследуемый момент времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пересецкий А.А. Модели причин отзыва лицензий российских банков. – М.: Российская Экономическая Школа, 2010. – 26 с.
2. Федеральный закон от 10.07.2002 № 86-ФЗ (ред. от 29.12.2014) «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)» (принят ГД ФС РФ 27.06.2002) // СПС «Консультант плюс».
3. Бекетнова Ю.М., Крылов Г.О., Фомин Я.А. Применение теории распознавания образов в задачах оценки рисков нарушения финансовой и информационной безопасности // Безопасность информационных технологий, 2013. – № 2. – С. 23-26.
4. Фомин Я.А., Фомин Я.Я. Статистическое оценивание финансового состояния коммерческих банков // Математико-статистический анализ социально-экономических процессов, 2008. – № 5. – С. 127-129.
5. Фомин Я.А. Статистическое распознавание экономического состояния предприятия. Труды IX Международной конференции «Применение многомерного статистического анализа в экономике и оценке качества». – М.: 2010. – С. 176-179.

Бекетнова Юлия Михайловна

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Кандидат технических наук

Тел.: 8 906 761 92 93

E-mail: beketnova@mail.ru

Крылов Григорий Олегович

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва

Доктор физико-математических наук, кандидат юридических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы

Тел.: 8 901 532 15 69

E-mail: op50@mail.ru

Приказчикова Анастасия Сергеевна

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Аспирант кафедры финансового мониторинга

Тел.: 8 916 488 73 75

E-mail: aska4.92@mail.ru

*Yu.M. BEKENTOVA (Candidate of Engineering Sciences)
National Research Nuclear University MPhI, Moscow*

G.O. KRY'LOV (*Doctor of Physico-mathematical Sciences, Candidate of Juridical Sciences, Professor,
Honored Worker of Higher School*)
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

A.S. PRIKAZChIKOVA (*Post-graduate Student of the Department of Financial Monitoring*)
National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

**ASPECTS OF THE APPLICATION OF MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS IN ORDER
TO PREDICT INFORMATION AND FINANCIAL SECURITY THREATS
ON THE EXAMPLE OF CREDIT INSTITUTIONS**

The problem of fraud detection of the credit institutions is discussed in the article, whose can involve in the money laundering and terrorism financing. The particular method of data reporting processing of credit institutions is described in the article for the prediction threats of the financial security.

Keywords: *credit institutions; financial security; license; money laundering; terrorism financing; forms of the bank statements; cluster analysis of data; factor analysis of data.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Pereseckij A.A. Modeli prichin otzy'va licenzij rossijskix bankov. – M.: Rossijskaya E'konomicheskaya Shkola, 2010. – 26 s.
2. Federal'ny'j zakon ot 10.07.2002 № 86-FZ (red. ot 29.12.2014) «O Central'nom banke Rossijskoj Federacii (Banke Rossii)» (prinyat GD FS RF 27.06.2002) // SPS «Konsul'tant plyus».
3. Beketnova Yu.M., Kry'lov G.O., Fomin Ya.A. Primenenie teorii raspoznavaniya obrazov v zadachax ocenki riskov narusheniya finansovoj i informacionnoj bezopasnosti // Bezopasnost' informacionny'x texnologij, 2013. – № 2. – S. 23-26.
4. Fomin Ya.A., Fomin Ya.Ya. Statisticheskoe ocenivanie finansovogo sostoyaniya kommercheskix bankov // Matematiko-statisticheskij analiz social'no-e'konomicheskix processov, 2008. – № 5. – S. 127-129.
5. Fomin Ya.A. Statisticheskoe raspoznavanie e'konomicheskogo sostoyaniya predpriyatiya. Trudy' IX Mezhdunarodnoj konferencii «Primenenie mnogomernogo statisticheskogo analiza v e'konomike i ocenke kachestva». – M.: 2010. – S. 176-179.

УДК 51-7+371.2:004.02

И.А. МАМАЕВА

МЕТОД РАСЧЕТА СТИПЕНДИИ В РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ

Предлагается метод расчета стипендии, исходными данными для которого являются распределение успешных студентов по подгруппам интегрального рейтинга, размер стипендиального фонда, размер базовой стипендии, коэффициенты, влияющие на стимулирующие части стипендии. Представлен материал для автоматизации расчета стипендии.

Ключевые слова: рейтинговая система; метод; расчет; стипендия; автоматизация.

Многие ВУЗы для повышения качества обучения внедряют рейтинговые системы оценки деятельности студентов. При этом какой бы ни была эта система – рейтинговой, балльно-рейтинговой или модульно-рейтинговой, ВУЗ неизбежно решает вопросы о выборе оснований для расчета стипендии и о выборе алгоритма расчета стипендии на основе разных способов оценки деятельности студентов.

Существовавший ранее метод расчета стипендии, выделяющий три основные группы студентов (студенты, имеющие в результате обучения только оценки «хорошо»; студенты, имеющие в результате обучения оценки «хорошо» и «отлично»; студенты, имеющие в результате обучения только оценки «отлично») и определяющий на основании этого стипендии студентов, явно неэффективен в условиях внедрения рейтинговой системы, так как рейтинговая шкала баллов более чувствительна к распознаванию различного уровня достижений студентов. Понимая это, ВУЗы идут по пути внедрения рейтинговой системы, а исследователи-практики – по пути расчета «стоимости» одного балла при назначении стипендии. Основное внимание в работах этого направления уделяется вопросу применения 1С: Предприятия к решению задачи начисления стипендии [1-3] и вопросу начисления рейтинговых баллов с учетом индексирования результатов различных видов деятельности студентов [4, 5]. В работе [4], например, предлагается система, позволяющая облегчить выбор кандидатов на повышенные стипендии и распределить остатки стипендиального фонда на основе расчета индексов студента (обобщенных показателей количества и качества работы студента по различным направлениям) и распределения специально отведенной части стипендиального фонда в соответствии с полученными индексами. В работе [5] вводятся специальные коэффициенты, применяемые к учебному и внеучебному рейтингам студента при расчете интегрального рейтинга, и указывается на существование обобщенного балльного подхода к оценке достижений студентов по четырем основным видам внеучебной деятельности (научная, общественная, творческая, спортивная) с учетом обобщенных показателей деятельности (конкурсная деятельность, неконкурсная деятельность, продукты деятельности).

Очевидно, что выделение видов деятельности с разными индексацией или баллами будет способствовать увеличению уровня мотивации к тем видам деятельности, которые имеют больший коэффициент. Это явно играет положительную роль, но, как нам кажется, недостаточно для реализации компетентностного и личностно-развивающего подходов. На наш взгляд, можно в большей степени обеспечить успешность итерационного процесса профессионального самоопределения, если дать студентам возможность выбирать те виды внеучебной деятельности в образовательном пространстве ВУЗа, которые готовят их к успешному осуществлению своей будущей профессиональной деятельности. Этому может способствовать предоставление студенту возможности участвовать в разных профессионально-ориентированных видах деятельности при обучении, использование обобщенного подхода к оценке результативности движения в нем и метода расчета стипендии, не привязанного к «стоимости» одного балла. Очевидно, метод должен быть математически обоснованным и универсальным.

Предлагаемый метод расчета стипендии на уровне обобщения решает задачу традиционно:

- назначение базовой части стипендии студентам;
- учет студентов, которые должны получать стипендию вне зависимости от результатов обучения (социальная стипендия);
- назначение стимулирующей части стипендии успешно обучающимся студентам с учетом их достижений в учебной и внеучебной деятельности;
- суммирование базовой и стимулирующей части стипендии.

Особенность предлагаемого метода проявляется на уровне математического решения задачи о расчете стипендии: метод учитывает распределение студентов по диапазонам интегрального рейтинга, не привязываясь к индексам видов деятельности или баллам. Отметим, что количество диапазонов интегрального рейтинга может быть любым и метод может быть использован в любой рейтинговой системе.

В случае использования предлагаемого метода рекомендуется первоначально определить, сколько диапазонов интегрального рейтинга будут выделено для стимулирования студентов. Количество диапазонов (KD) может быть любым, главное, чтобы они не превышали максимальное значение рейтинговых баллов, характеризующих достижения в учебной и/или внеучебной деятельности студентов. На вопрос о выборе количества диапазонов можно ответить один раз в момент внедрения метода расчета стипендии и больше к нему не возвращаться.

Применение методики базируется также на определении минимально возможного интегрального рейтинга успешного студента. Определяется минимальное значение интегрального рейтинга $R_{ИИТmin}$ с учетом специфики его расчета в ВУЗе. Разные ВУЗы включают в интегральный рейтинг разные показатели. Могут отличаться и формулы для его расчета. Однако этот момент не играет роли в предлагаемой методике, так как здесь главное – определить интегральный рейтинг в том случае, когда успешным студентом получено минимально возможное его значение по критериям, разработанным в ВУЗе.

Например, в [5] это означает, что успешным студентом получены минимально возможные баллы по учебному рейтингу, а внеучебный рейтинг равен нулю. Учебный рейтинг рассчитывается как среднее значение учебных рейтингов по всем дисциплинам, а внеучебный рейтинг рассчитывается как сумма баллов, набранных студентом по разработанным в ВУЗе критериям за результаты по научной, общественной, творческой и спортивной деятельности, при этом учитывается, что их сумма не должна превышать 100 баллов. Следует отметить, что в рассматриваемом в [5] подходе у студента могут быть 100 баллов по одному актуальному виду деятельности, если он показывает по нему успешные результаты, и они будут для него внеучебными рейтинговыми баллами.

Так как интегральный рейтинг рассчитывается в [5] по формуле $R_{ИИТ} = 0,8 \cdot R_{уч} + 0,2 \cdot R_{вуч}$, где $R_{уч}$ – учебный рейтинг студента, значение которого должно быть минимальным, а $R_{вуч}$ – внеучебный рейтинг студента, значение которого принимается равным нулю, в рассматриваемом примере минимальное значение интегрального рейтинга $R_{ИИТmin} = 0,8 \cdot R_{учmin}$.

Рассчитаем минимально возможное значение учебного рейтинга $R_{учmin}$ для тех потоков студентов, которые отличаются количеством зачетных и экзаменационных дисциплин, курсовых работ, курсовых проектов, практик:

$$R_{учmin} = \frac{(N_{зачет} + N_{курс.раб.} + N_{уч.практ.}) \cdot B_{зачет} + (N_{экзамен} + N_{курс.проект} + N_{пр.практ.}) \cdot B_{экзамен}}{N_{зачет} + N_{курс.раб.} + N_{курс.проект} + N_{экзамен} + N + N_{уч.практ.} + N_{пр.практ.}},$$

где N – количество зачетов, курсовых работ, учебных практик, экзаменов, курсовых проектов и производственных практик (см. соответствующие индексы); $B_{зачет}$ и $B_{экзамен}$ – минимально возможные значения баллов соответственно для зачета и оценки «хорошо».

Минимально возможные потому, что, если хотя бы один результат обучения студента ниже их, стипендия ему не назначается. Обратим внимание, что $R_{уч\ min}$ зависит от числа зачетов и экзаменов. Число зачетов и экзаменов на разных факультетах и курсах может быть разным в одном семестре. Для того, чтобы уйти от решения задачи расчета стипендии на каждом факультете или курсе (хотя можно решить и такую задачу), определим минимально возможное значение учебного рейтинга по итогам одного семестра для ВУЗа. Для этого необходимо выбрать тот поток студентов ВУЗа, у которых учебный рейтинг имеет самое маленькое значение. Например, каждый студент одного потока в одном семестре должен в итоге получить четыре зачета и пять экзаменационных оценок. У другого курса студентов – четыре экзамена, шесть зачетов. У третьего потока студентов – четыре экзамена, пять зачетов. Для каждого из потоков необходимо определить минимальный рейтинговый балл студента по учебным достижениям (учебный рейтинг) $R_{уч\ min}$, сравнить полученные значения и выбрать наименьший из минимальных. В таблице 1 приведен пример для значений $B_{зачет} = 50$ баллов и $B_{экзамен} = 65$ баллов.

Таблица 1 – Выбор минимального значения учебного рейтинга

№ потока	Количество зачетов в семестре	Количество экзаменов в семестре	Минимальные рейтинговые баллы по факультету(там)	Выбор $R_{уч\ min}$
1	4	5	58,3(3)	56,0
2	6	4	56,0	
3	5	4	56,6(6)	

Определим теперь, используя полученное значение $R_{инт\ min}$, «ширину» диапазонов интегрального рейтинга (D) с учетом выбранного количества диапазонов KD :

$$D = \frac{100 - R_{инт\ min}}{KD},$$

где KD – количество диапазонов интегрального рейтинга студентов, получающих стипендию; 100 – максимальное значение интегрального рейтинга (если максимальный интегральный рейтинг не 100 баллов, то эту цифру в формуле необходимо заменить на максимальный рейтинговый балл).

Например, если $KD = 8$, а минимальное значение интегрального рейтинга $R_{инт\ min} = 0,8 \cdot 56 = 44,8$ баллов, то «ширина» диапазона для 8 подгрупп успешных студентов $D = 6,9$ баллов. Диапазоны значений интегрального рейтинга, соответствующие 8 подгруппам в рассматриваемом примере, представлены в таблице 2.

Общее количество студентов, которым будет назначена стимулирующая часть стипендии, необходимо распределить по выделенным подгруппам на основании их интегрального рейтинга. Пример возможного распределения студентов по выделенным подгруппам (количества студентов, интегральные рейтинги которых попали в указанные диапазоны) также приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Диапазоны значений интегрального рейтинга

№ подгруппы	Диапазон значений интегрального рейтинга	Количество студентов в подгруппе
1	До 51,7	5
2	51,8-58,6	77
3	58,7-65,5	187
4	65,6-72,4	184
5	72,5-79,3	105
6	79,4-86,2	56
7	86,3-93,1	27

8	93,2-100	1
---	----------	---

Отметим, что показателем адекватности предлагаемых методов расчета стипендии решению поставленной социальной задачи может быть результат исследования распределения студентов по подгруппам: оно должно быть близко к нормальному.

После выбора количества диапазонов интегрального рейтинга, для которых будет назначена разная стимулирующая часть стипендии, и распределения студентов по подгруппам интегрального рейтинга можно перейти к методу расчета стипендии.

Метод расчета стипендии в рейтинговой системе:

1. Формируется массив данных ФИО успешных студентов по результатам обучения студентов в одном семестре. Из него необходимо удалить студентов, получающих социальную стипендию. Обозначим общее количество оставшихся в списке студентов как N . Определим, сколько студентов из N по результатам своих интегральных рейтинговых баллов попадают в разные диапазоны KD интегрального рейтинга (см. табл. 2), обозначим их как $N_1, N_2, N_3, N_4, \dots, N_{KD}$. Очевидно, сумма последних величин должна быть равна N .

2. Определяется размер базовой части стипендиального фонда (BSF – базовый стипендиальный фонд) как результат произведения общего количества студентов N и размера базовой части стипендии одного студента:

$$BSF = N \cdot S_B,$$

где S_B – стипендия одного студента, определяемая нормативными документами как базовая.

Определяется размер той части стипендиального фонда, которая выделяется на стимулирующие части стипендии (SSF – стимулирующий стипендиальный фонд):

$$SSF = SF - BSF.$$

где SF – распределяемый стипендиальный фонд (он определяется как имеющийся у ВУЗа стипендиальный фонд за вычетом общей суммы социальных стипендий).

3. Определяется размер стимулирующей части стипендии студентов в подгруппах, который будет зависеть от размера стипендиального фонда SSF , выделенного на стимулирование, а также от количества студентов, чьи рейтинги попадут в разные диапазоны интегрального рейтинга (в разные подгруппы).

Введем коэффициент, который будет показывать, во сколько раз должна отличаться величина стимулирующей части стипендии в разных подгруппах студентов (k) и выделим некоторую «элементарную» стимулирующую стипендию (S_e), которая будет выплачена студентам первой подгруппы. На основании этого составим уравнение, в котором отражено то, что в каждой последующей подгруппе стипендия в k раз больше, чем в предыдущей:

$$SSF = N_1 \cdot S_e + N_2 \cdot k \cdot S_e + N_3 \cdot k^2 \cdot S_e + N_4 \cdot k^3 \cdot S_e + N_5 \cdot k^4 \cdot S_e + \dots + N_8 \cdot k^7 \cdot S_e,$$

где SSF – размер (величина) стимулирующего стипендиального фонда; N_1 – количество студентов с интегральным рейтингом, попавшим в диапазон №1; N_2 – количество студентов с интегральным рейтингом, попавшим в диапазон №2, и т.д.

Последнее уравнение можно переписать в виде:

$$SSF = \sum_i^{KD} (N_i \cdot k^{i-1} \cdot S_e).$$

Полученная формула позволяет вывести формулу для расчета «элементарной» стимулирующей стипендии:

$$S_e = \frac{SSF}{\sum_i^{KD} (N_i \cdot k^{i-1})}.$$

4. Рассчитывается величина стимулирующей части стипендии (S_i) для соответствующих подгрупп студентов:

$$S_i = k^{i-1} \cdot S_e.$$

Очевидно, что коэффициент k должен быть больше единицы, например, равным значению 1,2, 1,3 или 1,4. Коэффициент k здесь выбирается одинаковым для всех подгрупп, но можно решить задачу и для отличающихся в подгруппах коэффициентов.

Автоматизированный расчет стипендии на основе предлагаемого метода можно реализовать с помощью материалов таблицы 3. Если подготовить подобную таблицу в выбранном программном продукте, то для расчета стипендии в ее выделенные заливкой ячейки останется занести размер стипендиального фонда (без «социальных» стипендий), коэффициент k , размер базовой стипендии для одного студента и указать количество успешных студентов в подгруппах (по ВУЗу или факультету). Очевидно, если отразить в ячейках под заголовком «Выходные данные для назначения стипендии» и «Стипендия одного студента» представленные формулы, то после заполнения числами ячеек, выделенных заливкой, расчет стипендии произойдет автоматически. Опыт показывает, что работа с подобной таблицей и получение результатов занимает примерно 10 минут.

Таблица 3 – Автоматизация расчета стипендии студентов

Входные данные для назначения стипендии		№ подгруппы	Количество студентов в подгруппах	Стипендия одного студента, тыс. руб
Стипендиальный фонд, SF , тыс. руб.		1 подгруппа	N_1	$= S_B + S_e$
Коэффициент k		2 подгруппа	N_2	$= S_B + k \cdot S_e$
Базовая стипендия, S_B , тыс. руб.		3 подгруппа	N_3	$= S_B + k^2 \cdot S_e$
Выходные данные для назначения стипендии		4 подгруппа	N_4	$= S_B + k^3 \cdot S_e$
		5 подгруппа	N_5	$= S_B + k^4 \cdot S_e$
Базовый стипендиальный фонд, BSF , тыс. руб.	$= N \cdot S_B$	6 подгруппа	N_6	$= S_B + k^5 \cdot S_e$
Стимулирующий стипендиальный фонд, SSF , тыс. руб.	$= SF - BSF$	7 подгруппа	N_7	$= S_B + k^6 \cdot S_e$
«Элементарная» стимулирующая стипендия, S_e , тыс. руб.	$= \frac{SSF}{\sum_{i=1}^{KD} (N_i \cdot k^{i-1})}$	8 подгруппа	N_8	$= S_B + k^7 \cdot S_e$

Рейтинговые системы имеют более чувствительную шкалу оценок по сравнению с традиционной системой оценок результатов обучения. Расчет стипендии в них, как правило, опирается на расчет «стоимости» одного балла. Предлагаемый метод расчета стипендии опирается на распределение количества студентов по выбранным диапазонам рейтинговой шкалы, что позволяет уйти от расчета «стоимости» одного балла в рейтинговой системе и создать мотивацию к успешному обучению в целом и к той внеучебной деятельности, которая способствует профессиональному самоопределению студента. Метод является универсальным, так как может использовать результаты любых рейтингов студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрава А.С. Решение расчета стипендии в ВУЗе «ЧДК: Расчет стипендии» // Новые информационные технологии в образовании; сборник научных трудов. – XIV Международная научно-практическая конференция «Применение технологий «IC» для повышения эффективности деятельности организаций образования», 2014. – С. 67-70.

2. Чурбанова О.В., Коптяева Н.А. Практический опыт использования 1С: Предприятия в ВУЗе // Экономические и социальные проблемы развития Европейского Севера. – Международная научно-практическая конференция: материалы докладов. – Федеральное агентство по образованию Архангельский государственный технический университет, Институт экономики, финансов и бизнеса, 2005. – С. 226-231.
3. Котова М.П., Филиппов А.А. Автоматизация организационной деятельности университета. Расчет стипендий // Прикладные информационные системы; сборник научных трудов. – II Всероссийская НПК. – Ульяновск, 2015. – С. 238-240.
4. Рочев К.В. Моделирование процесса сбора и оценки результатов деятельности студента для построения информационной системы материального стимулирования // Научно-технический вестник Поволжья, 2013. – № 3. – С. 246-252.
5. Зудин С.Ю., Волхонов М.С., Мамаева И.А. Новые идеи МРС // Аккредитация в образовании, 2013. – № 6(66). – С. 58-59.

Мамаева Ирина Алексеевна

ФГБОУ ВПО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кострома

Доктор педагогических наук, доцент, помощник проректора по учебной работе по направлению «Инновационные технологии обучения», заведующая кафедрой физики

Тел.: 8 910 957 07 16

E-mail: Irina-Mamaeva@yandex.ru

*I.A. MAMAEVA (Doctor of Pedagogic Sciences, Associate Professor,
Assistant of Provost for Academic Affairs in the Direction of «Innovation Technologies of Education»,
Head of the Department of Physics)
Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma*

METHOD FOR SCHOLARSHIP CALCULATION IN THE RATING SYSTEM

A method for scholarship calculation in the rating system is proposed. The initial data used for calculation are: subdivision of successful students into rating groups, scholarship fund amount and coefficients determining supplemental stimulating scholarship amounts. These factors allow for automated scholarship calculation based on this method, thus permitting rapid calculation of scholarship.

Keywords: rating system; method; calculation; scholarship; automation.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Dobrova A.S. Reshenie rascheta stipendii v VUZe «ChDK: Raschet stipendii» // Novy'e informacionny'e texnologii v obrazovanii; sbornik nauchny'x trudov. – XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Primenenie texnologij «1S» dlya pov'sheniya e'ffektivnosti deyatel'nosti organizacij obrazovaniya», 2014. – S. 67-70.
2. Churbanova O.V., Koptyaeva N.A. Prakticheskij opyt ispol'zovaniya 1S: Predpriyatiya v VUZe // E'konomicheskie i social'ny'e problemy' razvitiya Evropejskogo Severa. – Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya: materialy' dokladov. – Federal'noe agentstvo po obrazovaniyu Arxangel'skij gosudarstvenny'j texnicheskij universitet, Institut e'konomiki, finansov i biznesa, 2005. – S. 226-231.
3. Kotova M.P., Filippov A.A. Avtomatizaciya organizacionnoj deyatel'nosti universiteta. Raschet stipendij // Prikladny'e informacionny'e sistemy'; sbornik nauchny'x trudov. – II Vserossijskaya NPK. – Ul'yanovsk, 2015. – S. 238-240.
4. Rochev K.V. Modelirovanie processa sbora i ocenki rezul'tatov deyatel'nosti studenta dlya postroeniya informacionnoj sistemy' material'nogo stimulirovaniya // Nauchno-texnicheskij vestnik Povolzh'ya, 2013. – № 3. – S. 246-252.
5. Zudin S.Yu., Volxonov M.S., Mamaeva I.A. Novy'e idei MRS // Akkreditaciya v obrazovanii, 2013. – № 6(66). – S. 58-59.

УДК 004

С.В. НОВИКОВ, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.С. ЧУЙКО

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ДОСТАВКИ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ

В статье рассматривается задача планирования и учета доставки почтовых отправлений. Предлагается алгоритм формирования маршрутного листа курьера. Оценивается перспективность использования систем данного класса.

Ключевые слова: планирование доставки; почтовые отправления; маршрут; путевой лист.

В настоящее время в рамках решения задач планирования и учета очень часто используются возможности информационных технологий. В решении задач планирования и учета доставки почтовых отправлений это наиболее актуально. Сотни людей, а также множество различных компаний и организаций пользуются отправкой важных документов, писем, корреспонденции, грузов в другой город или даже страну. Порой отправителю необходимо доставить его отправление быстро и в определенные сроки. Как правило, курьеры обслуживают сотни клиентов, что приводит к значительным транспортным расходам. Кроме того, планирование загрузки автомобилей и назначение им маршрута и графика доставки груза должны выполнять опытные диспетчеры, а ошибки в составлении заданий связаны с дополнительными издержками. Также современные службы доставки много времени тратят на распределение заказов между курьерами. Поэтому возрастает потребность в использовании автоматизированных информационных систем планирования и учета доставки почтовых отправлений региональных представительств.

Перечень задач, которые решаются при планировании доставки почтовых отправлений, неформально можно описать следующим образом. Имеется центральный офис, в котором есть диспетчер, выполняющий планирование и учет почтовых отправлений. Офис имеет множество клиентов, которые подают в офис заявку на отправку какого-либо груза (письма, корреспонденция, посылки, почтовой карточки, бандероли). Заявка может подаваться как по телефону, так и на сайте центрального офиса клиентом самостоятельно. Заявки на текущий день принимаются до 12:00 по местному времени, а после 12:00 – на следующие дни. Груз должен быть доставлен клиенту в определенный период времени. Он указывается при оформлении заявки. Офис имеет в распоряжении множество грузовых автомобилей различной вместимости, которые осуществляют доставку груза получателю (выполняют заявки). При этом объемы заявок меньше вместимости автомобиля, что позволяет ему за один рейс выполнить заявки нескольких клиентов. Целью планирования является определение величины загрузки автомобилей и назначение им таких маршрутов, при которых суммарные затраты на удовлетворение всех поступивших заявок будут минимальны.

Диспетчер центрального офиса занимается оформлением заявки, формированием путевого листа, а также может проконсультировать клиента (по его просьбе) по стоимости маршрута, т.е. он может рассчитать стоимость для любого маршрута.

Для оформления заявки диспетчер вводит данные об отправителе, данные о получателе, состояние доставки, данные о грузе, желаемое время и дату доставки, форму оплаты, источник оплаты. Автоматически рассчитывается стоимость груза, заявка сформирована.

Клиент также может оформить заявку самостоятельно, зайдя на сайт центрального офиса. Для этого ему нужно зарегистрироваться или ввести уже имеющийся у него логин и пароль, если он уже однажды регистрировался. Чтобы зарегистрироваться, необходимо ввести имя и адрес его электронной почты. После того как диспетчер проверит правильность заполненных клиентом данных, он делает его активным пользователем, определяет ему

пароль и отправляет на указанную клиентом электронную почту сообщение с данными для входа на сайт. После того как заявка будет сформирована и отправлена диспетчеру, диспетчер связывается с клиентом, уточняет и подтверждает заявку. Оформленная заявка добавляется в список заявок на выполнение.

Клиент, как и диспетчер, может самостоятельно рассчитать стоимость отправления. Для этого ему необходимо ввести адрес, откуда и куда отправить его отправление, указать вес груза, размер груза, количество и тип отправления. Автоматически рассчитывается стоимость отправления в соответствии с установленным тарифом на перевозку по указанным городам. Внесением, добавлением и изменением тарифов занимается диспетчер или администратор. Клиент может ознакомиться с тарифами на сайте офиса. Также клиент может отследить свою доставку путем введения на сайте номера своего заказа.

Для оформления путевого листа диспетчеру необходимо из списка имеющихся заказов выбрать заявки, которые имеют статус «Не отправлено», и выбрать необходимые. Затем диспетчер определяет ТС, его тип, закрепляет за ним свободного курьера и формирует путевой лист. Если вдруг после того как будет сформирован путевой лист и курьер отправлен в путь, появляется заказ по маршруту в тот город, в котором еще будет находиться курьер, диспетчер отправляет курьеру этот заказ, у курьера этот заказ отобразится в его приложении по выполнению заказов. Если уже есть отметка курьера о том, что заказ выполнен, то диспетчер выбирает этот заказ и другие и формирует новый путевой лист.

У курьера имеется свое приложение, в котором указаны заказы, которые ему необходимо развести по сформированному маршруту диспетчером. Курьер входит в свое приложение под своим логином и паролем, который ему выдает диспетчер после регистрации курьера в системе. Войдя под своими данными, курьер видит список заказов, которые ему необходимо доставить в офис того региона, который указан в путевом листе. Также он может просмотреть подробную информацию о заявке. Те пункты, в которых уже побывал курьер, он отмечает в своем приложении, что эти заказы выполнены (следовательно, в системе у диспетчера также отразится, что заказ выполнен).

Исходя из этого, вся работа системы выполняется по определенным алгоритмам: алгоритм формирования путевого листа, алгоритм формирования заявки, алгоритм отслеживания отправления, алгоритм расчета стоимости отправления. Наибольший интерес представляет алгоритм формирования путевого листа, представленный на рисунке 1.

Данный алгоритм заключается в следующем: выбирается тип ТС, формируется SQL-запрос на вывод свободных ТС, выводится список свободных ТС, выбирается ТС, выбирается первый заказ и добавляется в путевой лист, выбирается следующий заказ.

Если сумма массы заказов больше грузоподъемности ТС, то выводится путевой лист. Формируется SQL-запрос на вывод свободных курьеров. Выводится список свободных курьеров. Выбирается курьер и отправляется путевой лист курьеру. Если сумма массы заказов меньше грузоподъемности ТС, то добавляется заказ в путевой лист и выбирается следующий заказ до тех пор, пока сумма массы заказов не станет больше грузоподъемности ТС. После того как путевой лист будет отправлен курьеру, если необходимо сформировать еще один путевой лист, то осуществляется переход к выбору типа ТС и далее по алгоритму, иначе – выход.

Реализовав данные алгоритмы и интерфейс программы для каждого вида пользователя, была получена информационная система планирования доставки почтовых отправок региональных представительств, которая реализует следующие основные функции:

- обеспечивает разграничение прав доступа к системе. Эта функция определяет 3 возможных группы пользователей: «диспетчер», «курьер» и «клиент»;
- осуществляет формирование путевого листа;
- рассчитывает стоимость отправления;
- позволяет изменять, добавлять, удалять курьеров, заявки, ТС, тарифы на перевозку;

- осуществляет проверку заявок на регистрацию пользователей в системе и активирует пользователей, подавших заявку на авторизацию;
- осуществляет отправку заявок курьеру;
- позволяет изменять путевой лист и добавлять в него новые заявки;
- отражает изменения в путевом листе в приложении курьера.

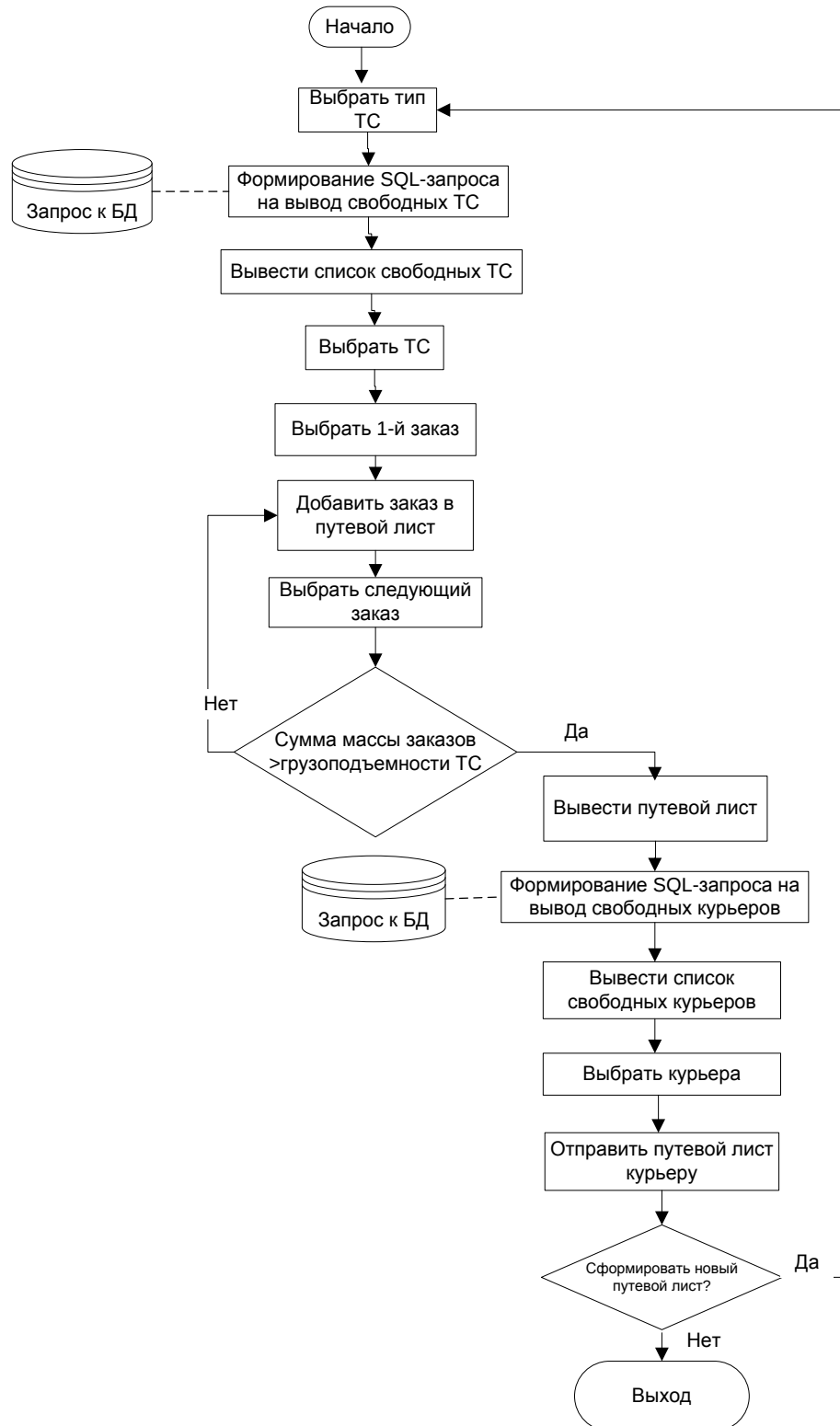


Рисунок 1 – Алгоритм формирования путевого листа

На рисунке 2 представлена экранная форма списка заявок для определенного курьера. При выполнении заявки курьер нажимает «Отметка о выполнении» и заявка меняет статус с «Не отправлено» на статус «Доставлено».

главная	тарифы	оформить заявку	отследить доставку	рассчитать стоимость	о нас		
Список заявок							
Номер путевого листа	Номер заявки	Адрес отправки	Адрес получения	Статус заявки	Государственный номер авто	Тип авто	Действия
24319	1123	Москва	Брянск	Не отправлена	a450тт57rus	Грузовой автомобиль	Подробная информация Отметка о выполнении
24320	1131	Орел	Самара	Не отправлена	a450тт57rus	Грузовой автомобиль	Подробная информация Отметка о выполнении
24321	1126	Самара	Оренбург	Не отправлена	a450тт57rus	Грузовой автомобиль	Подробная информация Отметка о выполнении
24322	1127	Орел	Тула	Не отправлена	a450тт57rus	Грузовой автомобиль	Подробная информация Отметка о выполнении

Рисунок 2 – Экранная форма «Список заявок»

Исходя из всего выше изложенного, можно сказать, что разработка таких систем действительно достаточно актуальна. Введение систем планирования почтовых отправок в эксплуатацию позволит сократить временные затраты на формирование путевого листа, сократить ошибки, совершаемые диспетчерами, в составлении путевых листов. За счет этого уменьшится время доставки заказов, а, следовательно, повысится уровень обслуживания клиентов, что приведет к увеличению клиентов, и, следовательно, к росту прибыли компании. Также стоит сказать, что данные системы будут удобны в использовании не только компаниями, но и частными лицами, позволяя им, не выходя из дома, отправлять необходимые отправления в короткие сроки, узнавать стоимость отправления и его местонахождение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебова Е. Как усовершенствовать почтовое сообщение между регионами России // Тематическое приложение газеты «Известия»: Россия – Регионы, 2013. – № 13. – С. 14-15.
2. Косяков С.В., Гадалов А.Б., Жидовинов К.А. Оптимальное планирование грузоперевозок на базе ГИС-технологий // Вестник ИГЭУ, 2010. – №4. – С. 101-105.
3. Кочетова Е. Преимущества и недостатки экспресс-доставки посылок // Тематическое приложение газеты «Известия»: транспорт и логистика, 2014. – № 14. – С. 12-13.
4. Сергеев В.И., Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Информационные системы и технологии. – Издательство «Альфа-Пресс», 2008. – 608 с.

Новиков Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 906 569 20 20
Email: serg111@list.ru

Рыженков Денис Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: denRVictor@yandex.ru

Чуйко Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Магистрант

Email: tchujko.nastia@yandex.ru

*S.V. NOVIKOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department «Information Systems»)*

*D.V. RY'ZhENKOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department «Information Systems»)*

*A.S. ChUJKO (Master student)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel*

DEVELOPMENT PLANNING SUB-DELIVERY OF POSTAL ITEMS

The article deals with the planning and calculation of delivery of postal items. An algorithm for the formation of a sheet carrier route. Assess the prospects of the use of systems of this class.

Keywords: *planning delivery; mail; route; track list.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Glebova E. Kak usovershenstvovat' pochtovoe soobshhenie mezhdru regionami Rossii // Tematicheskoe prilozhenie gazety' «Izvestiya»: Rossiya – Regiony', 2013. – № 13. – S. 14-15.
2. Kosyakov S.V., Gadalov A.B., Zhidovinov K.A. Optimal'noe planirovanie gruzoperevozok na baze GIS-texnologij // Vestnik IGE'U, 2010. – №4. – S. 101-105.
3. Kochetova E. Preimushhestva i nedostatki e'kspress-dostavki posy'lok // Tematicheskoe prilozhenie gazety' «Izvestiya»: transport i logistika, 2014. – № 14. – S. 12-13.
4. Sergeev V.I., Grigor'ev M.N., Uvarov S.A. Logistika. Informacionny'e sistemy' i texnologii. – Izdatel'stvo «Al'fa-Press», 2008. – 608 s.

УДК 681.514

А.М. СОЛОВЬЕВ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АСУ ТП

Выделены особенности распределенных АСУТП на основе анализа характеристик каналов связи, предназначенных для организации взаимодействия между ее компонентами. Обоснована необходимость применения мониторинга радиоэлектронной обстановки для повышения эффективности функционирования АСУТП в условиях внешних помех.

Ключевые слова: *распределенные системы управления; каналы связи; помехи; помехоустойчивость; радиомониторинг.*

Эффективное функционирование распределенных АСУТП невозможно без организации посредством каналов связи взаимодействия между ее компонентами, территориально (географически) разнесенными на десятки и сотни километров [1-3].

Физические среды, лежащие в основе построения каналов связи, различаются областью применения, пропускной способностью, помехоустойчивостью [4], что, безусловно, требует учета при построении на их основе распределенных АСУТП.

Распределенные структуры АСУТП, использующие кабельные каналы связи, применимы, как правило, в масштабах предприятия. При этом относительно небольшая длина кабельных каналов связи, ограниченная десятками километров с пропускной способностью до 50 кбит/с [5] для передачи технологической информации, остается вполне приемлемой для успешной организации взаимодействия между распределенными компонентами АСУТП.

Характерные кабельным структурам АСУТП недостатки, обусловленные большими потерями в линии и взаимными влияниями через электрические и магнитные поля, устраняются использованием специальных экранированных кабелей (или их эквивалентов) и раздельным размещением коммуникационных кабелей от силовых [6].

Отечественные системы СПРУТ АООТ «Отделение разработки систем» (Россия) и АСТМУ НИИЭФА им. Д.В. Ефремова (Россия), а также зарубежные Exelkomtech s.a (Польша) и DATAGYRR Landis&Gyt (Швейцария) являются примерами АСУТП с разветвленной сетью кабельных каналов связи, позволяющих организовать взаимодействие модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с контроллерами системы.

Структуры АСУТП, использующие оптоволоконные каналы связи, применяются также в масштабе предприятия. Они дороже кабельных, но малое затухание сигнала (0,15 дБ/км) и высокая пропускная способность оптического волокна (до 10 Гбит/с), недостижимая для других каналов связи, гарантирует более высокую скорость передачи информации на значительно большее расстояние (до 100 км) по сравнению с кабельными структурами распределенных АСУТП [7].

Кроме того, высокая надежность оптической среды, отсутствие электромагнитных воздействий, высокая защищенность от межволоконных влияний, пожаро- и взрывобезопасность, а также малые габариты и масса выгодно отличают такие структуры АСУТП от структур с другими каналами связи.

К недостаткам распределенных АСУТП с использованием оптоволоконных каналов связи относится более высокая стоимость по сравнению с кабельными, поэтому такие системы оказываются нерентабельными в случае разнесения компонент распределенных АСУТП на значительные расстояния.

Примерами распределенных структур АСУТП, использующих оптоволоконные каналы связи, являются система SCADA TRACE MODE 6 с контроллерами Mitsubishi Electric с более чем 45 000 инсталляциями в 40 отраслях промышленности, АСУТП электроснабжения крупнейшей золотодобывающей компании России ЗАО «Полюс» и система видеонаблюдения на базе многофункционального мультиплексора ENE-04 и др.

Достоинством представленных решений является высокая надежность, объясняемая соединением исполнительных устройств к щиту управления оптоволоконными каналами передачи вместо медных кабелей.

Структуры АСУТП, использующие радиоканал, применимы для организации взаимодействия между удаленными компонентами на расстояние прямой видимости. Работают такие системы, как правило, в полудуплексном режиме с ограниченной пропускной способностью [1].

К достоинствам беспроводных структур АСУТП по сравнению с проводными относятся оперативность доступа к технологическим данным системы, а также возможность отслеживания местоположения датчиков. Дополнительно, если используется готовая инфраструктура оператора сотовой связи, существует возможность в беспроводных АСУТП оперативного наращивания структуры в случае удаленного доступа к новым территориально разнесенным объектам управления.

Основными недостатками беспроводных структур АСУТП является действие электромагнитных помех и замираний в каналах связи до 6 дБ, обусловленные всевозможными препятствиями на пути распространения сигналов в виде растительности, деревьев и т.д., а также влияниями факторов окружающей среды (дождь, туман, высокие или низкие температуры) [5, 8].

Кроме того, для беспроводных систем характерно взаимное перекрытие зон радиовидимости сигналами от различных групп датчиков с возможностью несанкционированного доступа в тракты приема и передачи массивов данных по радиоканалам дистанционного управления, что требует постоянного отслеживания местоположения и идентификации источников радиоизлучений, а, значит, распознавания потока данных «свой-чужой».

Примером распределенных структур АСУТП, использующих беспроводную связь, являются S.P.I.D.E.R DMS ABB (США-Швеция), Micro PC Octagon Systems (США), MegaDataR Schlum-Berger Electricity (Франция), SMART-КП RTSoft (RealTime Software&Hardware House) (Россия) и др.

Важной практикой применения беспроводных распределенных АСУТП является контроль рабочих параметров расхода воды, изменения давления и уровня воды в резервуарах территориально-разнесенных водопроводных станций г. Костромы (МУП «Костромагорводоканал», <http://www.krug-2000.ru/publications/-512/1030.html>), в системе которой использованы радиомодемы НЕВОД-5 как программно-управляемые приемно-передающие устройства, обеспечивающие высокую надежность в составе распределенных сетей телеметрии, управления и автоматизации технологических процессов.

Структуры АСУТП, использующие спутниковые каналы связи, как правило, применяются в качестве магистральных каналов передачи данных для связи с удаленными или труднодоступными компонентами систем управления в условиях слаборазвитой наземной телекоммуникационной инфраструктуры [9].

Примерами распределенных структур по спутниковому каналу являются АСУТП «Пуск», «Томусинский», «Кварцит» и «Гранит», «Карат» (ЦНИИКА, <http://library.stroit.ru/articles/disgtk/-index.html>), RAN («Pincot, Allen and Holt Inc.») и системы Dispatch («Modular Mining Systems»). Представленные системы ориентированы на управление буровыми агрегатами, автосамосвалами, экскаваторами, локомотивами на предприятиях горно-транспортного комплекса.

Также выделяются АСУТП «Ильма МК», ПО «Укрспецкомплект» (http://ukrsk.com.ua/sistema_Ilma_MK.html; <http://ilma-mk.ru>) для механизированного комплекса очистного комбайна, контроля и сбора данных о концентрации газа, давления и расхода на участке водоотлива, контроля параметров насосных и фильтровальных станций, конвейерного транспорта (<http://library.stroit.ru/articles/disgtk/index.html?print=1>), которые позволяют существенно увеличить эффективность работы горнодобывающих предприятий, повысить безопасность труда, а также способствовать более эффективному отслеживанию и визуализации производственных процессов.

В системе оперативного контроля состояния удаленных промышленных объектов TESS Scada микроконтроллеры осуществляют опрос подсоединенных к ним датчиков с периодичностью от 1 в минуту до 1 в сутки с использованием оборудования спутниковой связи системы ГлобалСтар и оборудования спутниковой связи системы Инмарсат.

К недостаткам АСУТП с использованием спутниковых каналов связи относятся задержки сигналов при передаче, а также высокая стоимость полосы пропускания.

Для расширения функциональных возможностей распределенных АСУТП, повышения их надежности практикуется совместное использование проводных и беспроводных каналов связи на различных участках передачи сигналов, а также их резервирование. Подтверждением этому являются отечественные ПТК «КРУГ-2000», КОМПАС-ТМ 2.0 ОАО «ЮГ-система», ТЕЛУР ЗАО НПП «Радиотелеком», Гранит-Р НТЦ «РИССА», МТК-20 ЗАО «Системы телемеханики связи» – СИСТЕЛ-А, составляющих основу построения распределенных АСУТП.

Так, в ПТК «КРУГ-2000» (<http://www.krug2000.ru/products/ptk/krug-2000.html>), представляющего собой многоуровневую иерархическую систему распределенного типа, компоненты могут связываться между собой посредством кабельных (проводных) цифровых линий связи на основе стандартных интерфейсов RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet, беспроводных цифровых каналов связи на базе интерфейсов радиомодемных соединений или интерфейсов сотовых каналов связи (GSM/GPRS).

В целом можно констатировать, что каналы связи как материализованная основа среды передачи, связывая компоненты в структуру распределенной АСУТП, являются необходимым «звеном» качественного функционирования автоматизированной системы управления, поскольку передаваемые по ним данные о состоянии удаленных технологических объектов являются исходным материалом для формирования эффективных управляющих решений и управленческих воздействий [10, 11].

В то же время каналы связи, подвергаясь постоянному воздействию внешних помех от различных источников радиоизлучений, могут в некоторых случаях стать источником проникновения в систему управления деструктивных воздействий, способных разрушить ее структуру. Причем характер помех необязательно может носить преднамеренный характер. Снижению качества принимаемых сигналов может способствовать перекрытие занимаемого распределенной системой управления радиочастотного спектра сигналами от посторонних источников излучений, взаимные помехи, обусловленные нарушениями разрешенных режимов работы и/или правил эксплуатации радиоэлектронных средств [12].

В зависимости от способности уменьшать уровень помех, действующих во внешней среде, структуры АСУТП можно делить по степени помехоустойчивости (табл. 1) [13-15].

Таблица 1 – Основные характеристики различных структур АСУТП

Характеристики Структуры АСУТП	Помехоустойчивость	Расстояние	Пропускная способность	Область применения	Недостатки
Кабельные	Средняя	до 10 км	до 50 Мбит/с	Предприятие	Экономичность определяется

					расстояниями
Оптоволоконные	Высокая	десятки км	до 10 Гбит/с	Предприятие	Экономичность определяется расстояниями
С использованием радиоканала	Низкая	десятки км	до 400 кбит/с	Удаленные объекты	Расстояние определяется радиовидимостью
Спутниковые	Сложный характер зависимости	10-12 тыс. км	до 45 Мбит/с	Удаленное оборудование	Задержки в передаче сигналов

Анализ представленных в таблице 1 данных свидетельствует о том, что помехоустойчивость различных структур АСУТП зависит от характеристик используемой физической среды в каналах связи. Наименьшей помехоустойчивостью обладают структуры АСУТП с использованием радиоканалов, гораздо большей устойчивостью обладают кабельные структуры, наилучшей – оптоволоконные, малочувствительные ко внешнему электромагнитному излучению.

Следует также отметить зависимость степени помехоустойчивости структур АСУТП на характеристики каналов связи. Так, например, высокая степень помехоустойчивости каналов связи, обусловленная применением помехоустойчивого кодирования, приводит к снижению пропускной способности АСУТП. Увеличение «мощности» помехозащитных кодов и введение заградительных фильтров могут увеличить задержку между моментами изменения состояния объектом контроля и приема данных приемником до величины, превышающей установленный порог, т.е. переводят принятые данные в разряд недостоверных [14]. Такая задержка искажает реальное протекание переходного процесса (особенно аварийного) на контролируемом объекте, поэтому может снизить реальную достоверность.

Приведенные примеры показывают, что решение задачи повышения помехоустойчивости структур АСУТП на нижнем уровне датчиков и исполнительных механизмов пятиуровневой структуры систем автоматизации промышленных предприятий носит сложный характер и связано нередко со снижением функциональных возможностей АСУТП. Наблюдаемая тенденция роста количества радиосредств, естественных и промышленных помех от различных источников излучений, а также работа средств связи с широкополосными сигналами приводит к перекрытию частотного диапазона работы компонентов АСУТП, что связано с нарушениями электромагнитной совместимости [16].

Последствиями отсутствия в настоящее время эффективных способов решения проблемы электромагнитной совместимости в АСУТП являются ложные срабатывания систем защиты, ошибки в определении координат мобильных объектов управления, нарушения в передаче команд телеуправления и др. Это приводит к сбоям и авариям в работе систем управления, а, значит, к непредсказуемым последствиям в технологических процессах [17-19].

В сложившейся ситуации эффективным методом защиты АСУТП от внешних воздействий является разработка и внедрение в практику функционирования распределенной АСУТП мероприятий, носящих превентивный характер в отношении сбоев в работе систем управления за счет своевременного обнаружения помех от источников радиоизлучений [20].

Таким мероприятием является мониторинг радиоэлектронной обстановки, под которым в АСУТП будем понимать сбор, обработку, анализ и хранение данных о параметрах и характеристиках сигналов излучений радиоэлектронных средств, излучающих устройств и других источников радиоизлучений с целью получения необходимой информации для принятия управленческих решений по обеспечению электромагнитной совместимости и беспомеховой работы радиоэлектронных средств [21-22].

Использование в арсенале радиомониторинга широкого спектра методов по поиску, обнаружению, наблюдению, селекции излучений, а также методов радиопеленгования, идентификации, определения местонахождения источников радиоизлучений [23] позволяет своевременно установить объекты, оказывающие негативное влияние на технологическое оборудование и автоматику АСУТП, а, значит, управляющими воздействия оперативно предотвратить сбои и снизить последствий аварий [24].

Таким образом, внедрение в практику функционирования распределенных АСУТП мониторинга радиоэлектронной обстановки с задачей установления на начальной стадии появления источников электромагнитных излучений, оказывающих негативное влияние на технологическое оборудование и автоматику АСУТП, является актуальной научно-исследовательской задачей, решение которой позволит повысить эффективность функционирования АСУТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Втюрин В.А. Основы АСУТП: учебное пособие для студентов специальности 220301. – СПб.: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова, 2006. – 152 с.
2. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. – 576 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/13543>.
3. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка: учебно-практическое пособие. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 928 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbook-shop.ru/5060>.
4. Андреев В.А. Бурдин А.В., Кочановский Л.Н. Направляющие системы электросвязи. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация: учебник. – Том 2. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 424 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12004>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы. – М.: ДМК-Пресс, 2014. – 640 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/6921>.
6. Пуговкин А.В. Телекоммуникационные системы: учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 202 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbook-shop.ru/13983>.
7. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи: учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 149 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/14032>.
8. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12064>.
9. Сомов А.М., Корнев С.Ф. Спутниковые системы связи: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 244 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12045>.
10. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Часть 1. Методология, методы, модели. – С Пб.: МО СССР, 1989. – 660с.
11. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: учебное пособие / под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.: ил.
12. Яковлев В.Н., Пантелеев В.И., Суров В.П. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта: учебное пособие. – М.: Издательский дом «МЭИ», 2010. – 588 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/33138>.
13. Ефанов В.И., Тихомиров А.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 228 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/14033>.

14. Носов В.И. Методы повышения помехоустойчивости систем радиосвязи с использованием технологии ММО и пространственно-временной обработки сигнала: монография. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. – 316 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/40536>.
15. Шаталов А.Ф. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. – 64 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/47397>.
16. Малков Н.А., Пудовкин А.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учебное пособие. – Тамбов: Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2007. – 88 с.
17. Пудовкин А.П., Панасюк Ю.Н., Чернышова Т.И. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС: учебное пособие. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с.
18. Задоя Н.И. Электромагнитная безопасность: учебное пособие для бакалавров направления «Электроэнергетика и электроника» // Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 108 с.
19. Халилов Ф.Х. Электромагнитная совместимость электроэнергетики, техносферы и биосферы: учебное пособие. – СПб.: Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2014. – 190 с.
20. Дятлов А.П., Дятлов П.А., Кульбикаян Б.Х. Радиоэлектронная борьба. – М.: Радио и связь, 2004. – 226 с.
21. Слободянюк П.В., Благодарный В.Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / под общ. ред. П.В. Слободянюка. – Прилуки: ООО «Издательство «Аір-Поліграф», 2010. – 296 с.: ил.
22. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг – задачи, методы, средства / под ред. А.М. Рембовского. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 624 с.: ил.
23. Кирсанов Э.А., Сирота А.А. Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы. – М.: Физматлит, 2012. – 344 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/24416>.
24. Нарытник Т.Н. Основы управления использованием радиочастотного ресурса: учебное пособие. – К.: Основа, 2008. – 145 с.

Соловьев Александр Михайлович

ФГКВООУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел

Кандидат технических наук, научный сотрудник

Тел.: 8 919 209 02 63

E-mail: solowjevam@mail.ru

*A.M. SOLOV'YOV (Candidate of Engineering Sciences, Research Associate)
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel*

FEATURES DISTRIBUTED APCS

The features of the distributed process control system based on analysis of the characteristics of the communication channels, designed for interaction between its components. The necessity of the application of monitoring of the situation to increase the effectiveness of the control system functioning under conditions of external interference.

Keywords: *distributed control systems; channels of connection; interference; noise immunity; radiomonitoring.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vtyurin V.A. Osnovy' ASUTP: uchebnoe posobie dlya studentov special'nosti 220301. – SPb.: Sankt-Peterburgskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya imeni S.M. Kirova, 2006. – 152 s.

2. Fedorov Yu.N. Poryadok sozdaniya, modernizacii i soprovozhdeniya ASUTP. – M.: Infra-Inzheneriya, 2013. – 576 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/13543>.
3. Fedorov Yu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP. Proektirovanie i razrabotka: uchebno-prakticheskoe posobie. – Vologda: Infra-Inzheneriya, 2016. – 928 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/5060>.
4. Andreev V.A., Burdin A.V., Kochanovskij L.N. Napravlyayushhie sistemy' e'lektrosvyazi. Proektirovanie, stroitel'stvo i texnicheskaya e'kspluatatsiya: uchebnik. – Tom 2. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2010. – 424 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12004>. – E'BS «IPRbooks», po parolyu.
5. Semenov A.B., Strizhakov S.K., Sunchelej I.R. Strukturirovanny'e kabel'ny'e sistemy'. – M.: DMK-Press, 2014. – 640 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/6921>.
6. Pugovkin A.V. Telekommunikacionny'e sistemy': uchebnoe posobie. – Tomsk: Tomskij gosudarstvenny'j universitet sistem upravleniya i radioe'lektroniki, 2007. – 202 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbook-shop.ru/13983>.
7. Efanov V.I. E'lektricheskie i volokonno-opticheskie linii svyazi: uchebnoe posobie. – Tomsk: Tomskij gosudarstvenny'j universitet sistem upravleniya i radioe'lektroniki, 2012. – 149 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/14032>.
8. Galkin V.A. Cifrovaya mobil'naya radiosvyaz': uchebnoe posobie. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2012. – 592 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12064>.
9. Somov A.M., Kornev S.F. Sputnikovy'e sistemy' svyazi: uchebnoe posobie. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2012. – 244 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/12045>.
10. Petuxov G.B. Osnovy' teorii e'ffektivnosti celenapravlenny'x processov. Chast' 1. Metodologiya, metody', modeli. – S Pb.: MO SSSR, 1989. – 660s.
11. Anfilatov B.C., Emel'yanov A.A., Kukushkin A.A. Sistemny'j analiz v upravlenii: uchebnoe posobie / pod red. A.A. Emel'yanova. – M.: Finansy' i statistika, 2002. – 368 s.: il.
12. Yakovlev V.N., Panteleev V.I., Surov V.P. E'lektromagnitnaya sovmestimost' e'lektrooborudovaniya e'lektroe'nergetiki i transporta: uchebnoe posobie. – M.: Izdatel'skij dom «ME'I», 2010. – 588 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/33138>.
13. Efanov V.I., Tixomirov A.A. E'lektromagnitnaya sovmestimost' radioe'lektronny'x sredstv i sistem: uchebnoe posobie. – Tomsk: Tomskij gosudarstvenny'j universitet sistem upravleniya i radioe'lektroniki, 2012. – 228 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/14033>.
14. Nosov V.I. Metody' povysheniya pomexoustojchivosti sistem radiosvyazi s ispol'zovaniem texnologii MIMO i prostranstvenno-vremennoj obrabotki signala: monografiya. – Novosibirsk: Sibirskij gosudarstvenny'j universitet telekommunikacij i informatiki, 2014. – 316 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/40536>.
15. Shatalov A.F. E'lektromagnitnaya sovmestimost' v e'lektroe'nergetike: uchebnoe posobie. – Stavropol': Stavropol'skij gosudarstvenny'j agrarny'j universitet, 2014. – 64 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/47397>.
16. Malkov N.A., Pudovkin A.P. E'lektromagnitnaya sovmestimost' radioe'lektronny'x sredstv: uchebnoe posobie. – Tambov: Izdatel'stvo Tambovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2007. – 88 s.
17. Pudovkin A.P., Panasyuk Yu.N., Cherny'shova T.I. E'lektromagnitnaya sovmestimost' i pomexozashhishhennost' RE'S: uchebnoe posobie. – Tambov: Izdatel'stvo FGBOU VPO «TGTU», 2013. – 92 s.
18. Zadaya N.I. E'lektromagnitnaya bezopasnost': uchebnoe posobie dlya bakalavrov napravleniya «E'lektroe'nergetika i e'lektronika» // Rubcovskij industrial'ny'j institut. – Rubcovsk, 2014. – 108 c.
19. Khalilov F.X. E'lektromagnitnaya sovmestimost' e'lektroe'nergetiki, texnosfery' i biosfery': uchebnoe posobie. – SPb.: Izdanie NOU «Centr podgotovki kadrov e'nergetiki», 2014. – 190 c.
20. Dyatlov A.P., Dyatlov P.A., Kul'bikayan B.X. Radioe'lektronnaya bor'ba. – M.: Radio i svyaz', 2004. – 226 s.
21. Slobodyanyuk P.V., Blagodarny'j V.G. Radiomonitoring: vchera, segodnya, zavtra (Teoriya i praktika postroeniya sistemy' radiomonitoringa) / pod obshh. red. P.V. Slobodyanyuka. – Priluki: OOO «Izdatel'stvo «Air-Poligraf», 2010. – 296 s.: il.
22. Rembovskij A.M., Ashixmin A.V., Koz'min V.A. Radiomonitoring – zadachi, metody', sredstva / pod red. A.M. Rembovskogo. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2010. – 624 s.: il.
23. Kirsanov E'.A., Sirota A.A. Obrabotka informacii v prostranstvenno-raspredeleenny'x sistemax radiomonitoringa: statisticheskij i nejrosetevoj podxody'. – M.: Fizmatlit, 2012. – 344 c. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/24416>.
24. Narytnik T.N. Osnovy' upravleniya ispol'zovaniem radiochastotnogo resursa: uchebnoe posobie. – K.: Osnova, 2008. – 145 c.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 621.391.31

А.О. КУЗЬМЕНКО, Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН,
В.С. ШУМИЛИН, А.А. ЮСУПОВПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА
ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СВЯЗЬЮ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ

В статье предложен подход к исследованию потоковых характеристик первичной сети связи, позволяющий находить оптимальные решения экстремальных задач маршрутизации на основе линейного и целочисленного линейного программирования за приемлемое время. Разработанные алгоритмы позволяют существенно повысить унификацию средств программно-алгоритмического обеспечения автоматизированных систем управления связью.

Ключевые слова: *первичная сеть связи; маршрутизация каналов; линейное программирование.*

Задача маршрутизации (задача определения оптимальных путей) является одной из важнейших при формировании плана распределения каналов и трактов, а также при построении структур первичной сети связи [1]. В общем случае эта задача заключается в упорядочении путей между заданными парами вершин в соответствии с некоторым критерием оптимальности.

В зависимости от мощности множества пар вершин различают алгоритмы, позволяющие производить упорядочение путей между заданной парой вершин, между выделенной вершиной и всеми остальными вершинами, между всеми парами вершин.

Для решения этих задач в настоящее время известно достаточно большое число различных алгоритмов, многие из которых применяются в реально существующих системах [2]. Конкретное содержание алгоритмов определяется в каждом конкретном случае и зависит от используемого критерия оптимальности. В практических приложениях наиболее часто встречаются следующие задачи [3, 4]:

- поиск кратчайшего пути в графе с ребрами единичной длины;
- нахождение кратчайшего пути в графе с ребрами произвольной длины;
- поиск наиболее протяженного пути в графе с ребрами единичной длины, а также с ребрами произвольной длины;
- определение независимых путей минимальной длины в графе;
- выделение независимых путей минимальной длины, обладающих определенным рангом;
- нахождение в графе гамильтонова пути минимальной длины;
- нахождение кратчайшего гамильтонова контура;
- поиск пути с наибольшей пропускной способностью.

Несмотря на имеющиеся отличия и внешнюю непохожесть, описанные задачи маршрутизации имеют много общего, что наводит на мысль о целесообразности использования для их решения единого метода. Поэтому с целью унификации алгоритмов решения указанных и других разновидностей задач маршрутизации, а также получения оптимального, а не квазиоптимального решения в работе предлагается подход к решению перечисленных задач, основанный на методе линейного (ЛП) и целочисленного линейного программирования (ЦЛП).

Среди задач ЦПП задачи маршрутизации выделяются своей наглядностью и возможностью эту наглядность формализовать. В то время как классические алгоритмы ЦПП обычно довольно громоздки, конкретизация их для задач маршрутизации позволяет решать задачи большей размерности, чем задачи ЦПП общего вида.

В практических приложениях нашла широкое применение задача о нахождении кратчайшего (или наиболее протяженного) пути или групп путей между двумя вершинами связного неориентированного графа. Задача о поиске кратчайшего пути в графе в общем виде может быть сформулирована следующим образом [5].

Задан неориентированный граф

$$G = (A, B, s, t),$$

где s – исток графа; t – сток графа; $A = \{a_n / n = \overline{1, N}\}$ – узловая основа;

$B = \{b_m^{i,j} / i, j = \overline{1, N}\}$ – сетка линий.

Каждому ребру $b_m^{i,j}$ этого графа приписано некоторое число $l_m^{i,j} \geq 0$, называемое длиной ребра. В частных случаях величина $l_m^{i,j}$ может быть расстоянием между вершинами, соединяемыми ребром $b_m^{i,j}$, уровнем шума в канале, стоимостной характеристикой ребра и т.п.

Требуется для произвольной пары вершин s и t графа $G = (A, B, s, t)$ найти путь $\pi^{s,t}$, такой, чтобы его полная длина была наименьшей (наибольшей), то есть:

$$l^{\pi^{s,t}} = \sum_{b_{ij} \in \pi^{s,t}} l_m^{i,j} = \min(\max). \quad (1)$$

Алгоритм решения задачи состоит из последовательного выполнения следующих шагов.

Шаг 1. По заданной структуре графа $G = (A, B)$ составляем систему уравнений вида:

$$\begin{cases} +c_{1,2} + c_{1,3} + c_{1,4} + \dots + c_{1,N} = f \\ +c_{1,2} + c_{2,3}^1 - c_{2,3}^2 + c_{2,4}^1 - c_{2,4}^2 + \dots - c_{2,N}^2 = 0 \\ +c_{1,3} + c_{2,3}^1 - c_{2,3}^2 + c_{3,4}^1 - c_{3,4}^2 + \dots - c_{3,N}^2 = 0 \\ \dots\dots\dots \\ +c_{1,N-1} + c_{2,N-1}^1 - c_{2,N-1}^2 + c_{3,N-1}^1 - c_{3,N-1}^2 + \dots - c_{N-1,N}^2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

В качестве неизвестных $c_{i,j}^k$, взятых со знаком "+", принимается число каналов, задействуемая для передачи потока от вершины s к вершине t по ветви $b_m^{i,j}$ в направлении от узла a_i к узлу a_j при $k=1$ и в обратном направлении – при $k=2$.

Знак "-" в системе уравнений (2) учитывает изменение направления протекания потоков в ребрах графа на противоположное.

При составлении системы уравнений (2) узлу s соответствует узел с индексом 1, а узлу t соответствует узел с индексом N .

В качестве ограничений используются следующие выражения:

$$f = 1; \quad (3)$$

$$c_{i,j}^k \geq 0; \quad (4)$$

$$c_{i,j}^k \leq 1; \quad (5)$$

$$c_{i,j}^1 + c_{i,j}^2 \leq 1. \quad (6)$$

Равенство (3) отражает то, что в графе находится только один путь. Неравенства (4) и (5) определяют соответственно нижнюю и верхнюю границы переменной. Выражение (6) учитывает, что поток по ребру $b_m^{i,j}$ проходит только в одном направлении.

В качестве критерия оптимальности используется выражение:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} l_m^{i,j} \cdot c_m^{i,j} = \min(\max). \quad (7)$$

Шаг 2. Решаем сформулированную оптимизационную задачу методом ЦЛП.

Замечания:

1. Если по условию задачи требуется определить путь наибольшего (наименьшего) веса в пределах заданного ранга, то добавляется пятое ограничение вида:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} c_m^{i,j} = R. \quad (8)$$

2. Если требуется определить наикратчайший путь среди путей вплоть до r ранга, то в качестве пятого ограничения выбирается выражение:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} c_m^{i,j} \leq R. \quad (9)$$

3. При использовании метода линейного (но не целочисленного) программирования возможна ситуация, когда поток от истока разделяется на два потока мощностью равной по 0,5 единицы. Для устранения этой ситуации в систему ограничений добавляются выражения вида:

$$c_{i,j}^k \neq 0.5, \quad \forall k = \overline{1,2}. \quad (10)$$

При использовании метода смешанного целочисленного линейного программирования Ланд и Дойг или метода Гомори с отсечениями Вильсона эта добавка нежелательна.

4. При решении данного класса задач на неполносвязном графе переменные $c_{i,j}^k$, а также веса $l_m^{i,j}$ приравниваются к нулю для всех отсутствующих ребер $b_m^{i,j}$. Обнуление этих величин осуществляется либо на этапе составления системы ограничений (2), либо путем внесения дополнительных ограничений вида $c_{i,j}^k = 0$ при значениях $l_m^{i,j} = 0$.

5. Если в графе все ребра равны, то всем весам ребер $b_m^{i,j}$ присваивается единичное значение. Критерий оптимальности при этом будет иметь вид:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} c_m^{i,j} = \min(\max). \quad (11)$$

Большое практическое значение при планировании первичной сети связи имеет задача по определению связности сети.

Напомним, что граф $G = (A, B)$ принято называть связным, если любая пара его вершин соединена простой цепью [5, 6].

Сама по себе связность в этом определении мало что говорит о структуре графа. Поэтому гораздо важнее знать, как хорошо связана сеть, то есть необходимо иметь некоторые количественные оценки связности структуры сети. В качестве таких оценок в литературе используют две характеристики, называемые реберной и вершинной связностью [6].

Вершинная связность графа определяется наименьшим числом $n_{\min}$ вершин $a_n \in A$, которые нужно удалить из графа $G = (A, B)$, чтобы оставшийся подграф был несвязным.

Реберная связность графа определяется наименьшим количеством $m_{\min}$ ребер $b_m^{i,j} \in B$, удаление которых приводит к несвязному графу.

Ограниченные возможности известных методов определения связности сети вынуждают исследователей искать новые подходы [7].

Предлагаемый нами алгоритм является одной из таких попыток. Он, также как и остальные предлагаемые алгоритмы, основывается на методе линейного программирования с учетом специфических особенностей первичных сетей связи.

По заданной структуре первичной сети $G = (A, B, s, t)$ требуется определить реберную и вершинную связность, то есть определить величины $n_{\min}$ и $m_{\min}$.

Алгоритм определения реберной связности включает следующие шаги.

Шаг 1. По заданному графу составляем систему линейных уравнений (2), где величина f принимается в качестве неизвестной.

Шаг 2. Решаем систему уравнений при ограничениях:

$$c_{i,j}^k \geq 0; \quad (12)$$

$$c_{i,j}^k \leq 1; \quad (13)$$

$$c_{i,j}^1 + c_{i,j}^2 \leq 1, \quad (14)$$

по критерию

$$f = \max. \quad (15)$$

В результате решения задачи находится максимальный поток $f = F_{\max}^{s,t}$, протекающий от узла s к узлу t .

Учитывая, что этот поток распространяется по независимым путям и в каждом пути его мощность равна единице (согласно введенным ограничениям), то в этом случае реберная связность $m_{\min} = f$.

Алгоритм определения вершинной связности отличается от последнего добавлением нового ограничения вида:

$$\sum_{a_i \in A'} c_{i,j} - \sum_{a_k \in A''} c_{k,u} \leq 2, \quad \text{для всех } a_i \in A; \quad a_i \neq s; \quad a_i \neq t, \quad (16)$$

где $a_j \in A' = \{a_j / j = \overline{1, J}\}$ – множество узлов, связанных с вершиной a_i направленными от нее дугами; $a_k \in A'' = \{a_k / k = \overline{1, K}\}$ – множество узлов, связанных с вершиной a_k направленными к ней дугами $A', A'' \in A$.

Выражение (7) учитывает прохождение потоком каждой вершины только один раз. В результате решения задачи определяется поток, который распространяется от истока к стоку по путям, не имеющим общих вершин. Так как все потоки единичные, то $n_{\min} = f$.

Алгоритм выбора независимых путей минимального веса включает следующие шаги.

Шаг 1. По заданной структуре сети $G = (A, B)$ составляем систему уравнений (2).

Шаг 2. Решаем систему уравнений при $f = 1$ и ограничениях:

$$c_{i,j}^k \geq 0, \quad \forall k = \overline{1, 2}; \quad b_m^{i,j} \in B; \quad (17)$$

$$c_{i,j}^k \leq 1, \quad \forall k = \overline{1, 2}; \quad b_m^{i,j} \in B; \quad (18)$$

$$c_{i,j}^1 + c_{i,j}^2 \leq 1, \quad \forall b_m^{i,j} \in B, \quad (19)$$

по критерию

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} c_m^{i,j} \cdot l_m^{i,j} = \min. \quad (20)$$

Шаг 3. Все ребра, вошедшие в выбранный путь, обнуляются, то есть в систему уравнений (2) дополнительно вносятся ограничения

$$c_{i,j}^k = 0, \quad k = \overline{1, 2} \quad (21)$$

для тех $b_m^{i,j}$, которые уже задействованы при определении предыдущего пути.

Шаг 4. Решаем систему уравнений при новых ограничениях. Цикл, состоящий из шагов 3 и 4, продолжается до тех пор, пока система уравнений будет несовместна.

В результате решения задачи на каждой итерации выделяются пути наименьшего веса, независимые относительно ранее найденных путей.

Замечания:

В практической деятельности часто приходится решать задачи по выбору независимых путей минимальной длины определенного ранга. В этом случае добавляется новое ограничение типа:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} c_m^{i,j} = r. \quad (22)$$

При этом, выбрав все независимые пути в пределах ранга r , по мере необходимости ранг можно увеличить.

Выбор независимых путей прекращается, когда система уравнений становится несовместной. Максимальный ранг пути при этом не может быть больше величины $N - 1$.

Необходимость добавления ограничения $c_{i,j}^1 + c_{i,j}^2 \leq 1$ обусловлена возможностью возникновения недопустимой ситуации, которая удовлетворяет условиям системы уравнений.

Для определения оптимальных путей между какой-либо фиксированной вершиной s и остальными $N - 1$ вершинами взвешенного графа в настоящее время наиболее

экономичным в смысле числа операций является алгоритм Форда, вычислительная сложность которого не превышает $2(n-2)^2(n-1)$ элементарных операций. Однако с целью унификации алгоритмов маршрутизации в работе сделана попытка и эту задачу свести к задаче ЛП.

Задан неориентированный граф $G = (A, B, s, T)$, каждому ребру которого приписано некоторое число $l_m^{i,j} \geq 0$. Требуется определить наикратчайшие пути от вершины s ко всем остальным вершинам $t \in T$ графа.

Алгоритм решения сформулированной задачи следующий.

Шаг 1. На основе закономерностей протекания потоков в потоковом графе составляем систему уравнений, состоящую из $N - 1$ уравнения (2).

Шаг 2. Решаем эту систему уравнений при ограничениях

$$0 \leq c_{ij}^k, / k = \overline{1,2}; \quad b_m^{i,j} \in B; \quad (23)$$

$$C_{ij}^k \leq N - 1, / k = \overline{1,N}; \quad b_m^{i,j} \in B; \quad (24)$$

$$f = N - 1, \quad (25)$$

по критерию:

$$\sum_{b_m^{i,j} \in B} l_m^{i,j} \cdot c_m^{i,j} = \min. \quad (26)$$

Шаг 3. По найденным в результате решения оптимизационной задачи значениям $c_{i,j}^k / k = \overline{1,2}$ определяем направление протекания потока по ребрам графа, и, следовательно, структуры искоемых путей.

Таким образом, предложенный подход к исследованию потоковых характеристик дорожной сети позволяет находить решения экстремальных задач маршрутизации на основе ЦЛП за приемлемое время, что существенно повышает унификацию средств программно-алгоритмического обеспечения автоматизированных систем управления дорожным движением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.
2. Еременко В.Т., Офицеров А.И., Черепков С.А. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
3. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей; пер. с англ. под ред. Сушкова Б.Г. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
4. Форд А., Фалкерсон Д. Потоки в сетях; пер. с англ. Вайнштейна И.А. – М., Мир, 1966. – 276 с.
5. Берж К. Теория графов и ее применение: пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1962. – 320 с.
6. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети; пер. с англ. под ред. Теймана А.И. – М.: Наука, 1973. – 368 с.
7. Фрэнк Г., Фриш И. Сеть связи и потоки; под ред. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с.

Кузьменко Артем Олегович

ФГКОУ ВО «Институт береговой охраны Федеральной службы безопасности Российской Федерации», г. Анапа

Кандидат технических наук

Орешин Николай Алексеевич

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, профессор
Академия ФСО России, г. Орёл
Тел: 8(4862) 54-96-91

Орешин Андрей Николаевич

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 (4862) 54-98-28

Шумилин Вячеслав Сергеевич

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

Юсупов Артур Анатольевич

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

A.O. KUZ'MENKO (*Candidate of Engineering Sciences*)
Institute of the Coast Guard of the Federal Security Service of Russian Federation, Anapa

N.A. OREShIN (*Candidate of Engineering Sciences, Professor*)

A.N. OREShIN (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

V.S. ShUMILIN (*Employee*)

A.A. YuSUPOV (*Employee*)
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

**APPLICATION OF INTEGER LINEAR PROGRAMMING IN THE AUTOMATED SYSTEM
CONTROL OF COMMUNICATION IN SOLVING PROBLEMS ROUTING**

This paper proposes an approach to the study of flow characteristics of primary communication networks for finding optimal solutions for extreme routing problems based on linear and integer linear programming in a reasonable time. The algorithms can significantly improve the unification of software and algorithmic tools for automated communication control systems.

Keywords: *primary communication network; routing channels; linear programming.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eremenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursov / V.T. Eremenko, S.I. Afonin, L.V. Kuz'mina i dr. // *Informacionny'e sistemy i tekhnologii*, 2012. – № 1. – S. 78-84.
2. Eremenko V.T., Oficerov A.I., Cherepkov S.A. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovместимы'x s neblokiruemoj marshrutizaciej // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tekhnologij*, 2012. – № 4. – S. 38-46.
3. Fillips D., Garsia-Dias A. Metody' analiza setej; per. s angl. pod red. Sushkova B.G. – M.: Mir, 1984. – 496 s.
4. Ford A., Falkerson D. Potoki v setyax; per. s angl. Vajnshtejna I.A. – M., Mir, 1966. – 276 s.
5. Berzh K. Teoriya grafov i ee primenenie; per. s angl. – M.: Inostrannaya literatura, 1962. – 320 s.
6. Basaker R., Saati T. Konechny'e grafy' i seti; per. s angl. pod red. Tejmana A.I. – M.: Nauka, 1973. – 368 s.
7. Fre'nk G., Frish I. Set' svyazi i potoki; pod red. Pospelova. – M.: Svyaz', 1978. – 448 s.

УДК 004.057.4

И.О. ДАТЬЕВ

КРОСС-УРОВНЕВАЯ МЕТРИКА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ МНОГОШАГОВЫХ СЕТЕЙ

Многошаговые беспроводные сети являются перспективнейшим направлением развития информационно-коммуникационных сетей. В статье представлена попытка обобщения опыта различных авторов по разработке метрик маршрутизации, основанных на особенностях беспроводной передачи данных. Рассматриваются характеристики беспроводной передачи, которые рекомендуется учитывать при разработке метрик маршрутизации. Кроме того, обсуждаются преимущества и недостатки наиболее известных метрик маршрутизации для беспроводных многошаговых сетей. Предложена так называемая «кросс-уровневая» метрика маршрутизации собственной разработки.

Ключевые слова: беспроводные многошаговые сети; метрики маршрутизации; балансировка нагрузки; интерференция.

ВВЕДЕНИЕ

Выявление лучшего маршрута передачи данных является одной из главных проблем беспроводных многошаговых сетей. Для оценки маршрута используется метрика маршрутизации. Метрика представляет, как правило, числовую характеристику маршрута. При формировании этой характеристики могут учитываться различные факторы. Наиболее распространенными из них являются: количество шагов (передач, хопов), которое необходимо совершить для доставки пакета; полоса пропускания канала; стоимость передачи данных по каналу; надежность; задержка и т.д.

Таким образом, метрика используется алгоритмами маршрутизации для определения наилучшего пути к получателю данных.

С целью упрощения процесса поиска маршрута алгоритмы маршрутизации создают и регулярно обновляют таблицы маршрутизации, в которых содержится информация о маршрутах. Информация о маршрутах меняется в соответствии с правилами, заложенными в используемом алгоритме маршрутизации.

В случае статической маршрутизации значение метрики обычно не изменяется в пределах сессии. Но когда сеть представляет собой совокупность перемещающихся узлов, например, мобильная самоорганизующаяся сеть – MANET, вместе с изменением маршрутов меняется метрика.

Другими словами, метрика – это некоторое условное расстояние между узлами в случае следования по определенному маршруту. С одной стороны, метрика должна достаточно просто вычисляться, чтобы уменьшить служебную нагрузку на сеть. С другой стороны, метрика должна быть мерой характеристик маршрута, в большей степени отражающей важнейшие для передачи определенного типа трафика свойства (например, скорость для трафика реального времени), но и не обходящей стороной другие существенные характеристики (например, надежность). Очевидно, что набор таких характеристик и оценки их значимости в рамках метрики должны формироваться, основываясь на решаемых в рамках данной информационно-коммуникационной сети задачах, а также на особенностях беспроводной передачи данных. Например, уменьшение мощности, обусловленное интерференцией, является одной из главных проблем, с которой сталкиваются пользователи беспроводных сетей. Данная работа сосредоточена на маршрутных метриках беспроводных многошаговых сетей.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТРИК МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ МНОГОШАГОВЫХ СЕТЕЙ

В текущем разделе представлены наиболее яркие примеры метрик маршрутизации, предложенных для беспроводных сетей, преимущества и недостатки этих метрик.

Ожидаемое количество передач (ETX – Expected Transmission Count). Метрика ETX [1] была предложена для решения проблем, возникавших при использовании метрики hop count (счетчик хопов) в беспроводных сетях. ETX [2] определяется как ожидаемое количество передач на канальном уровне MAC, которое необходимо для успешной доставки пакета данных по беспроводной сети. Вес маршрута определяется как сумма ETX всех соединений, составляющих маршрут. Пусть

$$P = 1 - (1 - P_f) \times (1 - P_r), \quad (1)$$

где P – вероятность неудачной передачи пакета по соединению от узла a к узлу b ; P_f – вероятность разрыва соединения в прямом направлении; P_r – вероятность разрыва соединения в обратном направлении,

Тогда метрика ETX для одного шага (хопа, соединения) может быть представлена как

$$ETX = \sum_{k=1}^{\infty} k p^k (1-p)^{k-1} = \frac{1}{1-p}. \quad (2)$$

Метрика ETX для одного шага, измеренная в терминах коэффициентов прямой и обратной доставки:

$$ETX = \frac{1}{M_f \times M_r}, \quad (3)$$

где M_f – коэффициент прямой доставки $(1 - P_f)$; M_r – коэффициент обратной доставки $(1 - P_r)$.

Таким образом, ETX измеряет коэффициент потери пакетов. Каждую секунду зонд-пакеты отправляются к соседним узлам. При получении зонд-пакета соседний узел подсчитывает количество полученных пакетов. На основе этой информации каждые десять секунд вычисляется коэффициент потери пакетов. ETX находит маршруты, которые имеют высокую пропускную способность с минимальным количеством шагов. ETX косвенно учитывает и межпотокую интерференцию. Кроме того, ETX является изотонической метрикой маршрутизации, что обеспечивает простоту расчета минимального маршрута и маршрутизацию без петель для всех протоколов маршрутизации. К недостаткам ETX следует отнести отсутствие явного учета межпотокую интерференции. Кроме того, ETX не учитывает, что скорость передачи данных различных соединений может отличаться друг от друга.

Ожидаемое время передачи (ETT – Expected Transmission Time). Метрика ETT [3] является улучшением ETX, поскольку учитывает скорость передачи данных различных соединений. ETT – это время, необходимое для того, чтобы успешно передать пакет на канальном уровне MAC.

$$ETT_l = ETX_l \times \frac{S_F}{\left(\frac{S_L}{T_S - T_L} \right)}, \quad (4)$$

где S_F – пакет данных фиксированного размера; B – пропускная способность соединения l ; S_L – пакет данных наибольшего размера; $T_S - T_L$ – временной интервал между прибытиями двух пакетов.

Этот метод объединяет пакеты в последовательность, за маленьким пакетом следует большой и служит для оценивания пропускной способности соединения с каждым соседним

узлом посредством вычисления $T_s - T_L$ и возврата результатов этих вычислений отправителю пакетов.

ЕТТ может выбирать маршрут, используя только один радиоканал, хотя маршрут с несколькими различными каналами может обладать меньшей внутривитокковой интерференцией и большей пропускной способностью. Подобно ЕТХ, выбранный маршрут является минимальной суммой значений ЕТТ всех шагов маршрута.

ЕТТ является изотонической метрикой. Однако ЕТТ, так же, как и ЕТХ, не в полной мере учитывает внутривитокковую и межвитокковую интерференцию в беспроводной сети.

Взвешенное совокупное ожидаемое время передачи (WCETT - Weighted Cumulative Expected Transmission Time). Метрика WCETT [3] представляет собой улучшение ЕТТ для мультимедиа mesh-сетей и позволяет учитывать различные каналы и внутривитокковую интерференцию. ЕТТ определяется следующим образом:

$$WCETT = (1 - \beta) \times \sum_{i=1}^n ETT_i + \beta \times \max_{1 \leq j \leq k} X_j, \quad (5)$$

где X_j – сумма ЕТТ-соединений, использующих канал j в системе ортогональных каналов, β – это настраиваемый параметр, $0 \leq \beta \leq 1$, который позволяет регулировать соотношение важности длины пути и отличия используемых каналов.

Первое слагаемое является суммой ЕТТ отдельных соединений, и, следовательно, способствует выбору более коротких и качественных маршрутов. Второе слагаемое – это максимум из сумм ЕТТ всех соединений определенного канала. WCETT учитывает интерференцию и способствует выбору пути с соединениями, использующими разные каналы. Улучшается производительность мультимедиа беспроводных сетей с различающимися по скорости соединениями по сравнению с более простыми метриками, такими, как ЕТТ, ЕТХ и Hop Count. Две взвешенные компоненты настраиваются с помощью β и позволяют производить балансировку между пропускной способностью и задержкой. К недостаткам WCETT следует отнести следующее. WCETT учитывает только количество соединений, работающих на одинаковом канале, но не учитывает взаимное расположение этих соединений. Предполагается, что все соединения, работающие на одном канале, мешают друг другу. Поскольку метрика не изотоническая, ее очень сложно использовать в протоколах маршрутизации, основанных на состоянии канала. WCETT учитывает влияние интерференции неявным образом, поэтому может способствовать выбору маршрутов с высоким уровнем помех. Метрика обладает схожими с ЕТХ и ЕТТ недостатками и не предусматривает эффективного совместного использования соединений.

Метрика интерференции и коммутации (MIC – Metric of Interference and Channel Switching). Метрика интерференции и коммутации каналов (MIC) [3] предназначена для поддержки маршрутизации с балансировкой нагрузки, учитывает помехи между различными потоками и помехи внутри одного потока. MIC маршрута p определяется следующим образом:

$$MIC(p) = \frac{1}{N \times \min(ETT)_{link}} \times \sum_{i \in p} IRU_i + \sum_{nod \in p} CSC_i, \quad (6)$$

где N – число узлов сети; $\min(ETT)_{link}$ – самое маленькое ЕТТ в сети; IRU (Interference-aware Resource Usage – помехи, сопряженные с использованием ресурсов) и CSC (Channel Switching Cost – стоимость коммутации каналов), которые определяются следующим образом:

$$IRU_i = ETT_i \times N_i, \quad (7)$$

$$CSC_i = w1 \quad \text{if} \quad CH(prev(i)) \neq CH(i), \quad (8)$$

$$CSC_i = w2 \quad \text{if} \quad CH(prev(i)) = CH(i), 0 \leq w1 \leq w2, \quad (9)$$

где N_i – множество соседей, которые создают помехи на линии i ; $CH(i)$ – канал передачи узла i ; $prev(i)$ – предшествующий i -тому узлу хоп по маршруту p .

Преимуществом метрики МИС является учет внутривиточковой и межвиточковой интерференции.

Недостатки:

- затраты (служебный трафик), необходимые для поддержания обновления информации ЕТТ для каждого соединения, могут значительно повлиять на производительность сети в случае больших объемов передаваемой информации;

- эта метрика предполагает, что все соединения, которые находятся во множестве создающих друг другу помехи соединений, в отношении конкретного соединения создают одинаковый уровень помех. При этом не учитывается, осуществляют ли эти соединения какие-либо передачи одновременно с этим связь или нет;

- компонент CSC учитывает внутривиточковые помехи только для двух последовательных соединений;

- не является изотонической.

Ожидаемое время передачи с учетом нагрузки (LAETT – Load Aware Expected Transmission Time). Главные цели LAETT [4] – это формирование маршрута, который удовлетворяет требованию пропускной способности потока и освобождает место для будущих запросов, балансируя нагрузку по всей сети. LAETT учитывает характеристики беспроводной передачи и загрузку сетевых соединений.

Для осуществления балансировки нагрузки, для каждого узла i вводится характеристика, названная остаточной пропускной способностью RC_i , которая вычисляется по формуле:

$$RC_i = B_i - \sum_{k=1}^N f_{ik} \gamma_{ik}, \quad (10)$$

где f_{ik} – скорость N потоков, проходящих через узел i в данное время.

Оценка остаточной пропускной способности регулируется γ_{ik} , поскольку при хорошем качестве соединения требуется меньше ресурсов для передачи информации.

Алгоритм packet-pair может быть использован для оценки доступной полосы пропускания соединения с параметром γ_{ik} .

Метрика LAETT рассчитывается следующим образом:

$$LAETT_{ij} = ETX_{ij} \times \frac{S}{(RC_i + RC_j) / 2 \gamma_{ij}}. \quad (11)$$

Второй множитель учитывает остаточную пропускную способность конечных узлов i и j и будет рассмотрен более подробно ниже. Когда два маршрута имеют один и тот же вес ETX, метрика LAETT способствует выбору маршрута с большей остаточной пропускной способностью. LAETT представляет собой изотоническую метрику, осуществляющую балансировку нагрузки по всей сети. LAETT учитывает качество и загруженность соединения. Однако в LAETT не учитывается внутривиточковая интерференция. Кроме того, межвиточковая интерференция в явном виде тоже не рассматривается.

Интерференция (iAWARE – Interference Aware). iAWARE [5] является первой метрикой маршрутизации для мультирадио MESH-сетей, учитывающей не только межвиточковую и внутривиточковую интерференцию с помощью модели интерфейса физического уровня, но и изменения качества соединения. В этой модели качество соединения между узлами u и v является приемлемым, если SINR (отношение сигнал/(шум и помехи)) в приемнике выше определенного порога, который зависит от желаемых характеристик передачи (канал, скорость передачи данных и т. д.). Пусть $P_v(u)$ – мощность

сигнала пакета от узла u в узле v . Тогда пакет на соединении (u, v) от узла u к узлу v корректно получен, если:

$$\frac{P_v(u)}{N + \sum_{w \in V'} P_v(w)} \geq \beta, \quad (12)$$

где N – фоновый шум; V' – множество одновременно осуществляющих передачу узлов; β – константа, зависящая от скорости данных, характеристик канала, схемы модуляции и т.д.

$SINR_i(u)$ – отношение сигнал/(шум и помехи) на соединении i узла u .

$SNR_i(u)$ – отношение сигнал/шум на соединении i узла u .

$$SNR_i(u) = \frac{P_u(v)}{N}, \quad (13)$$

$$SINR(u) = \frac{P_u(v)}{N + \sum_{w \in \eta(u)} \tau(w) P_u(w)}, \quad (14)$$

где $\eta(u)$ – множество узлов, которые находятся в зоне радиодоступа узла u ; $\tau(w)$ – нормализованная средняя за период времени скорость, с которой узел w генерирует трафик; $\tau(w)$ равно 1, когда узел рассылает пакеты на максимально доступной скорости.

$iAWARE$ метрика маршрута p определяется следующим образом:

$$iAWARE(p) = (1 - \alpha) \times \sum_{i=1}^n iAWARE_i + \alpha \times \max_{1 \leq j \leq k} X_j \quad (15)$$

где X_j – то же, что и в метрике WCETT.

$iAWARE$ -метрика соединения j вычисляется следующим образом:

$$iAWARE_j = \frac{ETT_j}{IR_j}, \quad (16)$$

где IR_j – коэффициент интерференции (помех) соединения j между узлами u и v

$$IR_j = \min(IR_j(u), IR_j(v)). \quad (17)$$

$$IR_i(u) = \frac{SINR_i(u)}{SNR_i(u)}. \quad (18)$$

Преимущества:

1. $iAWARE$ учитывает эффект изменения коэффициента потери пакетов, отличия в скорости передачи, а также внутри- и межпоточковые помехи.

2. $iAWARE$ сохраняет многие свойства WCETT за исключением обработки измерений межпоточковой интерференции. $iAWARE$ напрямую измеряет среднее значение радиопомех, создаваемых соседними узлами.

3. Введение SINR является значимым открытием для вычисления межпоточковой интерференции маршрутизации по сравнению с другими основанными на ETT метриками: MIC, ETT, WCETT и др.

Недостатки:

1. $iAWARE$ не является изотонической метрикой маршрутизации.

2. Придание большей значимости ETT, нежели помехам соединения.

В качестве примера модификации метрики для компенсации ее недостатков $iAWARE$ можно привести работу [6].

ЕТХ с учетом интерференции и полосы пропускания (IBETX). В работе [7] авторы приходят к выводу, что вычисление коэффициентов доставки является основным средством для выбора качественных соединений. Затем возникает проблема конкуренции соседей в беспроводной среде. Третья проблема – найти маршруты с высокой пропускной способностью, которые игнорируются ETT. IBETX предназначена для решения этих проблем. Во-первых, она непосредственно вычисляет ожидаемую доставку соединения (ELD

– Expected Link Delivery), d_{exp} , что позволяет избежать служебной вычислительной нагрузки (подобной генерируемой ETX) и обойти перегруженные участки сети, как при использовании ETX. Во-вторых, она обеспечивает узлы информацией о номинальных скоростях и делает их способными вычислить ожидаемые полосы пропускания соединений (ELB – Expected Link Bandwidth), b_{exp} , всех конкурирующих беспроводных соединений с использованием кросс-уровневого подхода.

В-третьих, длинные маршруты, отклоняемые ETX, учитываются посредством вычисления интерференции I_{exp} , названной ожидаемой интерференцией соединения (ELI – Expected Link Interference) также с применением кросс-уровневого подхода.

IBETX определяется следующим образом:

$$IBETX = \frac{d_{exp}}{b_{exp}} I_{exp}, \quad (19)$$

$$d_{exp} = d_f \times d_r. \quad (20)$$

Кроме обнаружения потерь, главной задачей этой части является поиск путей с высокой пропускной способностью. Для вычисления d_f и d_r , каждый узел передает пакет-зонд (134byte) каждую секунду. Количество переданных пакетов равняется количеству пакетов, предварительно полученных от каждого узла-соседа за последние 10 секунд. Таким образом, каждый узел хранит коэффициенты потерь зонд пакетов всех своих соединений в обоих направлениях. Предположим, что необходимо найти наилучший маршрут между двумя узлами m и n среди множества конкурирующих соединений маршрута P или другого маршрута, обозначенного NP , но также использующего конкурирующие соединения этого участка. Тогда ожидаемая пропускная способность соединения mn может быть записана следующим образом:

$$b_{exp}(mn) = \frac{1}{\sum_{i \in P \cap NP} 1/r_i}, \quad (21)$$

где r_i – скорость передачи i -того соединения множества $P \cap NP$.

Авторы [7] включили механизм для расчета интерференции в метрику и определили ожидаемую интерференцию соединения ELI, которая рассчитывается всеми узлами одного маршрута источник-приемник.

Основным механизмом контроля доступа к среде (MAC), используемым во время разработки метрики в стандартах 802.11, являлся Distributed Coordination Function (DCF). DCF, помимо возможности прослушивания соединения узлом перед отправкой данных, позволяет избегать коллизий путем применения виртуального зондирования несущей частоты. Зондирование несущей происходит с помощью контрольных пакетов RTS (Request To Send) и CTS (Clear To Send), которые составляют NAV (Network Allocation Vector), т.е. $NAV = \tau_{RTS} + \tau_{CTS}$. NAV является счетчиком, который хранится на всех узлах и используется ими для определения времени, оставшегося до освобождения несущей частоты. Любой узел не может начать передачу, пока NAV не станет равным нулю. Используя кросс-уровневый подход, DCF периодически зондирует несущую частоту, чтобы найти период времени, в течение которого соединение занято, τ_{busy} . Интерференция, влияющая на узел m , выражается следующим образом:

$$i_m = \frac{\tau_{busy}}{\tau_t}, \quad (22)$$

где τ_{busy} – временной период; τ_t – общее время окна (10 секунд).

τ_{busy} – это время, в течение которого несущая частота занята. Пусть Rx – это состояние получения пакетов (или коммуникации с другими узлами), когда NAV не равен нулю. Tx – это состояние передачи пакетов. Если узел n является передающим узлом, его

τ_{busy} рассчитывается следующим образом: $\tau_{Rx} + \tau_{Tx} + \tau_{RTS} + \tau_{CTS}$. Таким образом, интерференция для передающего узла n и принимающего узла m вычисляются так:

$$i_m = \frac{\tau_{Rx} + \tau_{RTS} + \tau_{CTS}}{\tau_t}, \quad (23)$$

$$i_n = \frac{\tau_{Rx} + \tau_{Tx} + \tau_{RTS} + \tau_{CTS}}{\tau_t}, \quad (24)$$

$$i_{mn} = \max(i_m, i_n). \quad (25)$$

Соединение mn , образованное узлами m и n , подвергается максимальному значению интерференции этих двух узлов (26). Принимающий узел m сохраняет информацию об интерференции, вычисленной в уравнении 24, а передающий узел n – в уравнении 25. Тогда ожидаемая интерференция mn рассчитывается согласно уравнению 26.

$$I_{exp}(mn) = \frac{i_{mn}}{1 + i_{mn}}. \quad (26)$$

Проблема интерференции в беспроводной среде возникает вследствие конкуренции передающих узлов. Это влечет потери пакетов из-за коллизий, что, в свою очередь, снижает пропускную способность соединений. Поэтому введенный в метрику параметр I_{exp} служит для учета межпоточковой интерференции между конкурирующими узлами. ELI способствует учету пропускной способности любых маршрутов (независимо от числа шагов), в отличие от метрик ETX (и основанных на ETX). Значение IBETX для маршрута P рассчитывается по формуле:

$$IBETX(P) = \sum_{mn \in P} IBETX_{mn}. \quad (27)$$

Следовательно, непосредственно вычисляя вероятности потерь пакетов, ожидаемой пропускной способности и ожидаемых помех, IBETX успешно находит качественные соединения. Однако IBETX не является изотонической.

Предлагаемая метрика – балансировка нагрузки с учетом интерференции (IALB – Interference aware load balancing). Разработанная метрика состоит из двух компонентов. Первый компонент I_{exp} предназначен для учета интерференции соединений. Этот компонент помогает принимать во внимание более длинные маршруты, игнорируемые метриками типа ETX, не вычисляющими напрямую интерференцию между соседними соединениями. Для точного измерения конкуренции в беспроводной среде передачи и коллизий, возникающих из-за так называемых «скрытых» узлов, учет интерференции способствует нахождению лучших маршрутов в беспроводной сети. Этот компонент такой же, как и в метрике IBETX. Это один из лучших способов учета интерференции, основываясь на особенностях уровня MAC, т.е. используя кросс-уровневый подход.

Второй компонент служит для балансировки нагрузки. Балансировка нагрузки определяется как возможность метрики маршрутизации регулировать нагрузку на узлы таким образом, чтобы избежать перегрузки шлюзов беспроводной сети и эффективно использовать сетевые ресурсы. Для сокращения несбалансированной нагрузки в разработанной метрике используется компонент LBC (Load balancing component). LBC основан на таких же математических уравнениях, как в метрике LAETT. Разработанная метрика вычисляется следующим образом:

$$IALB(mn) = I_{exp}(mn) \times LBC(mn), \quad (28)$$

$$LBC(mn) = \frac{S}{\left(\frac{RC_m + RC_n}{2\gamma_{mn}} \right)}, \quad (29)$$

где $I_{\text{exp}}(mn)$ – интерференция соединения (m, n), вычисляется также как в IBETX; $LBC(mn)$ – компонент балансировки нагрузки соединения (m, n), такой же, как второй компонент LAETT, но вычисляемый для всех пар узлов маршрута p.

В итоге разработанная метрика вычисляется следующим образом:

$$IALB(p) = \sum_{mn=1}^{MN} (I_{\text{exp}}(mn) \times LBC(mn)), \quad (30)$$

где MN – количество соединений маршрута p.

Предлагаемая метрика не учитывает задержку коммутации каналов (компонент CSC, представленный в метрике PLA) по причинам, представленным в [6] (неизотоничность и т.д.).

Преимущества:

1. IALB является изотоничной и учитывает нагрузку.
2. IALB напрямую вычисляет ожидаемую интерференцию, основываясь на степени конкурентирования соединений
3. Относительно проста для вычисления
4. Может быть легко модифицирована для учета существенных характеристик конкретной сети (например, емкости аккумуляторной батареи).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлен комплексный анализ различных маршрутных метрик, которые были предложены для протоколов динамической маршрутизации в беспроводных многошаговых сетях. Метрика количества шагов (hop count), которая может проложить маршрут, используя соединения с большими потерями данных, до сих пор является наиболее распространенной и используется по умолчанию во многих протоколах (в том числе, динамической) маршрутизации. Метрика ETX является одной из наиболее используемых (после метрики hop count) в случаях с небольшой подвижностью узлов.

Наряду с разработкой метрик маршрутизации как таковых необходимо обратить внимание на проблемы измерения и расчета характеристик, используемых в этих метриках. Невозможно разработать эффективные метрики маршрутизации для беспроводных сетей, не принимая во внимание особенности организации доступа к беспроводной среде MAC-уровня (канальный уровень). Представленная метрика IALB использует информацию MAC-уровня и таким образом реализует так называемый кросс-уровневый подход. В будущем планируется провести имитационные эксперименты предложенной метрики на базе модели, созданной в сетевом симуляторе, с использованием наиболее распространенных протоколов динамической маршрутизации, таких, как AODV, OLSR, и т.д. На основе этих экспериментов можно будет проанализировать эффективность предложенной метрики и пути ее улучшения. Также планируется создание модификации IALB для многошаговых беспроводных сетей с ограничениями по энергопотреблению узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Draves R., Padhye J., Zill B. Routing in multi radio, multi hop wireless mesh networks. In proceedings of ACM MOBICOM, 2004. – P. 114-128.
2. De Couto D.S.J. High-throughput routing for multi-hop wireless networks. – Ph.D. dissertation, MIT, 2004.
3. Yang Y., Wang J., Kravets R. Designing routing metrics for mesh networks in proceedings of the IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks (WiMesh'05), 2005. –P. 315-321
4. Aiache H., Conan V., Lebrun L., Rousseau S. A load dependent metric for balancing Internet traffic in Wireless Mesh Networks. – Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, 2008. – P. 629-634.
5. Anand Prabhu Subramanian, Milind M. Buddhikot, Scott Miller/ Interference Aware Routing in Multi-Radio Wireless Mesh Networks. – Technical Report, Computer Science Department, Stony Brook University, 2007.

6. Venkat Mohan S., Dr.N. Kasiviswanath. ETX Based Routing Metrics. (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2011. – Vol. 2(4). – P. 1537-1548
7. Javaid N., Bibi A., Djouani K. Interference and bandwidth adjusted ETX in wireless multi-hop networks. – GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2010. – P. 1638-1643.

Датъев Игорь Олегович

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского НЦ РАН, г. Апатиты

Кандидат технических наук, научный сотрудник

Тел.: 8 (921) 153 19 07

Email: datyev@iimm.ru

I.O. DAT'EV (*Candidate of Engineering Sciences, Research Associate*)
Establishment of Russian Academy of Sciences Institute for Informatics
and Mathematical Modeling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS

A CROSS-LAYER ROUTING METRIC FOR MULTIHOP WIRELESS NETWORKS

Multihop wireless networks are the promising direction of communication networks. The paper presents an attempt of different authors past experience generalization of routing metrics development. These metrics based on multihop wireless networks data transmission features. In particular, characteristics of wireless transmission that are recommended to be considered during the design of routing metrics are reviewed. The cross-layer routing metric for multihop wireless networks is proposed. In addition, discuss the advantages and disadvantages of the well-known routing metrics created for multihop wireless networks.

Keywords: *multihop wireless networks; routing metric; load balancing; interference.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Draves R., Padhye J., Zill B. Routing in multi radio, multi hop wireless mesh networks. In proceedings of ACM MOBICOM, 2004. – P. 114-128.
2. De Couto D.S.J. High-throughput routing for multi-hop wireless networks. – Ph.D. dissertation, MIT, 2004.
3. Yang Y., Wang J., Kravets R. Designing routing metrics for mesh networks in proceedings of the IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks (WiMesh'05), 2005. –P. 315-321
4. Aiache H., Conan V., Lebrun L., Rousseau S. A load dependent metric for balancing Internet traffic in Wireless Mesh Networks. – Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, 2008. – P. 629-634.
5. Anand Prabhu Subramanian, Milind M. Buddhikot, Scott Miller/ Interference Aware Routing in Multi-Radio Wireless Mesh Networks. – Technical Report, Computer Science Department, Stony Brook University, 2007.
6. Venkat Mohan S., Dr.N. Kasiviswanath. ETX Based Routing Metrics. (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2011. – Vol. 2(4). – P. 1537-1548
7. Javaid N., Bibi A., Djouani K. Interference and bandwidth adjusted ETX in wireless multi-hop networks. – GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2010. – P. 1638-1643.

УДК 621.396.67

В.А. КОЧЕТКОВ, А.Ю. СИВОВ, И.В. СОЛДАТИКОВ,
А.В. ТИХОНОВ, Н.В. ШИШКИН

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНЗОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК РЭС СВЧ-ДИАПАЗОНА

В статье рассматривается современное состояние элементов методологии проектирования линзовых антенных решеток радиоэлектронных систем СВЧ-диапазона. В рамках содержательной части общей теории разработки антенных решеток представлены концептуальный подход к проектированию диаграммообразующих схем и антенных решеток, а также основные этапы проектирования линзовых антенных решеток в результате развития электродинамических и асимптотических методов моделирования параметров таких антенн. Обозначены возможные направления совершенствования элементов методологии проектирования линзовых антенных решеток РЭС СВЧ-диапазона.

Ключевые слова: линзовые антенные решетки; проектирование антенных решеток; методология проектирования; СВЧ-линза; диаграммообразующая схема; многолучевая антенна.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия во многих странах развитие радиоэлектроники, различных видов радиосвязи, радионавигации и радиомониторинга характеризуется следующими основными тенденциями [1]:

- революционными изменениями в технологии производства элементной базы и функциональных узлов радиоэлектронных систем (РЭС);
- совершенствованием теоретических основ проектирования РЭС и антенных устройств, входящих в их состав;
- освоением новых диапазонов частот;
- расширением круга решаемых РЭС задач;
- использованием сложных сигналов, видов модуляции и методов пространственно-временной обработки;
- ведением обработки информации в реальном масштабе времени с широким использованием стационарных и бортовых ЭВМ.

Современные системы радиосвязи, радионавигации, радиомониторинга развиваются в направлении улучшения направленных свойств и активной пространственной фильтрации радиосигналов. Для коммерческого (системы беспроводной связи, навигационные устройства, автомобильные радары предотвращения столкновений) и специального (комплексы радиомониторинга и радиоконтроля, системы радиопеленгации) использования все более привлекательными становятся антенные решетки (АР) с возможностями формирования многолучевых диаграмм направленности или сканирования диаграммой направленности (ДН) в заданном секторе пространства.

Одним из направлений развития многолучевых и сканирующих АР с относительно большими значениями коэффициента усиления является использование диэлектрических линзовых антенн центральной симметрии на основе линз Люнеберга и Максвелла. Для решения задач сканирования ДН или отклонения луча многолучевой антенны (МЛА) применяются диаграммообразующие схемы (ДОС) на основе линз Ротмана или Гента [2].

Вероятно, что часть перечисленных прогрессивных тенденций и реализация возможностей МЛА в системах коммерческого и специального использования может быть учтена только при создании достаточно сложных, а, следовательно, дорогостоящих антенных

решеток. Однако их проектирование занимает длительное время, после чего проводится экспериментальная доработка, которая может затянуться на месяцы или даже годы. Становится очевидным, что разработанная антенная система к началу ее эксплуатации может оказаться морально устаревшей. Таким образом, учет современных тенденций развития РЭС СВЧ диапазона, постоянное обновление технических характеристик и функциональных возможностей радиосистем различного назначения приводит к значительному увеличению сроков разработки как отдельных подсистем, так и антенной системы в целом, и, как следствие, к ее моральному устареванию. Выход из этого замкнутого круга возможен благодаря существенному сокращению времени и экспериментальной доработки элементов и подсистем АР РЭС путем их автоматизированного проектирования.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНЗОВЫХ АР КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАЗРАБОТКИ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Проблематика разработки общей теории создания современных антенных решеток определяется тем, что все подсистемы АР, условия и факторы, формирующие процессы их проектирования, производства и эксплуатации, характеризуются многогранностью, сложностью, многовариантностью, наличием субъективных элементов и, как следствие, слабой формализуемостью. В настоящее время на основе традиционно используемых методов проектирования и алгоритмов оптимизации параметров современных антенных решеток не представляется возможным не только объективно и своевременно оценить все возможные варианты реализации жестких и противоречивых требований к ним, но и определить приемлемые варианты их конструктивного исполнения, технологии изготовления и способов применения. Перечисленные обстоятельства объясняют повышение требований к уровню теоретического (методологического) обеспечения процесса создания линзовых антенных решеток (ЛАР). Не требует каких-либо доказательств тот факт, что решение проблем повышения уровня функционального качества новых образцов антенной техники и экономии, затрачиваемых на них различных видов ресурсов, определяется уровнем разработки общей теории их проектирования и создания.

Структура общей теории разработки антенных решеток РЭС представлена на рисунке 1.

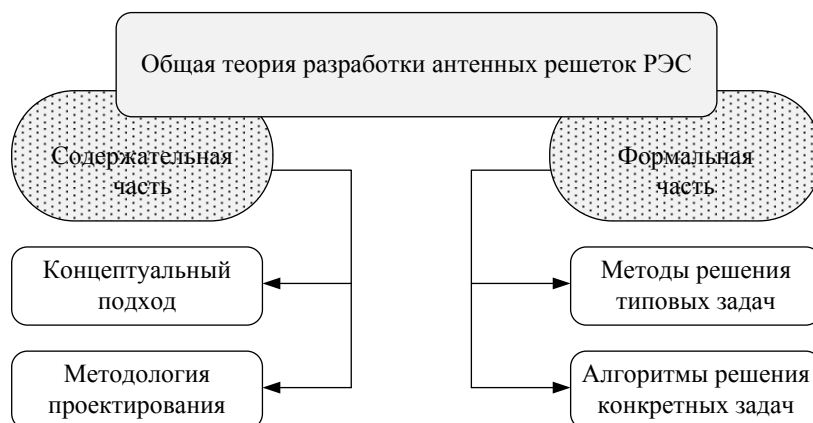


Рисунок 1 – Структура общей теории разработки антенных решеток РЭС

В статье рассматривается содержательная часть общей теории разработки линзовых АР, которая является фундаментом для построения ее формальной части.

Необходимо подчеркнуть то, что в последние несколько лет наметился очевидный интерес отечественных и зарубежных специалистов к области разработки и совершенствования теоретических основ проектирования линзовых антенн и антенных решеток, о чем свидетельствует постоянно возрастающий объем публикаций [3-9]. Однако в

подавляющем большинстве этих публикаций недостаточно четко просматривается единый методологический базис теории проектирования таких антенных решеток.

КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК И ДИАГРАММООБРАЗУЮЩИХ СХЕМ

Анализ этапов проектирования и моделей АР и антенн основывается на том, что последняя представляет собой устройство, которое преобразует ток, подаваемый на ее вход (входы), в ток смещения или электромагнитное поле. Токовая информация в явной форме описывает поведение излучаемых полей, как показано в уравнениях возбуждения поля через вектор магнитного или электрического потенциала [10]. Тот же принцип применим в решетке, но с возбуждением в области максимальной плотности тока (токов питания), амплитуды и фазы. В общем случае, как антенну, так и решетку можно рассматривать как апертуру излучения. При увеличении размера апертуры (случай решетки) энергия может быть сжата в узкий луч, в то время как апертура токовой информации определяет направление и диаграмму его распространения. В действительности же существует множество РЭС, таких, как спутниковые и системы радиомониторинга, радиоконтроля, антенны которых формируют один основной или несколько парциальных лучей в апертуре с управляемой ДН. Устройство, обеспечивающее динамическое возбуждение апертуры – ДОС, является основным элементом сканирующей или многолучевой антенны [11].

Независимое питание излучателей решетки через разные порты/входы обеспечивается ДОС (рис. 2). При подключении передатчика к одному из портов/входов схемы в излучателях решетки создается определенное, свойственное лишь этому порту/входу амплитудно-фазовое распределение (АФР), – диаграмма направленности антенны. Подключение передающего тракта РЭС к другому порту ДОС вызывает изменение АФР в излучателях АР и соответственно формирование другой, отличной от предыдущей, ДН.

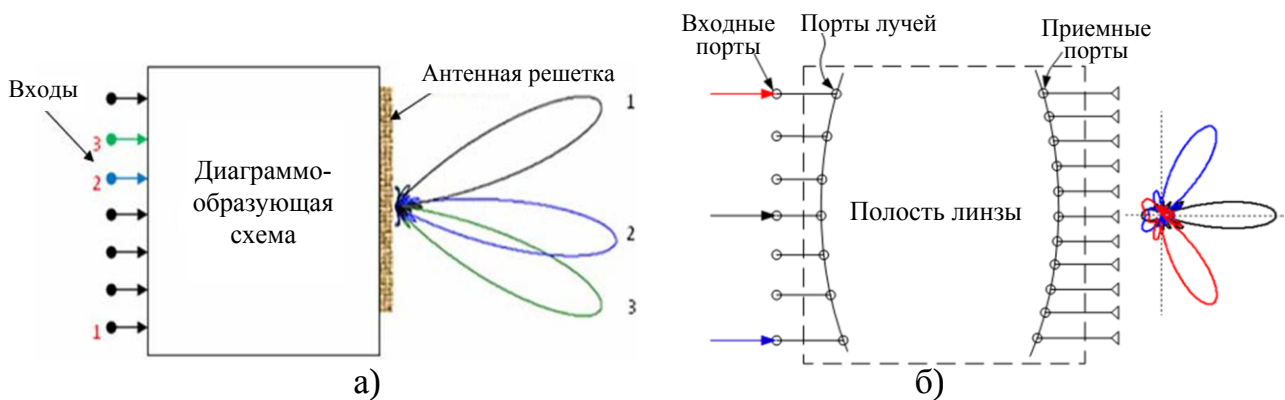


Рисунок 2 – а) ДОС в структуре МЛА; б) ДОС на основе линзы

В антенных решетках ДОС обычно проектируются таким образом, чтобы возбуждение с любого входа схемы обеспечивало равноамплитудное распределение тока по апертуре АР, но каждому входу соответствовала бы своя фазовая характеристика. При переключении входов дискретно меняется сдвиг по фазе между токами соседних излучателей. В соответствии с этим дискретно меняется положение ДН в пространстве.

Существует несколько теорий, инициализирующих геометрию СВЧ линз [2, 12, 13]. В общем случае, если резонатор имеет однородную среду, к проектированию линзы могут быть применены фокальные подходы, например, линзы Ротмана. Если у резонатора неоднородная среда, уравнения траектории лучей принимаются как показатель функции преломления, например, линза Люнеберга. Механизм проектирования длины траектории луча в СВЧ линзе не зависит от частоты, при этом последняя, как правило, рассматривается как устройство действительной временной задержки сигнала возбуждения. Гомогенные линзы [14] могут быть реализованы на основе полосковых линий и микрополосковых

материалов, следовательно, потенциально достижимы, соответственно, имеют место быть высокая мощность излучения, широкая полоса пропускания и низкий профиль антенной системы.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНЗОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Под автоматизированным проектированием антенных решеток понимается определение структуры и параметров всех составных частей АР, реализующих заданные технические требования на форму ДН, энергетические, диапазонные, поляризационные, массогабаритные и другие параметры и характеристики [15]. В настоящее время существуют два основных подхода к автоматизации процессов разработки антенных решеток.

Первый подход требует определения структуры всех подсистем АР [11, 15]: излучающей, согласующей, фазированной и распределительной, показанных на рисунке 3(а).

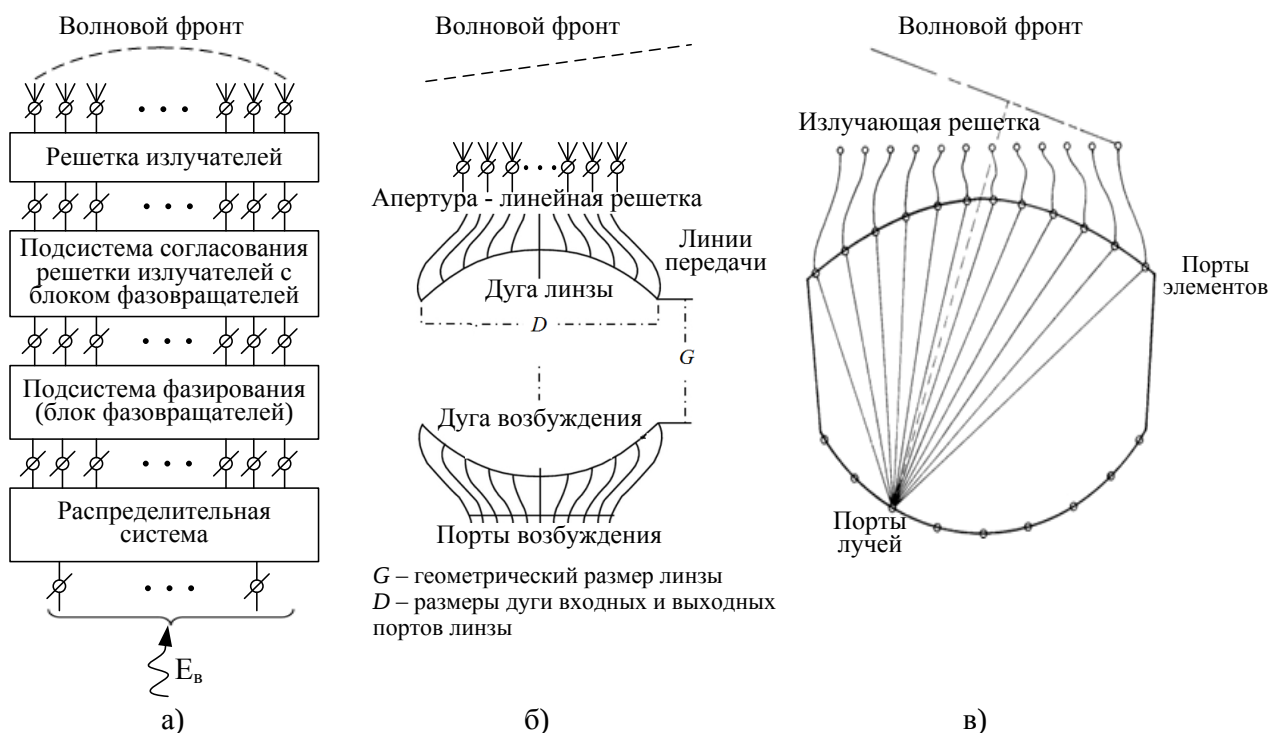


Рисунок 3 – а) обобщенная структура фазированной антенной решетки; б) ДОС линзовой АР на основе линзы Генна; в) структура ДОС на основе линзы Ротмана

После расчета значений параметров элементов подсистем АР (излучающие элементы, фазовращатели, аттенюаторы, элементы сумматоров и делителей мощности и др.) и определения способов связи между ними, выполняется параметрический синтез, целью которого является нахождение численных значений варьируемых параметров антенной решетки при заданных структуре и условиях ее функционирования.

Второй подход в проектировании АР в качестве основы использует четко определенную структуру решетки (она может быть известна из технического задания на проектирование). При этом улучшение значений варьируемых параметров и характеристик АР осуществляется целенаправленно и подчинено стратегии поиска наилучшего значения некоторой целевой функции, т.е. совокупность операций параметрического синтеза представляет собой решение задачи оптимизации. Параметрический синтез базируется на методах оптимального проектирования, моделях и алгоритмах локальной и глобальной оптимизации, а также на численных методах электродинамического анализа [16].

Рассмотренные подходы проектирования АР лежат в основе обобщенного процесса автоматизированного проектирования линзовых антенных решеток, блочное представление которого показано на рисунке 4.

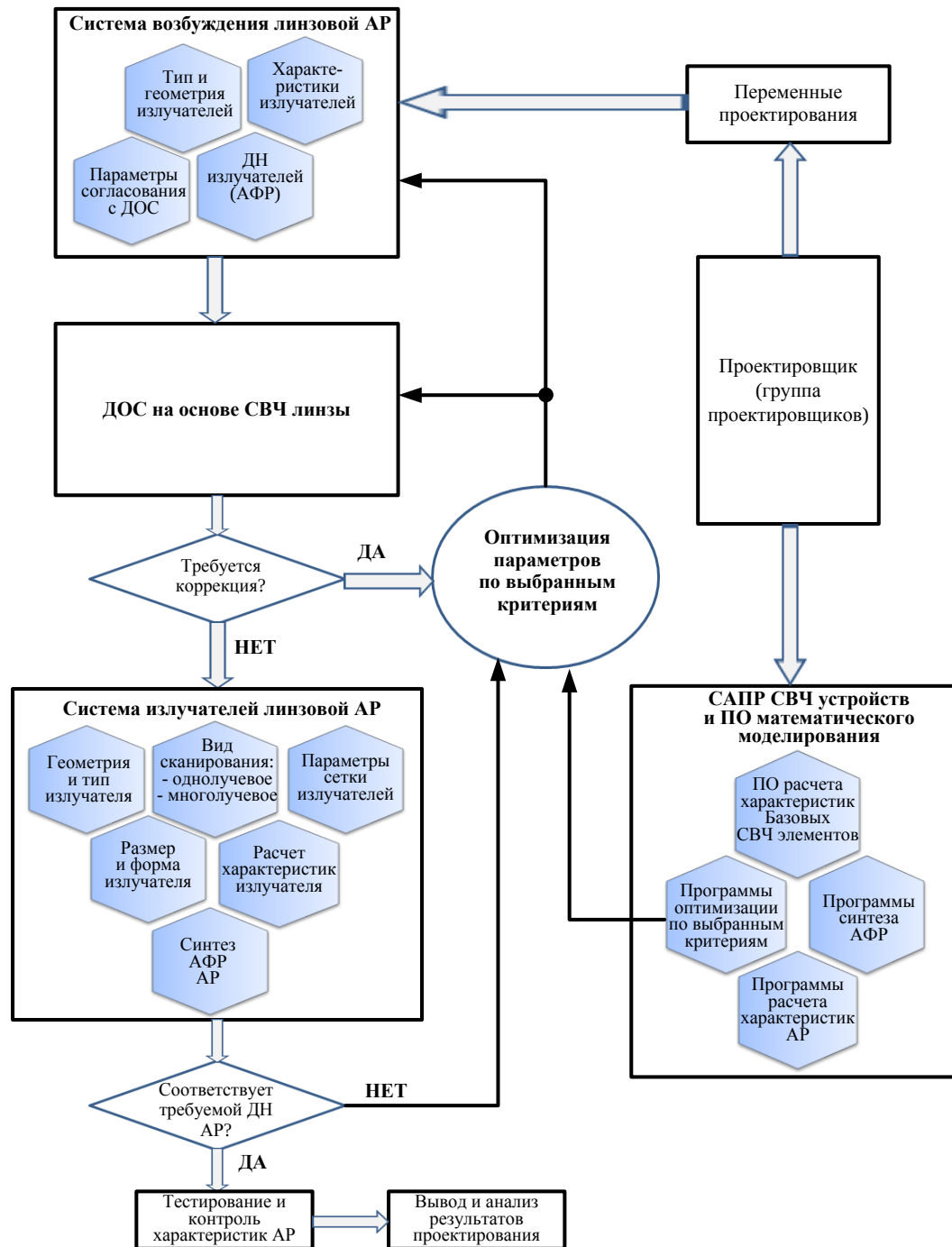


Рисунок 4 – Блочное представление обобщенного процесса автоматизированного проектирования линзовых антенных решеток

Стандартные процедуры проектирования ЛАР были расширены в результате развития электродинамических (*Full wave analysis, FWA*) и асимптотических методов моделирования различных типов СВЧ линз [4-6]. Следующие четыре этапа представляют обобщенную последовательность, принятую большинством исследователей и специалистов в области проектирования линзовых антенных решеток [3-8, 14]:

- 1) определение характеристик СВЧ линзы;
- 2) расчет параметров геометрической оптики (*Geometry optical, GO*) СВЧ линзы;
- 3) проектирование количества и структуры портов, реализация линий передачи;
- 4) оценка интегральных характеристик СВЧ линзы.

Характеристики СВЧ-линзы. Характеристики СВЧ линзы можно классифицировать как электрические и механические (табл. 1).

Таблица 1 – Структура характеристик СВЧ-линзы

Электрические характеристики	Механические характеристики
фазовые ошибки при отклонении ДН	геометрический размер
амплитудная погрешность при отклонении ДН	масса
максимальный угол сканирования ДН	допуск обработки поверхности
угол допуска действительной временной задержки луча внутри линзы	устойчивость диэлектрической структуры к внешним воздействиям
потери на отражение	форма (объемная или плоская)
полоса пропускания	температурный диапазон
выходная мощность излучения	

Не все требования к конструкции СВЧ-линзы в процессе проектирования могут быть выполнены одновременно, например, полоса пропускания АР и размер линзы, как правило, требуют компромисса между собой. Тем не менее разумные технические характеристики могут быть достигнуты за определенное число шагов (этапов) проектирования.

Расчет параметров геометрической оптики. Параметры геометрической оптики линзы (рис. 3 (б) и (в)) включают положение луча, приемные порты и длину линии передачи. Эти параметры являются результатом других взаимосвязанных конструктивных параметров, которые влияют на характеристики фазовой ошибки, возникающей при отклонении ДН. Традиционно теории проектирования линзы классифицируются в плане того, как формируются начальные параметры *GO*. Существующие методы проектирования включают в себя трифокальные, квадрофокальные и безфокальные методы. Основные различия между ними, как правило, определяются количеством степеней свободы при проектировании и значением теоретической фазовой ошибки, возникающей при сканировании ДН вдоль апертуры линзы.

При этом конструкции СВЧ-линз должны учитывать как геометрические компромиссы, так и эффекты обратной связи между портами линзы. Как отмечает Р. Хансен [2], последнее относительно трудно поддается контролю, но первое является решающим для выполнения эффективной и компактной линзы. Следовательно, в первую очередь необходимо разработать *GO*-линзы, затем выполнить регулировки для минимизации обратной связи между ее портами.

Проектирование количества и структуры портов, реализация линий передачи. В соответствии с имеющимися фазовыми центрами и длиной линий передачи линзы должны быть тщательно подобраны материалы для реализации структуры портов и линий передачи. Типичные порты линзы реализуются открытым концом волновода, полосковыми линиями и микрополосковыми коническими рупорами. Линии передач могут быть реализованы встроенными в полосковые линии или автономными коаксиальными кабелями. Во время этой стадии проектирования должны быть рассчитаны параметры пропускной способности решетки и возвратные потери, потому что размер порта, его сужение и длина оказывают важное значение на интегральные характеристики ЛАР. Следует также отметить, что направление ориентации портов и способ реализации их боковых стенок могут повлиять на характеристики амплитудного распределения излучаемого поля.

Оценка интегральных характеристик СВЧ-линзы. После того, как структура антенной решетки сформирована, интегральные характеристики линзы оцениваются с использованием либо электродинамического (*FWA*) моделирования или асимптотическими методами в зависимости от размера линзы и доступного набора инструментальных средств из состава современных САПР СВЧ-устройств и антенн. На основе методов моделирования, используемых САПР типа *CST studio*, *FEKO*, *HFSS*, *Antenna Magus* и др. [17], можно оценить значения электрических характеристик, представленных в таблице 1.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАР

Анализ методологического аппарата, представленного в отечественных и зарубежных публикациях по проблематике проектирования антенных решеток, позволяет выделить три пересекающихся кластера научно-методического инструментария, применение которых обуславливается сложностью и многообразием структуры, параметров, топологии и геометрии линзовых АР:

- численные методы электродинамического анализа в процессе проектирования;
- метаэвристические алгоритмы решения задач оптимизации при проектировании;
- пакеты программного обеспечения для машинного моделирования и оптимизации параметров линзовых антенных решеток и их элементов.

В свою очередь, каждый из кластеров, представленных на рисунке 5, обладает внутренней структурой и наполнением, которые определяются входным перечнем переменных проектирования, сложностью и точностью решаемой задачи, конкретизацией и количеством выходных параметров и характеристик разрабатываемой антенной системы.

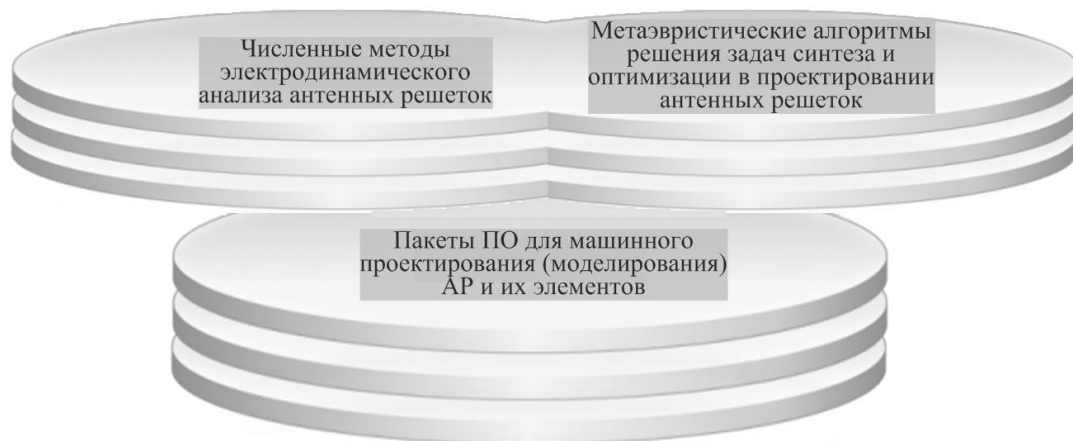


Рисунок 5 – Совокупность методологического инструментария проектирования линзовых антенных решеток РЭС СВЧ-диапазона

Одним из направлений совершенствования элементов методологии разработки линзовых антенных решеток является систематизация численных методов электродинамического анализа и уточнение границ и областей применения этих методов в ходе проектирования различных типов антенн и их элементов как составляющих элементов и подсистем линзовых АР. Второе направление – это классификация методов локальной и глобальной оптимизации параметров линзовых АР и обоснование возможности применения метаэвристических и гибридных алгоритмов решения задач оптимизации значений этих параметров в процессе проектирования.

ВЫВОДЫ

Проектирование и разработка линзовых антенных решеток требует создания качественных математических моделей, адекватно описывающих оптические и физические процессы с учетом конструктивных особенностей и функциональных возможностей СВЧ-линз. Для оценки результатов грубого и точного моделирования параметров и структуры линзовых АР на основе современных САПР необходимо систематизировать численные методы электродинамического анализа, положенные в основу процедур компьютерного моделирования СВЧ-структур, что позволит корректно и обоснованно выбирать эффективные инструменты для проведения параметрического анализа и синтеза элементов линзовых антенных решеток.

В основу систем проектирования линзовых АР необходимо положить алгоритмы синтеза разрабатываемых антенных решеток, которые обеспечивают не только перебор значений, а реализуют целенаправленный поиск оптимального набора параметров линзовой антенной решетки по заданным требованиям к ней. Для этого необходима классификация метаэвристических алгоритмов решения оптимизационных задач как одного из способов сокращения времени на некоторых этапах проектирования линзовых АР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оружие и технологии России // Энциклопедия. XXI век. Системы управления, связи и радиоэлектронной борьбы. – Том XIII / под общ. ред. заместителя Председателя Правительства РФ Министра обороны РФ С. Иванова. – М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2006. – 695 с.
2. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки: 2-е изд. – М.: Техносфера, 2012. – 560 с.
3. Christopher W. Penney. Rotman Lens Design and Simulation in Software. – IEEE Microwave magazine, 2008. – P. 138-149.
4. Ozlem Kilic, Steven J. Weiss. Rotman Lens Applications for the US Army: A Review of History, Present, and Future. – Radio Science Bulletin. № 333. URSI, c/o Ghent University (INTEC) St.-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 Gent (Belgium), June 2010. – P. 10-23.
5. Рыжиков, А.Г. и др. Исследование характеристик антенной решетки на основе линзы Ротмана и антенн с эллиптическими плечами / А.Г. Рыжиков, С.А. Слинчук, С.М. Федоров, В.И. Чугуевский / Вестник Воронежского государственного технического университета, 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 49-52.
6. Ахияров В.В., Калошин В.А., Никитин Е.А. Исследование широкополосных планарных линз Люнеберга. – Журнал радиоэлектроники, 2014. – № 1 [Электронный ресурс]. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan14/18/text.pdf> (дата обращения: 16.04.2016).
7. Федоров С.М. Сверхширокополосные линзовые антенны с коммутационным сканированием в азимутальной плоскости: диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский ГТУ», 2013. – 146 с.
8. Alam A.H.M. and other. MEMS switch for designing a multi-band reconfigurable antenna / Alam A.H.M., Islam M.R., Khan S., Farhana S., Sahar N.B.M., Zamani N.B. / Electrical and Computer Engineering, 2008. – ICECE 2008. International Conference on, Dec. 2008. – P. 255-260.
9. Перфильев В.В. Разработка СВЧ-устройств с использованием методов геометрической оптики: диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 206 с.
10. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика / под ред. Ю.В. Пименова: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 2000. – 536 с.
11. Воскресенский Д.И. и др. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток / Д.И. Воскресенский, В.С. Филиппов, Л.И. Пономарев, А.Ю. Гринев и др. / под ред. Д.И. Воскресенского. – 2-е изд., доп. и перераб.: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1994. – 592 с.
12. Зелкин Е.Г., Петрова, Р.А. Линзовые антенны. – М.: Советское радио, 1974. – 280 с.
13. Пластиков А. Автоматизация процесса проектирования антенн и устройств СВЧ в современных программных комплексах электродинамического моделирования. Ч. 5. Моделирование линзы Люнеберга в САПР Agilent EMPro. – Современная электроника, 2012. – № 8. – С. 56-63.
14. Банков С.Е. Антенные решетки с последовательным питанием. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 416 с.
15. Воскресенский Д.И. и др. Автоматизированное проектирование антенн и устройств СВЧ / Д.И. Воскресенский, С.Д. Кременецкий, А.Ю. Гринев, Ю.В. Котов: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
16. Обуховец В.А., Касьянов А.О. Микрополосковые отражательные антенные решетки. Методы проектирования и численное моделирование / под ред. В.А. Обуховца. – М.: Радиотехника, 2006. – 240 с.

17. Банков С.Е., Курушин А.А. Практикум проектирования СВЧ-структур с помощью FEKO. – М.: ЗАО «НПП «РОДНИК», 2009. – 200 с.

Кочетков Вячеслав Анатольевич

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 910 747 05 16
E-mail: buhtins@mail.ru

Сивов Александр Юрьевич

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 910 747 05 16
E-mail: sivov_au@mail.ru

Солдатов Игорь Викторович

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 920 083 84 36
E-mail: putnicorel@mail.ru

Тихонов Алексей Викторович

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук
Тел.: 8 920 083 84 36
E-mail: putnicorel@mail.ru

Шишкин Николай Викторович

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Доктор технических наук, доцент
Тел.: 8 920 083 84 36
E-mail: putnicorel@mail.ru

V.A. KOCHETKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

A.Yu. SIVOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

I.V. SOLDATIKOV (*Employee*)

A.V. TIXONOV (*Candidate of Engineering Sciences*)

N.V. ShISHKIN (*Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor*)
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

**CURRENT STATE AND OPTIONS FOR IMPROVEMENT OF ELEMENTS OF THE DESIGN
ELEMENTS OF THE METHODOLOGY OF THE LENS ANTENNA ARRAYS
OF MICROWAVE RADIO-ELECTRONIC SYSTEMS**

The article discusses the current state of the design elements of the methodology of the lens antenna arrays of radio-electronic systems of microwave range. As part of the content of the general theory of the development of antenna arrays a conceptual approach to the design of beam circuit and antenna arrays, as well as the main stages of the design of the lens array antennas as a result of electrodynamic and asymptotic methods of modeling parameters of such antennas are given. Possible future directions for improving elements of the methodology of designing radio-electronic microwave lens antenna arrays are shown.

Keywords: *lens arrays; design of antenna arrays; design methodology; microwave lens beamforming scheme; multi-beam antenna.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Oruzhie i texnologii Rossii // E'nciklopediya. XXI vek. Sistemy' upravleniya, svyazi i radioe'lektronnoj bor'by. – Tom XIII / pod obshh. red. zamestitelya Predsedatelya Pravitel'stva RF Ministra oborony' RF S. Ivanova. – M.: Izdatel'skij dom «Oruzhie i texnologii», 2006. – 695 s.
2. Xansen R.S. Fazirovanny'e antennoy'e reshetki: 2-e izd. – M.: Texnosfera, 2012. – 560 s.
3. Christopher W. Penney. Rotman Lens Design and Simulation in Software. – IEEE Microwave magazine, 2008. – P. 138-149.
4. Ozlem Kilic, Steven J. Weiss. Rotman Lens Applications for the US Army: A Review of History, Present, and Future. – Radio Science Bulletin. № 333. URSI, c/o Ghent University (INTEC) St.-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 Gent (Belgium), June 2010. – P. 10-23.
5. Ry'zhikov, A.G. i dr. Issledovanie xarakteristik antennoj reshetki na osnove linzy Rotmana i anten s e'llipticheskimi plechami / A.G. Ry'zhikov, S.A. Slinchuk, S.M. Fedorov, V.I. Chuguevskij / Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2012. – T. 8. – № 3. – S. 49-52.
6. Axiyarov V.V., Kaloshin V.A., Nikitin E.A. Issledovanie shirokopolosny'x planarny'x linz Lyuneberga. – Zhurnal radioe'lektroniki, 2014. – № 1 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan14/18/text.pdf> (data obrashheniya: 16.04.2016).
7. Fedorov S.M. Sverxshirokopolosny'e linzovy'e antennoy' s kommutacionny'm skanirovaniem v azimutal'noj ploskosti: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n. – Voronezh: FGBOU VPO «Voronezhskij GTU», 2013. – 146 s.
8. Alam A.H.M. and other. MEMS switch for designing a multi-band reconfigurable antenna / Alam A.H.M., Islam M.R., Khan S., Farhana S., Sahar N.B.M., Zamani N.B. / Electrical and Computer Engineering, 2008. – ICECE 2008. International Conference on, Dec. 2008. – P. 255-260.
9. Perfil'ev V.V. Razrabotka SVCh-ustrojstv s ispol'zovaniem metodov geometricheskoj optiki: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n. – M.: Nacional'ny'j issledovatel'skij universitet «Vy'sshaya shkola e'konomiki», 2013. – 206 s.
10. Pimenov Yu.V., Vol'man V.I., Muravcov A.D. Texnicheskaya e'lektrodinamika / pod red. Yu.V. Pimenova: uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Radio i svyaz', 2000. – 536 s.
11. Voskresenskij D.I. i dr. Antennoy' i ustrojstva SVCh. Proektirovanie fazirovanny'x antennoy'x reshetok / D.I. Voskresenskij, V.S. Filippov, L.I. Ponomarev, A.Yu. Grinev i dr. / pod red. D.I. Voskresenskogo. – 2-e izd., dop. i pererab.: uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Radio i svyaz', 1994. – 592 s.
12. Zelkin E.G., Petrova, R.A. Linzovy'e antennoy'. – M.: Sovetskoe radio, 1974. – 280 s.
13. Plastikov A. Avtomatizaciya processa proektirovaniya anten i ustrojstv SVCh v sovremenny'x programmny'x kompleksax e'lektrodinamicheskogo modelirovaniya. Ch. 5. Modelirovanie linzy' Lyuneberga v SAPR Agilent EMPro. – Sovremennaya e'lektronika, 2012. – № 8. – S. 56-63.
14. Bankov S.E. Antennye reshetki s posledovatel'nym pitaniem. – M.: FIZMATLIT, 2013. – 416 s.
15. Voskresenskij D.I. i dr. Avtomatizirovannoe proektirovanie anten i ustrojstv SVCh / D.I. Voskresenskij, S.D. Kremeneckij, A.Yu. Grinev, Yu.V. Kotov: uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Radio i svyaz', 1988. – 240 s.
16. Obuxovec V.A., Kas'yanov A.O. Mikropoloskovy'e otrazhatel'ny'e antennoy'e reshetki. Metody' proektirovaniya i chislennoe modelirovanie / pod red. V.A. Obuxovca. – M.: Radiotexnika, 2006. – 240 s.
17. Bankov S.E., Kurushin A.A. Praktikum proektirovaniya SVCh-struktur s pomoshh'yu FEKO. – M.: ZAO «NPP «RODNIK», 2009. – 200 s.

УДК 004.75, 007.51

В.М. МИРОНОВ, С.А. ТРОФИМЕНКОВ

ВАРИАНТЫ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ VSAT-СЕТЬЮ

Статья посвящена проблеме развития отечественных VSAT-сетей в условиях финансовых ограничений с одной стороны и нехваткой спутникового ресурса и требованиями повышения эффективности его использования с другой. На основе анализа функционала систем управления существующих систем-прототипов определены требования к принципам построения единой системы управления, а также выделены варианты подходов к разработке аппаратной части.

Ключевые слова: VSAT-сети; управление оборудованием; распределенные системы; многостанционный доступ.

Развитие технологий спутниковой связи неуклонно ведет к снижению стоимости трафика, передаваемого через спутниковый канал. Появление технологии VSAT позволило, по сути, убить сразу двух зайцев для потребителей – повысить скорость передачи данных и снизить стоимость терминального оборудования до уровня сопоставимого с проводными решениями. Кроме того, VSAT-система позволяет более эффективно использовать выделенный частотный ресурс транспондера, что является чуть ли не определяющим фактором при выборе технологии построения системы спутниковой связи в условиях глобального дефицита этого ресурса [1].

Задача импортозамещения в части, касающейся телекоммуникаций, особенно остро стоит в области спутниковой связи. Если для обычных спутниковых линий связи «точка-точка» отечественное оборудование еще присутствует (ЛОНИИР, «Этра-плюс» и др.), то для систем VSAT отечественная промышленность пока ничего предложить не может [2]. В лучшем случае отечественный производитель выступает лишь в качестве интегратора, пользуясь наработками зарубежных компаний. Таким образом, задача разработки отечественной системы управления VSAT-сетью, построенной на основе отечественного модемного оборудования, является актуальной.

В работах [3] и [4] представлены подходы к решению некоторых аспектов данной задачи, связанных с интеграцией в единую сеть телекоммуникационного оборудования различных производителей, а также с обеспечением синхронизации и управления этим оборудованием из единого центра. В настоящей статье рассматриваются вопросы функционального наполнения системы управления VSAT-сетью и варианты развития технологического оборудования для VSAT-сетей отечественного производства.

Существует достаточно широкий спектр решений по построению VSAT-сетей. Основными игроками на этом рынке можно назвать iDirect, Hughes, Gilat, ComtechEFData и некоторых других. Вместе с тем существующие VSAT-сети обладают общими чертами построения и управления.

В общем случае система управления VSAT сетью имеет целью оперативное управление узлами сети, оборудованием и услугами связи. Основными задачами системы управления (СУ) являются:

- устойчивое, непрерывное, оперативное и скрытное управление VSAT-сетью;
- рациональное использование выделенного частотного ресурса;
- обеспечение MESH-соединения абонентов сети;
- обеспечения соединения абонентов сети, находящихся в зоне покрытия разных спутников, а также кроссдиапазонного соединения;

Обычно VSAT-сеть подразумевает систему спутниковой связи, построенной по топологии «звезда», в центре которой находится один или несколько (включая резервные)

стационарных центральных узлов связи (хабов) (рис. 1), а на концах лучей – терминалы абонентов.

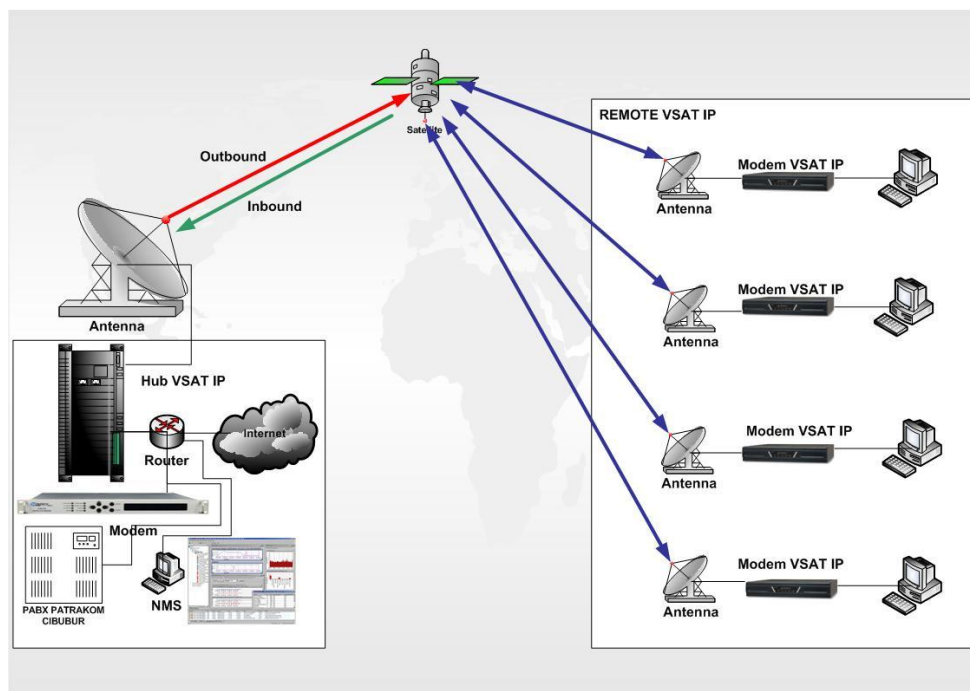


Рисунок 1 – Общий вид VSAT-сети

Хаб обеспечивает передачу высокоскоростного прямого канала формата IP-HDLC, либо TDM (например, DVB-S, DVB-S2), который принимают все терминалы. Терминалы взаимодействуют с хабом, используя обратный канал, доступ к которому обеспечивается методом TDMA, CDMA, MF-TDMA и т.п. Для обеспечения требований масштабируемости СУ строится по модульному принципу и представляет из себя распределенную информационно-аналитическую систему. На центральной станции обычно функционирует система управления сетью (Network Management System, NMS), обеспечивающая управление сетью в целом. Непосредственно на хабе и терминалах функционирует удаленная часть системы управления – программный агент, обеспечивающий целостность протоколов управления сетью и взаимодействие интеллектуального ядра сети с оборудованием.

NMS обеспечивает управление конфигурацией сети, сбор и аналитическую обработку телеметрии терминалов, распределение ресурсов сети между терминалами, контроль состояния оборудования сети, предоставление оператору сети информации о ее состоянии. В состав NMS обычно входят следующие программные модули:

- ядро;
- модуль интерфейса;
- модуль удаленного управления оборудованием сети;
- модуль планирования выделенных (MESH) соединений;
- модуль планирования и визуализации частотного ресурса сети.

Удаленный программный агент обеспечивает взаимодействие NMS и телекоммуникационного оборудования сети. Кроме того, в некоторых случаях агент, функционирующий на хабе, обеспечивает синхронизацию кластера (терминалов, взаимодействующих с этим хабом). В состав агента обычно входят следующие модули:

- ядро;
- модуль интерфейса;
- набор модулей взаимодействия с оборудованием связи (конкретными моделями модемов, управляемыми по Ethernet/IP/SNMP или RS-232/485).

С целью обеспечения устойчивого управления сетью реализуется система резервирования, позволяющая сохранять информацию о настройках системы связи в распределенной БД и перевод в случае необходимости управления сетью на резервную центральную станцию.

Задача непрерывного управления сетью обеспечивается постоянным мониторингом состояния оборудования узлов сети, оповещением оператора сети о нештатных ситуациях.

Оперативное управление сетью реализуется автоматической коррекцией параметров соединения, определения потребностей в дополнительном ресурсе для абонентов и автоматическом управлении частотно-временными ресурсами сети.

Скрытность управления достигается применением маскирования (шифрования) канала управления, удалением признаков принадлежности пакетов тому или иному терминалу. Кроме того, некоторые СУ позволяют функционировать сети в режиме радиомолчания, с выходом из него по сигналу от хаба или терминала, наделенного достаточными для этого полномочиями.

Задача минимизации и рационального использования выделенного для сети частотного ресурса решается следующими способами:

- временной. NMS производит анализ собранной телеметрии кластера и определяет на его основе потребность того или иного терминала в дополнительном временном ресурсе с учетом приоритета терминала. Полученные оценки закладываются в следующий план распределения частотно-временного ресурса кластера и отправляются на хаб;

- параметрический. В случае, если временной ресурс приемника хаба исчерпан, NMS делает попытку увеличить его, изменяя параметры приема без изменения занимаемой полосы частот (повышает скорость, изменяя при этом модуляцию-кодирование-скорость кода);

- частотный. В случае, если параметрический способ исчерпан (терминалы не могут обеспечить уровня передачи, достаточного для качественного приема хаба), ПО NMS расширяет полосу приема хаба при сохранении или снижении требований по модуляции-кодированию;

- модульный. Если достигнут предел в частотном расширении полосы обратного канала, хаб включает дополнительный модуль приема (организует дополнительный обратный канал) и переводит часть терминалов на него.

Перечисленные способы могут применяться как отдельно, так и в комплексе, итерационно (после применения способа более высокого порядка NMS делает попытку дальнейшего увеличения пропускной способности обратного канала с помощью способов более низкого порядка).

При снижении требований терминалов к пропускной способности NMS уменьшает занимаемую полосу частот обратного канала, применяя эти же способы в обратном порядке.

Кроме того, при возникновении необходимости предоставления терминалу выделенного канала (например, при включении видеотелефонии или по запросу) NMS использует для этой цели дополнительный модуль приема хаба. Характеристики выделенного канала также меняются в зависимости от потребностей терминала с использованием перечисленных способов, за исключением временного.

Учитывая то, что терминалы могут располагаться в разных зонах приема и обладать разными антенными трактами, очевидно, что при таком подходе NMS ориентируется на терминал с худшими условиями приема/передачи. Для устранения этого используются сигналы DVB-S2 для прямого и DVB-RCS для обратного каналов, позволяющие для каждого терминала подобрать оптимальные параметры приема/передачи.

Задача MESH-соединения абонентов сети решается в зависимости от типа запроса (видеотелефония или данные), требуемой полосы пропускания и может осуществляться внутриполосно (когда дополнительные приемники терминалов видят таймслоты (или частоты, коды) друг друга и передают в них данные) или внеполосно, когда NMS выделяет

необходимые полосы частот для терминалов. Основные приемники при этом остаются на приеме прямого канала хаба. Также внеполосно обеспечиваются синхронные (Nx64) каналы связи между абонентами.

NMS может одновременно контролировать несколько кластеров с хабами, передающими сигнал на различные спутники в различных диапазонах, обеспечивая, таким образом, соединение абонентов, находящихся в зоне покрытия разных спутников через коммутатор центральной станции в двухскачковом режиме.

Описанный функционал является наиболее общим и представлен в большинстве распространенных систем управления VSAT-сетями, однако для его реализации при создании отечественной системы управления VSAT-сетью необходимо использовать оборудование, отвечающее определенным требованиям.

ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ СВЯЗИ (МОДЕМАМ)

СУ может разрабатываться без учета конкретной аппаратной платформы модемов. Однако от применяемой технологической базы оборудования связи зависят конечные характеристики создаваемой сети, такие, как абонентская емкость кластера, оптимальность использования ресурса и т.п.

В целом очевидны три варианта применения СУ на различных аппаратных платформах – как существующих, так и перспективных.

Вариант 1. Применение в составе хаба и терминалов стандартных серийных модемов, предназначенных для работы в режиме SCPC

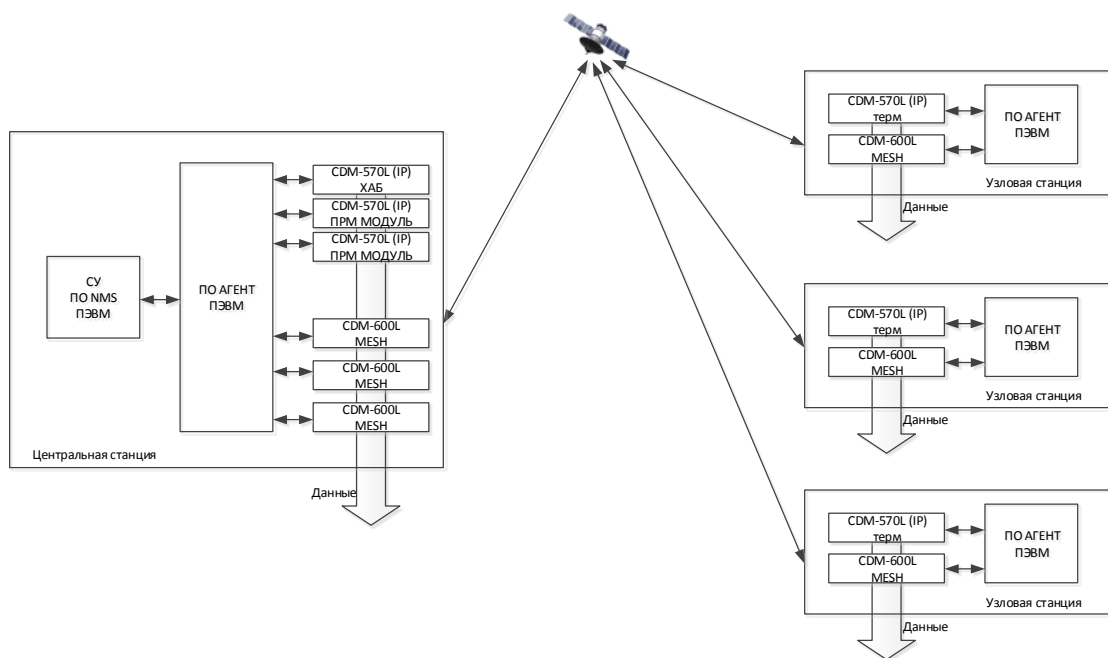


Рисунок 2 – Пример использования СУ на сети, построенной с использованием серийных модемов

Преимущества этого подхода в доступности оборудования связи, а также в возможности быстрой адаптации конкретного образца требованиям СУ (создании модуля взаимодействия). В одной сети могут работать встречно модемы различных производителей.

К недостаткам можно отнести:

- использование единственного метода доступа – TDMA (МДВР), обусловленное наличием только одного стандартного демодулятора на приеме хаба (центральной станции);
- невысокую емкость кластера (5-8 терминалов), определяемую величиной допустимого таймслота (около 250 мс в общем случае);

- низкую скорость реакции модема на команды управления, поступающие от ПО Агент (от 10 мс до 100 мс);
- трудности оперативного формирования телеметрических данных о модеме;
- необходимость использования ПЭВМ для размещения программного агента;
- необходимость использования второго модема для обеспечения MESH-соединения абонента терминала.

Вариант 2. Применение в составе хаба и терминалов модемов, предоставляющих возможность выполнения программного кода на базе встроенной ПЭВМ

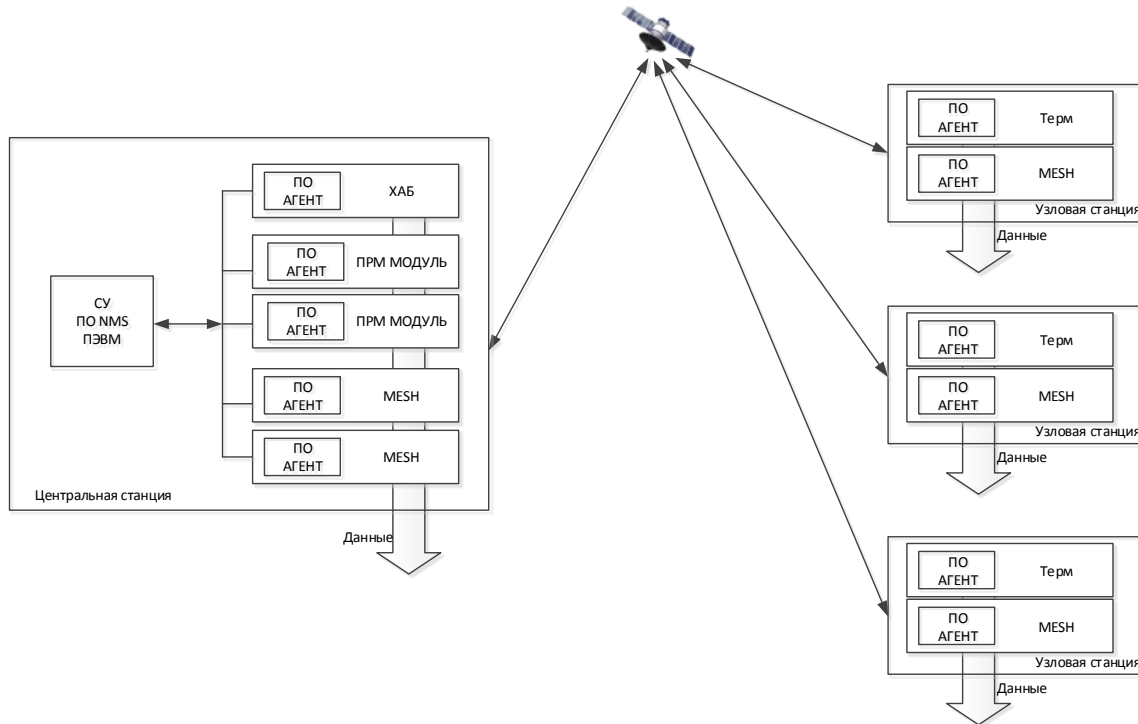


Рисунок 3 – Пример использования СУ на сети, построенной с использованием модемов, предоставляющих возможность выполнения программного кода на базе встроенной ПЭВМ

Этот вариант применения позволяет снизить время доступа к аппаратному обеспечению модема, в результате чего снижается минимально допустимый размер таймслота (до 20-50 мс) что позволяет существенно повысить емкость кластера (20-30 терминалов). Кроме того, перенос ПО Агент на аппаратную платформу позволяет исключить ПЭВМ из состава терминального узла связи. В составе модема могут использоваться стандартные промышленные ПЭВМ с различной архитектурой.

Вместе с тем остаются ограничения на взаимодействие с аппаратными ресурсами модема, определяемые его разработчиком. Например, невозможно определить порядок формирования сигнала, структуру кадра, служебных полей, аппаратный интерфейс взаимодействия с ПЭВМ и т.п.

Кроме того, ограничена возможность использования в качестве терминалов стандартных SCPC- модемов.

Вариант 3. применение в составе хаба и терминалов гибких аппаратно-программных платформ (АПП)

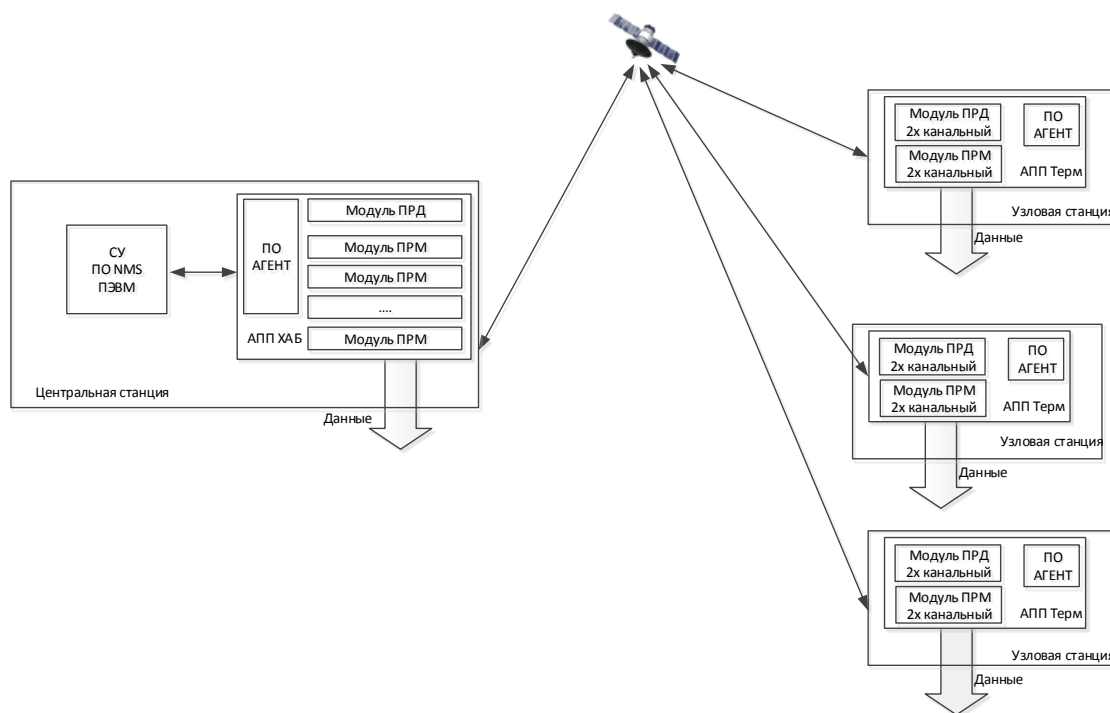


Рисунок 4 – Пример использования СУ на сети, построенной на базе гибких аппаратно-программных платформ

В данном случае предполагается использование двух видов аппаратно-программных платформ – для хаба с модульной конструкцией мезонинного типа и для терминала, имеющего в своем составе двухканальные передатчик и приемник.

Гибкость платформы заключается в доступе к сигналу на всех этапах его формирования, что позволяет реализовывать различные технологии множественного доступа, включая DVB-S2/RCS, а также технологии «несущая-в-несущей» (как симметричной – Carrier-in-Carrier, так и асимметричной – PCMA) .

Модульность АПП хаба позволяет наращивать абонентскую емкость кластера при методе доступа MF-TDMA или CDMA (сотни терминалов на кластер).

Двухканальная АПП терминала позволяет обеспечить MESH-соединение абонентов терминала, оставаясь под полным управлением хаба.

К недостаткам данного подхода относятся сравнительно высокая стоимость АПП, высокая трудоемкость разработки ПО для АПП.

Задача импортозамещения в области телекоммуникаций является актуальной и давно назревшей как с экономической точки зрения, так и с точки зрения безопасности государства. От уровня локализации систем связи, используемых в процессах управления, зависит их защищенность и независимость в плане поставок оборудования и программного обеспечения.

В статье представлены подходы к разработке собственных систем спутниковой связи, отличающиеся по финансово-экономическим и технологическим показателям конечного результата.

Вариант 1 может использоваться разработчиком для создания системы спутниковой связи на основе уже имеющихся стандартных спутниковых модемов. Прототипом такой системы может служить Vipersat (ComtechEFData). Затраты на создание системы относительно невысокие, конечный результат может использоваться как система связи для компании с небольшим количеством филиалов и уже имеющимся парком спутникового оборудования.

Вариант 2 похож на первый, однако требует более глубокой интеграции с разработчиком аппаратной части спутникового оборудования. Затраты на создание

спутниковой системы связи – средние, прототипом также является система Vipersat. Область применения – ведомственные сети.

Вариант 3 наиболее затратен как по финансовым показателям, так и по интеллектуальным. Однако результат по своим характеристикам окажется сопоставим с такими системами, как Hughes или iDirect, и может применяться в национальном масштабе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кантор Л.Я. Расцвет и кризис спутниковой связи. – Электросвязь, 2007. – № 7.
2. Системы спутниковой связи российского производства. – Спутниковая связь и вещание, 2009.
3. Миронов В.М., Косухин А.С. Построение распределенной системы управления разнородным телекоммуникационным оборудованием на основе технологии Windows Communication Foundation. – Системы управления и информационные технологии, 2013. – № 1.1(51). – С. 173-178
4. Миронов В.М., Косухин А.С. Вариант использования стандартных спутниковых модемов для построения VSAT-сети. – Символ науки, 2015. – № 9.

Миронов Вадим Михайлович

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Тел.: 8 953 473 34 01
E-mail: vmironov@mail.ru

Трофименков Сергей Андреевич

ФГКБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Адъюнкт
Тел.: 8 903 883 21 24
E-mail: inst.ant@mail.ru

V.M. MIRONOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)

S.A. TROFIMENKOV (*Adjunct*)

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

WAYS OF DEVELOPING VSAT CONTROL SYSTEMS

The article is devoted to the development of domestic VSAT-networks in terms of financial constraints on the one hand and the lack of satellite capacity and requirements increase the efficiency of its use - on the other. Based on the analysis of the functional control systems of existing systems of prior art, defines the requirements for the principles of building a unified management system, as well as highlight the approaches to the development of the hardware.

Keywords: VSAT-networks; equipment management; distributed systems; multiple accesses.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kantor L.Ya. Rascvet i krizis sputnikovoj svyazi. – E'lektrosvyaz', 2007. – № 7.
2. Sistemy' sputnikovoj svyazi rossijskogo proizvodstva. – Sputnikovaya svyaz' i veshhanie, 2009.
3. Mironov V.M., Kosuxin A.S. Postroenie raspredelennoj sistemy' upravleniya raznorodnym telekommunikacionny'm oborudovaniem na osnove texnologii Windows Communication Foundation. – Sistemy' upravleniya i informacionny'e texnologii, 2013. – № 1.1(51). – S. 173-178
4. Mironov V.M., Kosuxin A.S. Variant ispol'zovaniya standartny'x sputnikovy'x modemov dlya postroeniya VSAT-seti. – Simvol nauki, 2015. – № 9.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДЕ ПОРТАЛА ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

В статье представлена методика анализа характеристик процессов обработки информации в среде информационного портала, базирующаяся на методе графической оценки и анализа (Graphical Evaluation and Review Technique – GERT), отличающаяся тем, что она адекватно позволяет определить средние значения характеристик рассматриваемых сложных процессов, особенно в тех случаях, когда затруднительно однозначно определить, какие именно процессы и в какой последовательности должны быть выполнены для достижения цели. Методика учитывает структуру среды информационного портала и последовательность выполняемых вычислительных этапов обработки информации, а также динамическое изменение вероятностно-временных характеристик в них.

Ключевые слова: информационный портал; обработка информации; стохастические сети; алгоритм.

ВВЕДЕНИЕ

При решении задач, возникающих в процессе разработки алгоритмов обработки информации в среде информационного портала органов исполнительной власти (ИП ОИВ), появляется потребность в сведениях о характеристиках алгоритма, не содержащихся в дисперсии, и математическом ожидании анализируемой случайной величины [1, 2]. К классу таких задач следует отнести:

- выявление распределения времени доставки массива данных заданного приоритета и длины (фиксированной или переменной) в сквозном тракте среды ИП «пользователь-отправитель – пользователь-получатель»;
- определение характеристик процесса занятия памяти в межсетевых шлюзах и компонентах среды информационного портала (КИП) в динамике обмена массивами данных;
- определение характеристик производительности КИП.

Для решения поставленной задачи применяется метод графической оценки и анализа (МГОА), а компоненты среды ИП ОИВ – в качестве узлов стохастических сетей, рассмотренных в общей трактовке в [3]. В процессе решения задачи введены ограничения, обусловленные отсутствием последствия при обработке массивов данных в КИП [4].

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА МАССИВАМИ ДАННЫХ В СРЕДЕ ИП ОИВ

Последовательность действий в процессе реализации обмена массивами данных алгоритма обработки информации B' представим в соответствии общими принципами МГОА множеством узлов и ориентированных дуг, объединенным стохастической сетью. Отметим, что в этом случае дискретные состояния технических и программных средств соответствуют узлам, участвующим в реализации алгоритма обработки информации. Что касается возможных направлений движения в пространстве дискретных состояний, то они могут в этом случае описываться соответствующими дугами.

В рассматриваемом классе задач обработки массивов данных примем следующие условия:

1. Если на любой вход каждого узла поступает сигнал только по одной из возможных дуг, то входная функция характеризуется выполнением операции.
2. Выходные функции узлов алгоритма обработки информации классифицируются как детерминированные и вероятностные. В случае вероятностного характера функций и

узлов должно выполняться равенство $\sum_{k'=1}^{z^0} \bar{w}_{k'} = 1$, где z^0 – число дуг, исходящих из узла

алгоритма обработки информации, $\bar{w}_{k'}$ – вероятность включения k' -й дуги (рис. 1).

3. Процессы, связанные с реализацией операций в отдельных узлах алгоритма обработки информации, будем полагать независимыми. Это позволяет утверждать, что данная модель не может быть применена для алгоритмов обработки информации, описываемых сложными цепями Маркова, или если такие цепи используются в качестве компонентов общего описания.

4. Исследуемые характеристики алгоритма обработки информации обладают свойством аддитивности.

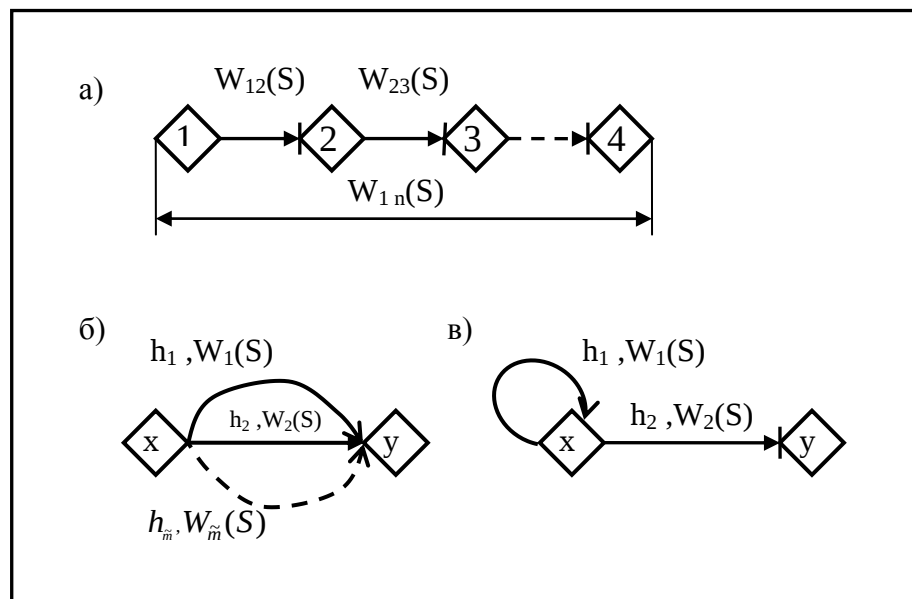


Рисунок 1 – Выходные функции узлов алгоритма обработки информации в КИП

Условия 1-4 позволяют трактовать анализируемые алгоритмы обработки информации как стохастические сети, содержащие МГОА-узлы и МГОА-дуги [5]. Общее описание стохастических сетей, отображающих конкретные алгоритмы обработки информации, может быть сделано с учетом условий 1-4 стандартными методами вероятностных графов.

Представим алгоритм обработки информации B' в виде стохастической сети $K^0 (D^0, C^0)$, которая включает множество D^0 МГОА-узлов и C^0 МГОА-дуг. Для каждой пары узлов $x, y \in D^0$ стохастической сети алгоритма обработки информации K^0 введем условные вероятности (при дискретном распределении) или плотность распределения (при непрерывном распределении) $f(g_{xy})$ случайной величины характеристики алгоритма g_{xy} . Тогда, если узлы x, y не соединены, то принимает значение $f(g_{xy}) = 0$.

Каждой паре МГОА-узлов $x, y \in D^0$ может соответствовать ряд анализируемых характеристик g_{xy} . Предположим, что часть анализируемых характеристик задается дискретными, а часть – непрерывными распределениями. Отметим, что задание характеристик таким образом типично для расчета достоверности массивов данных. Что касается времени доставки массива данных, то здесь целесообразно применение непрерывных распределений. Такая градация при выборе распределения анализируемых характеристик является несколько условной. Это обусловлено тем, что всегда может иметь место предельный переход от дискретной величины к непрерывной. Такие условия могут возникнуть при достаточно большом значении длины массива данных.

Введем совокупность условных функций производящих моментов (ФПМ) случайной величины анализируемых характеристик алгоритма обработки информации g_{xy} с аргументом состояний s , определяемых как $M_{xy}(s) = E[e^{sg_{xy}}]$, где E – символ усреднения по всем реализациям характеристик алгоритма g_{xy} . Применительно к первой постановке

$$M_{xy}(s) = \sum_{R_{xy}} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}), \quad (1)$$

где R_{xy} – множество реализаций характеристик алгоритма обработки информации g_{xy} при движении по дуге (x, y) . В случае одной реализации алгоритма обработки информации отмечается непосредственная доставка массива данных. В другом случае доставка осуществляется после привлечения специальных алгоритмов восстановления. Этот случай возникает вследствие ошибок и сбоев в стохастической сети, охватываемой алгоритмом.

Применительно ко второму случаю

$$M_{xy}(s) = \int_{G_g^a}^{G_g^b} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}) dg_{xy}, \quad (2)$$

где $[G_g^a, G_g^b]$ – диапазон изменения непрерывной случайной величины.

Независимо от характера g_{xy} определим полную информацию обо всех процессах в стохастической сети алгоритма обработки информации в виде совокупности W -функций, имеющих место при прохождении массива данных по КИП.

$$W_{xy}(s) = p_{xy} M_{xy}(s), x, y \in D^0. \quad (3)$$

Такая совокупность функций в дальнейшем будет являться основной для нахождения W -функций стохастической сети алгоритма обработки информации в целом, соответствующей сквозному тракту реальной среды, контролирующему алгоритмом.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБО ВСЕХ ПРОЦЕССАХ В СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕТИ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ W -ФУНКЦИИ СКВОЗНОГО ТРАКТА В КИП

Определяя вероятностные графы алгоритмов обработки информации для КИП, рассмотрим наиболее типичные конфигурации фрагментов стохастических сетей, которые удовлетворяют условиям 1-4 принадлежности к МГОА-сетям.

1. Последовательное соединение $n-1$ дуг, разделяемых n МГОА-узлами (рис. 1(а)). Так как, ФПМ суммы независимых случайных величин характеристик алгоритма обработки информации в стохастической сети алгоритма обработки информации равна произведению ФПМ последних, а $p_{xx+1} = 1$, то результирующая полная информации обо всех процессах W -функция последовательного соединения

$$W_{1n}(s) = \prod_{x=1}^{n-1} W_{xx+1}. \quad (4)$$

Данное выражение характеризует алгоритм обработки информации между конечными узлами в КИП.

2. Параллельные ветви алгоритма обработки информации с вероятностями включения $h_1, h_2, \dots, h_m$ (рис. 1(б)). Такая ситуация возникает при следующих процедурах алгоритмов [6,7]:

- возможность доставки одного и того же массива данных при многоканальной процедуре передачи кадров по параллельным независимым направлениям;
- включение процедуры восстановления, которая приводит к тому, что переход из узла x в узел y стохастической сети алгоритма обработки информации может произойти в

результате движения по основной дуге графа алгоритма, а также вследствие однократного (многократного) действия процедуры восстановления в случае нарушения движения по основной дуге (например, повторной синхронизации).

В этом случае результирующая W -функция полной информации обо всех процессах в стохастической сети алгоритма обработки информации может быть представлена

$$W_{xy}(s) = \sum_{\tilde{p}=1}^{\tilde{m}} W_{\tilde{\mu}}(s). \quad (5)$$

3. Циклы, ограничивающие возможность достижения соседнего узла стохастической сети (рис. 1(в)). Процедура многократной передачи массива данных включается в случае воздействия среды и, как следствие интенсивных ошибок, воздействующих на поле управления и/или область данных при реализации основной ветви алгоритма обработки информации. Например, циклами характеризуются последовательные попытки передать пакет при искаженной проверочной области или последовательность действий по доставке многопакетного сообщения в КИП [6].

В случае, если число последовательных передач массива данных достаточно велико, то стохастическая сеть алгоритма обработки информации (рис. 1 (в)) может быть преобразована в сеть (рис. 2), не содержащую циклов.

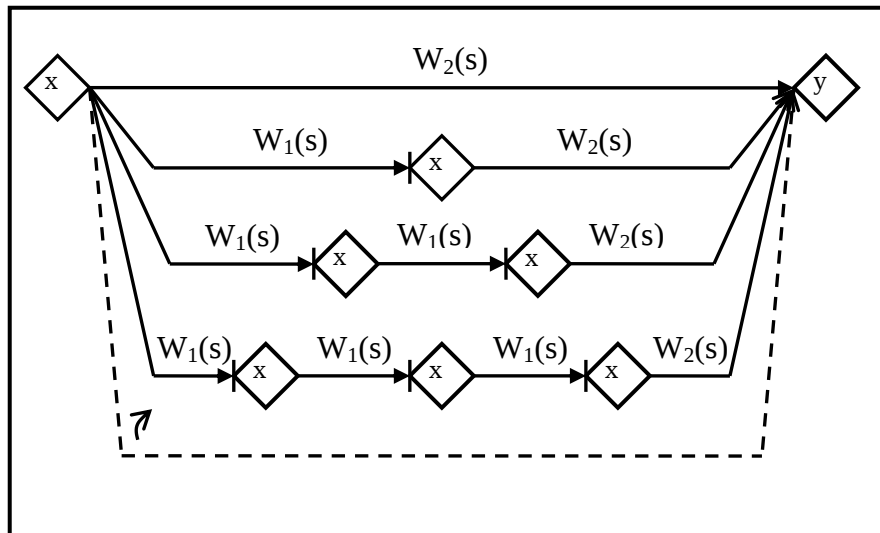


Рисунок 2 – Сеть алгоритма обработки информации, не содержащая циклов

В этой стохастической сети алгоритма обработки информации каждая параллельная ветвь отображает многошаговый процесс цикла с дискретными состояниями, включающий определенное число движений по нему и последнее движение по дуге (x, y) .

Исходя из правил вычисления W -функций, при последовательном и параллельном соединении дуг определим результирующую функцию стохастической сети алгоритма обработки информации с циклом (рис. 2) .

$$W_{xy}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{\infty} [W_1(s)]^i \frac{W_2(s)}{1 - W_1(s)}. \quad (6)$$

При ограничении числа повторных передач массива данных значением L_a стохастическая сеть алгоритма обработки информации (рис. 1(в)) уже неправомерна. В этом случае алгоритм отображается сетью (рис. 2), содержащей $L_a + 1$ параллельных ветвей, для которой

$$W_{xy}^{L_a}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{L_a} [W_1(s)]^i. \quad (7)$$

Необходимо отметить, что стохастические сети, описывающие реальные алгоритмы обработки информации, во всех рассмотренных случаях преобразуются к эквивалентной простейшей стохастической сети, состоящей из пары МГОА-узлов, и направленной дуги между ними. Получение полной информации о ветвях алгоритма обработки, с точки зрения исследуемой характеристики, связано с совокупностью случайных величин характеристик алгоритма g_{xy} и содержится в результирующей W -функции. Однако вызывает определенные затруднения возможности находить моменты распределения анализируемой характеристики алгоритма. Такие обстоятельства связаны с тем, что из результирующей W -функции нельзя выделить ФПМ эквивалентной сети. Однако существует способ такого выделения на базе общего топологического уравнения.

Ввиду того, что нет ни одной дуги, которая не входила бы в какой-либо цикл, то выполняется условие существования замкнутого потокового графа. Прием введения дополнительной направленной дуги, охватывающей все дуги и узлы стохастической сети алгоритма обработки информации, может рассматриваться как общий при их анализе. Это обусловлено тем, что порождаемые ими стохастические сети являются разомкнутыми т.к. конечный узел стохастической сети алгоритма обработки информации соответствует завершению обработки заданного массива данных и не может быть связан дугой с исходным узлом обработки. Напрашивается очевидная аналогия с поглощающими состояниями цепей Маркова.

СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ВИДЕ ОБЩИХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Предположим, что для каждой дуги известна полная информация обо всех процессах в стохастической сети алгоритма обработки информации в виде совокупности W -функций, полученных путем применения уравнений (1) – (3). Обобщенная W -функция стохастической сети алгоритма обработки информации, полученная на основании уравнения (3), применительно к любому из циклов порядка 1 может рассматриваться как произведение W -функций последовательных дуг. Рассмотрим модифицированную стохастическую сеть алгоритма обработки информации (рис. 3) как цикл порядка 1, состоящий из двух циклов с W -функциями $W^0(s)$ (полная разомкнутая стохастическая сеть) и $W^*(s)$:

$$\tilde{W}(s) = W^0(s) \cdot W^*(s) \quad (8)$$

Рассмотрим произвольный цикл порядка r , состоящий из r изолированных друг от друга циклов порядка 1. Предположим, что каждый цикл является замкнутым соединением ряда узлов и дуг. В этом случае результирующая W -функция алгоритма обработки информации этого цикла с присвоенным номером δ во множестве $\{U_r\}$ всех циклов порядка r :

$$W(r, \delta) = \prod_{f=1}^r \prod_{v^0=1}^{\alpha_f} W_{\delta, v^0}^f(s). \quad (9)$$

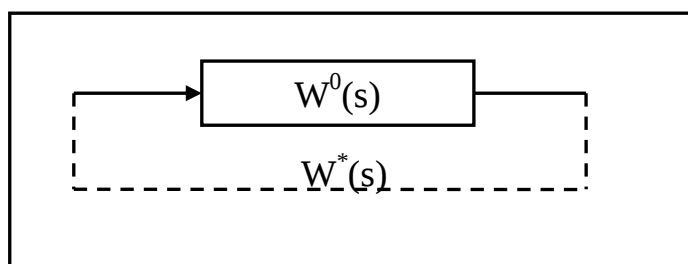


Рисунок 3 – Модифицированная сеть алгоритма обработки информации

В рассматриваемой стохастической сети $W_{\delta, r, v^0}^f(s)$ определяет W-функцию дуги с номером v^0 , принадлежащей циклу порядка 1. Рассматриваемый цикл является f-м изолированным циклом в рассматриваемом цикле порядка r с номером δ . Нетрудно видеть, что анализируемая петля порядка 1 состоит из α_f последовательных дуг.

Топологическое уравнение применительно к сформулированной задаче определяется следующим образом:

$$1 - \sum_{\delta=1}^{U_1} W(1, \delta) + \sum_{\delta=1}^{U_2} W(2, \delta) - \sum_{\delta=1}^{U_3} W(3, \delta) + \dots + (-1)^{l^0} \sum_{\delta=1}^{U_{l^0}} W(l, \delta) = 0, \quad (10)$$

где l^0 – максимальный порядок цикла, выделенного из замкнутого потокового графа, отображающего реальный алгоритм обработки информации.

Уравнение (10) связывает между собой W-функции отдельных дуг алгоритма обработки информации. При этом предполагается, что каждая из функций, согласно (2), содержит сведения как о вероятности движения по этой дуге в соответствии с ветвью алгоритма, так и частную ФПМ анализируемой характеристики при данном направлении движения алгоритма обработки информации.

С точки зрения практического приложения, здесь наибольший интерес представляет интерпретация топологического уравнения по отношению к общей структуре (рис. 3). В рассматриваемой структуре (к которой может быть сведен любой алгоритм), принадлежащий произвольному уровню архитектуры среды ИП ОИВ, рассматривается только одна петля порядка 1, и уравнение (10) вырождается в уравнение

$$1 - W^0(s)W^*(s) = 0, \quad (11)$$

откуда W-функция алгоритма обработки информации дополнительной дуги явным образом вычисляется через W-функцию полной разомкнутой стохастической сети:

$$W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}. \quad (12)$$

С другой стороны, как и всякую W-функцию алгоритма обработки информации, $W^0(s)$ можно представить в форме произведения

$$W^0(s) = \tilde{q}M^0(s), \quad (13)$$

где $M^0(s)$ есть ФПМ, анализируемой характеристики алгоритма обработки информации уже не на отдельных дугах, а применительно ко всему множеству дуг и узлов, соответствующему сквозному тракту среды ИП ОИВ. При этом $\tilde{q}$ – некоторый неизвестный коэффициент.

На основании того, что $M(s) = 1$ при $s = 0$, из уравнений (1) и (2), найдем значение коэффициента $\tilde{q} = W^0(0)$. Это позволяет получить искомую ФПМ характеристик алгоритма обработки информации:

$$M^0(s) = \frac{V^0(s)}{V^0(0)}. \quad (14)$$

Путем взятия j-й частной производной $M^0(s)$ по s может быть определен любой j-й начальный момент μ_j характеристики алгоритма обработки информации:

$$\mu_j^0 = \frac{\partial^j M^0(s)}{\partial s^j} = \frac{1}{W^0(0)} \cdot \frac{\partial}{\partial s^j} \cdot W^0(s). \quad (15)$$

АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Сформулируем следующую последовательность действий для определения начального момента μ_j характеристики алгоритма обработки информации:

1. Выявление возможности представления алгоритма обработки информации стохастической сетью, включающей дуги и МГОА-узлы по критерию отсутствия последствия.

2. Определение для каждой дуги (x, y) реализаций анализируемой характеристики алгоритма обработки информации, задаваемых случайными величинами g_{xy} .

3. Нахождение пар сомножителей анализируемой характеристики алгоритма обработки информации p_{xy} и усредненных по всем реализациям характеристик $M_{xy}(s)$. Далее определение полной информации обо всех процессах в стохастической сети алгоритма обработки информации через функции $W_{xy}(s)$ по формулам (1-3).

4. Превращение реальной стохастической сети алгоритма обработки информации в модифицированную сеть, состоящую из одной дуги и пары узлов и имеющую равнозначную W -функцию с использованием преобразований типа «последовательное соединение», «параллельные ветви», «цикл».

5. Превращение разомкнутой стохастической сети алгоритма обработки информации в замкнутый потоковый граф путем введения дополнительной дуги с функцией $W^*(s)$.

6. Выявление в замкнутом потоковом графе алгоритма обработки информации всех петель порядка 1.

7. Нахождение в стохастической сети алгоритма обработки информации всех петель порядка $2 \leq r \leq l^0$ способом последовательного перечисления r изолированных петель порядка 1.

8. Вычисление для стохастической сети алгоритма обработки информации W -функций на основании уравнения (9). Кроме того, для всех полученных циклов порядка $r = 1, l^0$, исходя из значений функции $W_{xy}(s)$, стохастической сети алгоритма обработки информации, найденных в процессе выполнения пункта 1.

9. Формирование общего топологического уравнения (10) и его решение относительно неизвестной $W^0(s)$ с учетом уравнения (11). При этом W -функция дополнительной дуги $W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}$ входит в состав по крайней мере одной петли порядка r .

10. Вычисление моментов μ_j распределения характеристики алгоритма обмена информацией согласно уравнению (15).

Функция распределения (ФР) характеристики алгоритма обработки информации может быть сформирована из ряда $\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_{\alpha}^0$ начальных моментов характеристик алгоритма обработки информации, число которых определяется заданной точностью ее представления, согласно известным процедурам, определенным в конструктивной теории функций. Рассмотренная процедура не исключает анализа алгоритма обработки информации в том случае, если он содержит отдельные независимые ветви и ряд соответствующих поглощающих состояний в случае его представления цепью Маркова. Найденные таким образом начальные моменты характеристик алгоритма обработки информации $\mu_{j|\tilde{\gamma}}^0$ задают условное распределение анализируемой характеристики алгоритма. Однако в этом случае должно быть соблюдено условие, что узел $c_{\tilde{\gamma}}(\tilde{\gamma} = 1 \dots \tilde{V})$ является стоком. В этом случае ситуация применима для анализа характеристик достоверности (помехоустойчивости) передачи массивов данных. Особенно эффективным применение данного аппарата представляется в случае, если ошибки, необнаруживаемые в процессе обмена данными, потери и вставки массивов, возникают вследствие независимых причин в среде ИП ОИВ,

что, в свою очередь, приводит к появлению ветвей алгоритма, каждая из которых связана с определенной реализацией анализируемой характеристики [7-9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика не требует аналитического представления характеристики любого алгоритма обработки информации в среде ИП ОИВ для каждой дуги стохастической сети и дает возможность задания дуги парой признаков характеристик алгоритма обработки информации p_{xy} и усредненных по всем реализациям характеристик $M_{xy}(s)$. Указанное обстоятельство позволяет формализовать общую вычислительную процедуру. Линейность основного топологического уравнения определяет обстоятельства, когда наибольшие затраты вычислительных ресурсов вызывает не его решение, а логические операции выявления циклов порядка r в замкнутом потоковом графе и нахождение полной информации о всех процессах в стохастической сети алгоритма обработки информации через их W -функции.

Внедрение ИП ОИВ, а также улучшение технико-экономических и эксплуатационных характеристик их коммуникационной среды возможно только на базе применения комплекса протоколов, ориентированных на решение задач управления в социальных и экономических системах. Вместе с тем специфика интеграции служб обработки информации приводит к необходимости регламентации других понятий, выходящих за рамки указанных моделей. К ним относятся: спецификация точки доступа пользователей к среде ИП ОИВ, службы передачи информации, типы соединения в среде портала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин А.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития. – М.: «Медиа-Пресс», 2011. – 336 с.
2. Надеин А., Кузнецов В. Корпоративные интернет-порталы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html>.
3. Еременко В.Т. Математическое моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах: монография / под общей редакцией Константинова И.С. – М.: «Машиностроение-1», 2004. – 224 с.
4. Еременко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска / В.Т. Еременко, А.А. Батенков., И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 7. – С. 3-8.
5. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
6. Еременко В.Т., Фисенко В.Е., Фисун А.П. Методы и модели оценки надежности распределенных систем обмена данными: монография. – Орел: Издательство Госуниверситета – УНПК, 2014. – 197 с.
7. Рытов М.Ю., Мегаев К.А., Еременко С.В. Теоретические основы управления обменом данными в среде корпоративного портала промышленного предприятия: монография. – Брянск: БГТУ, 2014. – 196 с.
8. Рытов М.Ю., Мегаев К.А. Моделирование технологического процесса обмена данными в среде корпоративного портала с агрегированным трафиком // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2013. – № 6. – С. 23-28.
9. Рытов М.Ю., Мегаев К.А. Алгоритм управления трафиком в среде корпоративного портала // Вестник Брянского государственного технического университета, 2014. – № 1. – С. 87-94.

Рытов Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы информационной безопасности»

Тел.: 8 910 330 02 37
E-mail: rmozikts@yandex.ru

M.Yu. RY'TOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Department «Information Security Systems»
Bryansk State Technical University, Bryansk*)

THE METHOD OF ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF PROCESSES OF PROCESSING OF INFORMATION IN THE ENVIRONMENT PORTAL OF BODIES OF EXECUTIVE POWER

The article presents the method of analysis of characteristics of processes of processing of information in the environment information portal, based on the graphical evaluation and analysis (Graphical Evaluation and Review Technique – GERT), characterized in that it adequately allows to determine mean values of these complex processes, especially in those cases when it is difficult to clearly define which processes and in what sequence should be executed to achieve the goal. The methodology takes into account the medium structure information portal and the sequence of executed computational stages of information processing, as well as dynamic change of the probability-time characteristics in them.

Keywords: *informational portal; data processing; stochastic networks; algorithm.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Il'in A.I., Demidov N.N., Novikova E.V. *Situacionny'e centry*. Opy't, sostoyanie, tendencii razvitiya. – M.: «Media-Press», 2011. – 336 s.
2. Nadein A., Kuznecov V. *Korporativny'e internet-portaly* [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html>.
3. Eremenko V.T. *Matematicheskoe modelirovanie processov informacionnogo obmena v raspredelenny'x upravlyayushhix sistemax: monografiya / pod obshhej redakciej Konstantinova I.S.* – M.: «Mashinostroenie-1», 2004. – 224 s.
4. Eremenko V.T. i dr. *Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska* / V.T. Eremenko, A.A. Batenkov., I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij*, 2013. – № 7. – S. 3-8.
5. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. *Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii* // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij*, 2013. – № 11. – S. 15-21.
6. Eremenko V.T., Fisenko V.E., Fisun A.P. *Metody' i modeli ocenki nadezhnosti raspredelenny'x sistem obmena danny'mi: monografiya*. – Orel: Izdatel'stvo Gosuniversiteta – UNPK, 2014. – 197 s.
7. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A., Eremenko S.V. *Teoreticheskie osnovy' upravleniya obmenom danny'mi v srede korporativnogo portala promy'shlennogo predpriyatiya: monografiya*. – Bryansk: BGTU, 2014. – 196 s.
8. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A. *Modelirovanie texnologicheskogo processa obmena danny'mi v srede korporativnogo portala s agregirovanny'm trafikom* // *Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologij*, 2013. – № 6. – S. 23-28.
9. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A. *Algoritm upravleniya trafikom v srede korporativnogo portala* // *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta*, 2014. – № 1. – S. 87-94.

УДК 621.391

В.Е. ДЕМЕНТЬЕВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРАТЕГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОТОКОЛЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В статье предлагается способ распределения воздействий на протоколы информационно-телекоммуникационной сети (ИТКС) в зависимости от типа протокола, его подверженности (защищенности) воздействиям, а также с учетом распределения ресурса защиты. В ходе этого учитывается тот факт, что воздействия на протоколы осуществляются отдельно друг от друга на независимые протоколы и уровни ИТКС. В процессе расчета учитываются важности протоколов и уровней, среднее время воздействия и средняя продолжительность циклов воздействий. Степень опасности каждого ПВ задается матрицей, а определение стратегии сводится к решению задачи по определению наиболее опасных воздействии на протоколы на каждом уровне ИТКС с целью максимизации целей функции и эффективной последовательности воздействия на протоколы.

Ключевые слова: протокол; уровень; информационно-телекоммуникационная сеть; стратегия воздействия на протоколы; коэффициент важности; степень воздействия; матрица назначения; независимое воздействие.

ВВЕДЕНИЕ

Современные информационно-телекоммуникационные сети (ИТКС) подвержены большому количеству воздействий. К подобным воздействиям будем относить различные компьютерные атаки, активность вредоносного программного обеспечения, использование злоумышленниками различных уязвимостей аппаратного и программного обеспечения и т.п. [1, 2]. Кроме того, в настоящее время все большее распространение получила реализация перечисленных выше воздействий и эксплуатация различных уязвимостей, связанных с протоколами и службами ИТКС. В этих условиях важное значение принимает задача определения очередности воздействий. Это вызвано, как правило, необходимостью распределения ограниченного защитного ресурса, выбора наиболее эффективного механизма защиты, а также определения наиболее вероятного направления воздействия, связанного с известными уязвимостями ИТКС [1, 2].

В данном случае для решения поставленной задачи предлагается методика оценки стратегии воздействия на протоколы ИТКС.

В качестве исходных данных методики используются:

- количество протоколов в ИТКС – $S, (i = \overline{1, S})$;
- количество уровней в ИТКС – $K, (j = \overline{1, K})$;
- количество протоколов j -го уровня в ИТКС – N_j^A ;
- коэффициент важности j -го уровня ИТКС – A_j ;
- коэффициент важности i -го протокола j -го уровня ИТКС – α_{ij} ;
- количество видов протокольных воздействий (ПВ) – $T, (v = \overline{1, T})$;
- средняя продолжительность цикла β -го вида ПВ на ИТКС – $\overline{\tau_\beta}$;
- степень ПВ на i -й протокол j -го уровня ИТКС – $P_{\text{возд}ijv}$;

– опасность ПВ оценивается матрицей назначения степени воздействия на протоколы ИТКС – $\left\| P_{\text{возд}ijv} \right\|_{TS}$.

ФИЗИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ранее было отмечено, что система ПВ включает несколько видов протокольных воздействий, распределенных по уровням ИТКС. Учитывая, что различные ПВ воздействуют независимо друг от друга на различных уровнях ИТКС, возможности по воздействию на i -ый протокол j -го уровня ИТКС можно определить из выражения [10]:

$$P_{\text{возд}ij} = 1 - \prod_{n=1}^N (1 - P_{\text{возд}nij}). \quad (1)$$

ИТКС является сложной системой, в функционировании которой участвует S протоколов на K уровнях. Каждый i -й протокол j -го уровня ИТКС характеризуется своими решаемыми задачами в информационном обмене (формирование, распределение и передача потоков сообщений, обмен данными и информацией, коммутация и агрегация информационных потоков, распределение физических и аппаратных адресов, уточнение и контроль передаваемых данных и т.п.). Кроме того, каждый из уровней ИТКС также выполняет определенные функции в информационном обмене, поскольку непосредственные исполнители (протоколы) взаимодействуют между собой путем передачи данных между уровнями. Поэтому априорная ценность i -го протокола j -го уровня ИТКС для ПВ рассчитывается с учетом того уровня, на котором он функционирует. Тогда обозначим коэффициентом важности $A = \{A_j\}$, $j = \overline{1, K}$, характеризующим вес (контраст) j -го уровня ИТКС по отношению к другим уровням ИТКС:

$$A_j = \frac{S - N_j^A}{S} - \text{вес } j\text{-го уровня ИТКС; } 0 < A_j \leq 1, \quad (2)$$

где N_j^A – количество протоколов j -го уровня ИТКС; S – количество протоколов на всех уровнях ИТКС;

С учетом этого можно записать:

$$P_{\text{возд}}(S) = \max_v \sum_{j=1}^K A_j \left(1 - \prod_{v=1}^T (1 - P_{\text{возд}vij}) \right), j = \overline{1, K}. \quad (3)$$

Очевидно, что коэффициент важности A_j j -го уровня ИТКС для группы ПВ зависит от периодичности обновления информации. Поэтому динамику изменения обстановки учтем динамическим коэффициентом важности

$$A_j(\tau_{\text{возд}}) = A_j \exp^{-\frac{t}{\tau_{\text{возд}}}}, \quad (4)$$

где A_j – коэффициент важности j -го уровня ИТКС для ПВ; t – время обновления разведывательной информации; $\tau_{\text{возд}}$ – среднее значение цикла ПВ.

Для определения средней продолжительности цикла ПВ представим процессы ПВ по уровням ИТКС в виде независимых потоков прямоугольных импульсов j -го уровня $Z_{N_{pj}}(t)$, $p = (1 \div 7)$, ($j = \overline{1, K}$), каждый из которых удовлетворяет требованию:

$$T_k = t_k - t_{k-1} > \tau_{k-1}, \quad (5)$$

где t_k и τ_k – момент появления и длительность k -го импульса соответственно.

В данном случае длительность k -го импульса представляет собой продолжительность цикла ПВ. Совпадение двух и более импульсов будем считать состоявшимся, если их длительности перекрываются хотя бы частично. Импульс, образованный в результате перекрытия во времени заданного числа импульсов, будем называть импульсом совпадений (рис. 1) [3]. В данном случае процесс совпадения импульсов характеризуется временными параметрами, поэтому форму импульсов каждого потока $Z_{N_{pj}}(t)$ будем считать прямоугольной, а их амплитуду – равной единице.

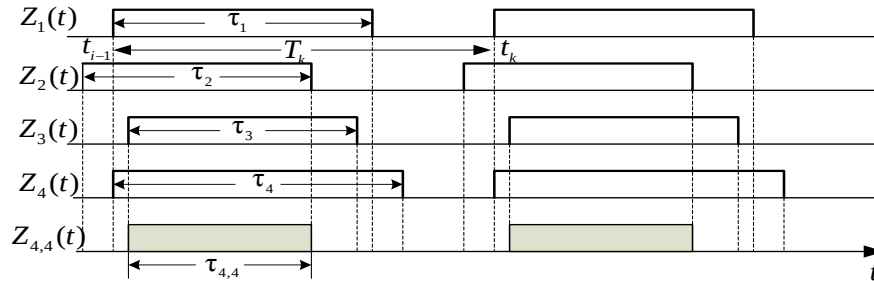


Рисунок 1 – Формирование импульса совпадения, образованного в результате одновременного перекрытия длительностей импульсов четырех потоков

Примем, что для p стационарных и независимых потоков средние временные параметры являются одинаковыми [3], т.е.

$$\left. \begin{aligned} \overline{\mu_{N_{pj}}} &= \overline{\mu} \\ \overline{\tau_{N_{pj}}} &= \overline{\tau} \end{aligned} \right\}, p=1...7, (j=\overline{1, K}), \quad (6)$$

где $\overline{\mu_{N_{pj}}}$ – средняя частота следования импульсов p -го потока j -го уровня (частота циклов ПВ); $\overline{\tau_{N_{pj}}}$ – математическое ожидание длительности импульсов p -го потока j -го уровня (средняя продолжительность циклов ПВ).

Длительность $\overline{\tau_{N_{pj}}}$ импульса совпадений, образованного в результате перекрытия во времени заданного числа k импульсов независимых потоков p , является величиной всегда случайной [3]. Если в процессе совпадения участвуют импульсы p стационарных и независимых потоков, каждый из которых удовлетворяет требованию (5), при этом $k=p$, но длительности импульсов потоков $Z_{N_{pj}}(t)$ являются случайными, то математическое ожидание длительности импульса потока совпадений (средняя продолжительность циклов воздействий) равно

$$\overline{\tau_{N_{pj}}} = \left(\sum_{s=1}^n \frac{1}{\tau_{sj}} \right)^{-1}, \quad (7)$$

где $\overline{\tau_{sj}}$ – средняя продолжительность цикла воздействия p -го вида j -го уровня, $p=1\div 7$, $(j=\overline{1, K})$.

С точки зрения информационного обмена ИТКС – это совокупность протоколов информационного обмена на различных уровнях ИТКС. Тогда коэффициент важности каждого i -го протокола j -го уровня будем определять коэффициентом важности α_{ij}

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} \frac{\lambda^i}{\lambda_{sum}^j} - & \text{вес } i\text{-го протокола в информационном обмене } j\text{-го уровня ИТКС} \\ \frac{\lambda_{sum}^i}{\lambda_{sum}} - & \text{вес } i\text{-го протокола в информационном обмене ИТКС} \end{cases} \quad (8)$$

где λ^i – интенсивность нагрузки i -го протокола ИТКС; $\lambda_{sum} = \sum_{i=1}^S \lambda_{sum}^i$ – интенсивность нагрузки ИТКС.

По условиям функционирования ИТКС примем три градации состояния: установление связи, работа, отказ. Состояние ИТКС зависит от многих факторов, в т.ч. и от лица, принимающего решение. Структура ИТКС изменяется при переходе из состояния в состояние, число состояний конечно и время их смены фиксировано. Состояние ИТКС в пределах указанных градаций определяет структурную взаимосвязь уровней. В пределах каждого этапа функционирования процесс информационного обмена и его характеристики изменяются в зависимости от информационной нагрузки в пределах временных интервалов этапов цикла управления. Это также определяет функциональную важность уровней (в процессе информационного обмена) как динамическую характеристику ИТКС.

Функциональная важность уровней ИТКС в ходе информационного обмена зависит в том числе и от ПВ на ИТКС, поэтому изменение во времени важности уровней ИТКС учтем динамическим коэффициентом важности i -го протокола j -го уровня ИТКС $\alpha_{ij}(\tau_{возд})$

$$\alpha_{ij}(\tau_{возд}) = \alpha_{ij} \exp^{-\frac{t}{\tau_{возд}}}, \quad (9)$$

где α_{ij} – исходное значение коэффициента важности i -го протокола j -го уровня ИТКС; t – текущее время; $\tau_{возд}$ – математическое ожидание длительности импульса потока совпадений (средняя продолжительность ПВ на ИТКС).

Средняя продолжительность ПВ на ИТКС определяется как длительность $\tau_{\beta,k}$ импульса совпадений, образованного в результате перекрытия во времени заданного числа k импульсов независимых β потоков ПВ на ИТКС, реакции ИТКС в условиях ПВ, работы системы восстановления ИТКС, характеризующей технико-эксплуатационную надежность сети, то есть

$$\tau_{возд} = \left(\sum_{\beta=1}^{\beta} \frac{1}{\tau_{B\beta}} \right)^{-1}, \quad (10)$$

где $\tau_{B\beta}$ – средняя продолжительность цикла β -го вида ПВ на ИТКС.

С учетом (9) и (10) выражение (3) можно записать так:

$$P_{возд}(S) = \max_v \sum_{j=1}^K \left(A_j \exp^{-\frac{t}{\tau_{возд}}} \right) \left(1 - \prod_{i=1}^S \left(1 - \left(\alpha_{ij} \exp^{-\frac{t}{\tau_{возд}}} \right) \left(1 - \prod_{v=1}^T [1 - P_{возд\,vji}] \right) \right) \right). \quad (11)$$

Различные виды ПВ обладают индивидуальными ВВХ воздействия. Это придает каждому ПВ уникальные свойства, а, значит, они отличаются и степенью опасности для ИТКС. Следовательно, каждое ПВ характеризуется своим v -вектором воздействия $\{P_{возд\,vji}\}_S$ на протоколы ИТКС ($i = \overline{1, S}; j = \overline{1, K}$). Тогда возможности всех T ПВ по S

протоколам K уровней ИТКС можно задать матрицей $\|P_{возд\,vji}\|_{TS}$.

Обозначим $E_{vij} = 1 - P_{\text{возд}vij}$ – вероятность защиты i -го протокола j -го уровня ИТКС от v -го ПВ, тогда выражение (11) можно записать так:

$$P_{\text{возд}(S)} = \max_v \sum_{j=1}^K \left(A_j \exp^{-\frac{t}{\tau_{\text{возд}}}} \right) \left(1 - \prod_{i=1}^S \left(1 - \left(\alpha_{ij} \exp^{-\frac{t}{\tau_{\text{возд}}}} \right) \left(1 - \prod_{v=1}^T E_{vij} \right) \right) \right), \quad (12)$$

$$0 < A_j \leq 1; 0 \leq E_{vij} \leq 1.$$

Таким образом, имеет место следующая физическая постановка задачи.

ИТКС включает S протоколов на K уровнях. Каждый уровень ИТКС подвержен T протокольных воздействий, каждое из которых характеризуется весом $\alpha_{ij}(\tau_{\text{возд}}) = \{\alpha_{ij}(\tau_{\text{ПВ}})\}_S$. Степень опасности каждого ПВ задана матрицей $\|P_{\text{возд}vij}\|_{TS}$.

Стратегия сводится к решению задачи по определению наиболее опасных ПВ на каждом уровне ИТКС с целью максимизации целей функции и эффективной последовательности ПВ [4, 5].

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исходя из физической постановки задачи, требуется определить матрицу назначения ПВ $X^0 = \|X_{vij}\|_{TS}$, обеспечивающую максимальное значение целевой функции

$$F(X^0) = F_i(x_{vj}^0) = \max_X \sum_{j=1}^K \left(A_j \exp^{-\frac{t}{\tau_{\text{возд}}}} \right) \left(1 - \prod_{i=1}^S \left(1 - \left(\alpha_{ij} \exp^{-\frac{t}{\tau_{\text{возд}}}} \right) \left(1 - \prod_{v=1}^T E_{vij} \right) \right) \right) \quad (13)$$

при следующих условиях: $\sum_{j=1}^K \prod_{i=1}^S x_{vij} = 1; v = \overline{1, T}; T < S;$

$$x_{vij} = \begin{cases} 1 - \text{если выполняется ПВ,} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases} \quad (14)$$

$$0 \leq E_{vij} \leq 1; v = \overline{1, T},$$

где $E_{vij} = 1 - P_{\text{возд}vij}$ – вероятность защиты i -го протокола j -го уровня ИТКС от v -го ПВ; $0 < \alpha_{ij}(\tau_{\text{ПВ}}) \leq 1$.

При обосновании метода решения сформулированной задачи определяющим является вид целевой функции (13) и характер ограничений. Варьируемыми параметрами целевой функции являются ВВХ ПВ на элементы ИТКС. Значения ВВХ воздействия, в свою очередь, зависят от параметров ИТКС, от динамических характеристик ПВ, уровней ИТКС, протоколов информационного обмена ИТКС и т.д. Более подробно методы оценки защищенности объектов с учетом этих факторов приведены в [6], где показано, что в этом случае для оценки защищенности i -го протокола каждое v -е ПВ может быть представлено системой массового обслуживания, тогда интегральная функция распределения времени воздействия является показательной, а параметр распределения $(\bar{t}_{\text{возд}})$ имеет зависимость от существенных параметров. С учетом этого целевая функция также будет иметь вид показательной функции. Следовательно, $F(X^0)$ – выпуклая, аддитивная, нелинейная функция. Выпуклое программирование является составной частью нелинейного программирования. Для решения задач выпуклого программирования известны методы и

алгоритмы решения [4, 5, 7, 8]. Рассматриваемая нелинейная задача должна решаться при условии целочисленности распределяемого неоднородного ресурса $x_{vij} = \{0,1\}_{TS}$ между независимыми элементами, а ограничивающие ее зависимости имеют аддитивный характер.

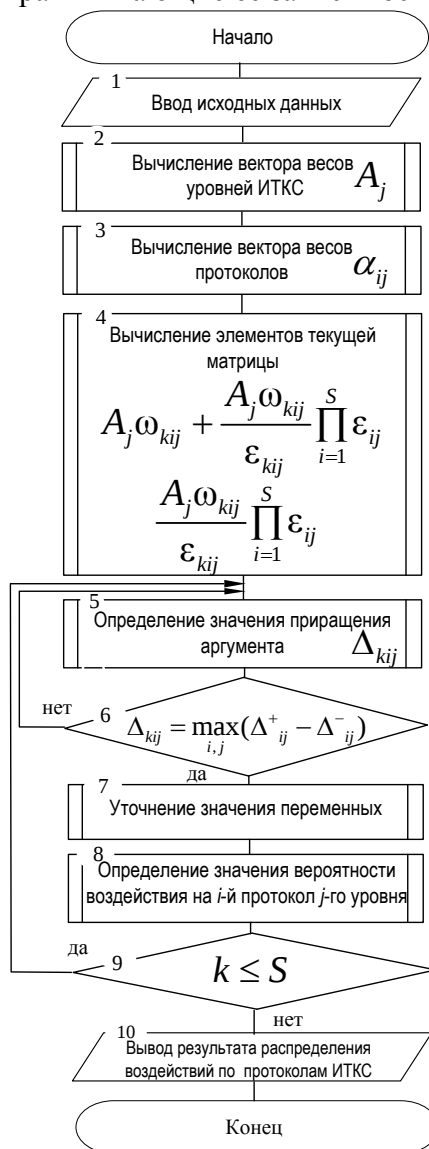


Рисунок 2 – Методика оценки стратегии воздействия на протоколы ИТКС

Наиболее часто для решения задач оптимального распределения ресурса используется динамическое программирование. В этом случае решение задачи с большим числом переменных сводится к последовательности решений задач с одной переменной, что упрощает решение задачи в целом, но возрастают временные затраты. Известно, что большим быстродействием обладают градиентные методы, поэтому метод решения задачи должен органически сочетать достоинства динамического программирования и градиентных методов. Следует также отметить и то, что в результате решения необходимо получить не только закрепление количества ПВ за протоколами ИТКС, но и их очередность воздействия (последовательность распределения). Это обусловлено тем, что каждое из T ПВ характеризуется своим вектором воздействия на все протоколы ИТКС, заданные в матрице $\|P_{\text{возд } vji}\|_{TS}$. Факт закрепления v -го ПВ за i -м протоколом j -го уровня ИТКС фиксируется

индикатором $X_{vij} = 1$ ($X_{vij} = 0$ в противном случае). Результаты закрепления ПВ за протоколами ИТКСи очередность воздействия содержатся в матрице назначений $\|X_{vij}\|_{TS}$.

Учитывая идею оптимального распределения разноэффективных ПВ по независимым протоколам ИТКС, вида целевой функции и ограничений, условий решения задачи, приемлемым методом решения является метод двух функций [4, 5].

Структура методики оценки стратегии протокольного воздействия представлена на рисунке 2.

Таким образом, разработана методика оценки воздействия на протоколы ИТКС на основе распределения разнородного ресурса по S независимым протоколам K уровней ИТКС, которая позволяет определить вероятности воздействия на протоколы уровней ИТКС и обосновать необходимые направления защиты. Предложенная методика позволяет спрогнозировать очередность воздействий на ИТКС и предложить наиболее эффективные методы и средства их устранения либо противодействия воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дементьев В.Е. Обоснование понятийного аппарата протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети // Вопросы безопасности, 2016. – № 3. – С.19-29. DOI: 10.7256/2409-7543.2016.3.19378 [Электронный ресурс]. – URL: http://e-notabene.ru/nb/article_19378.html.
2. Дементьев В.Е. Методологические основы протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети // Информационные системы и технологии, 2016. – № 3(95). – С. 107-111.
3. Седякин Н.М. Элементы теории случайных импульсных потоков. – М.: Советское радио, 1965. – 264 с.
4. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем. – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.
5. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и теория игр. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
6. Коцыняк М.А. и др. Теория и практика защиты многоканальных сетей радиосвязи от системы комплексного воздействия. Часть 1. Модель противоборства систем воздействия и связи / М.А. Коцыняк, С.А. Якушенко, С.С. Веркин, М.О. Дворовой. – СПб.: ВАС, 2007. – 76 с.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988 г. – 208 с.
8. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. – М.: Советское Радио, 1968. – 478 с.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2008. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. В трех частях [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071694> (дата обращения: 15.02.2016).
10. ГОСТ РВ 51987-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы типовые требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения.

Дементьев Владислав Евгеньевич

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, докторант

Тел.: 8 911 266 36 64

E-mail: dem-vlad@rambler.ru

**THE TECHNIQUE OF AN ESTIMATION STRATEGY OF THE IMPACT ON PROTOCOLS
INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS NETWORK**

The article offers the method of distribution of the impacts on the protocols information and telecommunications network (ITN) depending on protocol type, exposure (protection) impacts, and taking into account the distribution of resource protection. In the course of this ignores the fact that the impacts on the protocols are implemented separately from each other on independent protocols and levels of ITN. In the process of calculation takes into account the importance of protocols and levels, the average time of exposure and average duration cycles of exposure. The severity of each the impact on the protocols is set by a matrix and defining the strategy is reduced to the solution of the task of identifying the most dangerous effects on the protocols at each level of ITN in order to maximize the goals of functionality and efficient sequence effects on the protocols.

Keywords: protocol; level; information telecommunication network; the strategy of influence on the protocols; the coefficient of the importance; impact; matrix assignments; independent effects.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Dement'ev V.E. Obosnovanie ponyatiynogo apparata protokol'noj zashhity' informacionno-telekommunikacionnoj seti // Voprosy' bezopasnosti, 2016. – № 3. – S.19-29. DOI: 10.7256/2409-7543.2016.3.19378 [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://e-notabene.ru/nb/article_19378.html.
2. Dement'ev V.E. Metodologicheskie osnovy protokol'noj zashhity informacionno-telekommunikacionnoj seti // Informacionnye sistemy i texnologii, 2016. – № 3(95). – S. 107-111.
3. Sedyakin N.M. E'lementy' teorii sluchajny'x impul'sny'x potokov. – M.: Sovetskoe radio, 1965. – 264 s.
4. Berzin E.A. Optimal'noe raspredelenie resursov i e'lementy' sinteza sistem. – M.: Sovetskoe radio, 1974. – 304 s.
5. Berzin E.A. Optimal'noe raspredelenie resursov i teoriya igr. – M.: Radio i svyaz', 1983. – 216 s.
6. Kocynyak M.A. i dr. Teoriya i praktika zashhity' mnogokanal'ny'x setej radiosvyazi ot sistemy' kompleksnogo vozdejstviya. Chast' 1. Model' protivoborstva sistem vozdejstviya i svyazi / M.A. Kocynyak, S.A. Yakushenko, S.S. Verkin, M.O. Dvorovoj. – SPb.: VAS, 2007. – 76 s.
7. Ventcel' E.S. Issledovanie operacij: zadachi, principy', metodologiya. – M.: Nauka, 1988 g. – 208 s.
8. Gurin L.S., Dy'marskij Ya.S., Merkulov A.D. Zadachi i metody' optimal'nogo raspredeleniya resursov. – M.: Sovetskoe Radio, 1968. – 478 s.
9. GOST R ISO/ME'K 15408-2008. Informacionnaya texnologiya. Metody' i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionny'x texnologij. V trex chastyax [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071694> (data obrashheniya: 15.02.2016).
10. GOST RV 51987-2002. Informacionnaya texnologiya. Kompleks standartov na avtomatizirovanny'e sistemy' tipovy'e trebovaniya i pokazateli kachestva funkcionirovaniya informacionny'x sistem. Obshhie polozheniya.

УДК 004.056.57

А.В. КОЗАЧОК, Е.В. КОЧЕТКОВ

ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ АКТИВНОСТИ

Статья посвящена описанию подхода к обнаружению вредоносного программного обеспечения на основе выявления аномальной сетевой активности. Выделены основные признаки функционирования ботнет-сетей как одного из наиболее опасных классов разрушающих программных средств, обнаруживаемых на основе анализа сетевой активности. Произведена экспериментальная оценка предложенного подхода к обнаружению вредоносных программ.

Ключевые слова: защита; вредоносный код; методика; аномалия; сетевая активность.

В настоящее время особое внимание уделяется проблеме создания комплексной системы защиты информации от несанкционированного доступа. Однако уязвимость конфиденциальной информации постоянно сохраняется на высоком уровне. Это объясняется тем, что злоумышленниками постоянно совершенствуются существующие и создаются новые методы проникновения, скрытия своего присутствия от средств защиты, а также удаленного воздействия на атакуемую корпоративную информационно-вычислительную сеть (КИВС).

Согласно исследованиям компании InfoWatch, количество утечек конфиденциальной информации в мире возрастает из года в год. В 2015 году их количество составило 1505, что на 7,8% больше, чем годом ранее [1]. Эксперты компании отмечают тот факт, что наиболее весомый вклад в увеличение объема скомпрометированных данных принадлежит внешним атакам, а также они рекомендуют применять методы поведенческого анализа на наиболее критичных каналах коммуникации.

Анализ периодических аналитических отчетов ведущих антивирусных компаний [2, 3] позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время невозможно выделить единственный фактор, приводящий к утечке конфиденциальной информации. Причина является комплексной, и особую роль при этом играет реализация такой угрозы преднамеренного характера, как заражение узлов КИВС вредоносным программным обеспечением.

В настоящее время основным методом защиты КИВС от вредоносного программного обеспечения является применение антивирусных средств. Исследования показывают, что применяемые современными коммерческими средствами антивирусной защиты механизмы обнаружения позволяют достичь вероятностей ошибок первого и второго родов, близких к нулю [4]. Однако это не означает, что защита является гарантированной и комплексной. Согласно данным тестирования [5], самую высокую вероятность обнаружения, равную 0,974, показало антивирусное средство Avast Internet Security. При таком уровне обнаружения количество штаммов вредоносного программного обеспечения, которые остались не обнаруженными, составляет 467.

В сложившейся ситуации перед администраторами безопасности наиболее актуальной является задача повышения защищенности конфиденциальной информации и информационных ресурсов организации с учетом того, что антивирусные средства не всегда могут своевременно обнаружить и нейтрализовать вредоносное программное обеспечение, функционирующие в пределах КИВС.

Особую опасность для КИВС представляет такой класс вредоносного программного обеспечения, как управляемые программные средства скрытого информационного воздействия (УПССИВ, ботнет-клиент). Главной особенностью таких средств является наличие канала связи с внешними злоумышленниками. Удаленный канал управления позволяет им использовать подконтрольные узлы КИВС для совершения вредоносных действий [6]. Они включают в себя кражу конфиденциальной информации, использование

ресурсов КИВС для организации атак типа «отказ в обслуживании», получения контроля над уязвимыми серверами в глобальной сети Интернет.

Ботнет-сетью называется множество подконтрольных командному центру ботнет-клиентов, выполняющих скоординированные действия под управлением злоумышленников. Основной целью создания ботнет-сетей является получение коммерческой выгоды от их использования самими разработчиками или сдачи в аренду третьим лицам [7].

По способу организации управления ботнет-сети разделяются на централизованные, децентрализованные и гибридные, но основными их элементами всегда являются ботнет-клиенты и серверы управления. Ботнет-клиенты представляют собой исполняемые программы, запускающиеся во время загрузки операционной системы незаметно для пользователя. Они функционируют в фоновом режиме и ожидают поступления команд из центра управления ботнет-сетью. Канал связи со злоумышленниками позволяет производить постоянную модификацию и адаптировать поведение ботнет-клиентов в операционной системе для их защиты от механизмов обнаружения антивирусными средствами. Кроме этого, канал управления дает возможность злоумышленникам наращивать функционал ботнет-клиентов в случае необходимости путем загрузки дополнительных модулей. Функциональным предназначением центра управления ботнет-сетью является установление и поддержание связи с ботнет-клиентами, передача им команд от злоумышленников, сбор и анализ данных, похищенных с компьютеров пользователей.

При создании ботнет-сети первостепенной задачей злоумышленников является проникновение и закрепление в КИВС. Для этого необходимо доставить и побудить пользователя активировать специальную программу-загрузчик. Она представляет собой исполняемую программу малого размера, назначением которой является изменение параметров атакуемой системы таким образом, чтобы при следующем запуске операционной системы запуститься в привилегированном режиме и обойти установленные средства защиты.

Для доставки программы-загрузчика и ее активации наиболее успешным является применение методов социальной инженерии, а именно – отправка большого количества электронных писем на адреса сотрудников организации. Содержание таких писем побуждает пользователя открыть файл во вложении или перейти по ссылке без проведения проверок на безопасность их содержимого.

После успешного запуска программы-загрузчика в привилегированном режиме она устанавливает связь с командным центром управления, загружает актуальную версию исполняемого бинарного файла ботнет-клиента, затем передает ему управление. С этого момента компьютер переходит под контроль злоумышленников [6].

Функционирование УПССИВ по определению вносит аномальную сетевую активность в процесс взаимодействия между штатными элементами сети, что позволяет на основе анализа сетевого трафика выявить характерные признаки поведения ботнет-клиентов и разработать соответствующую методику их обнаружения.

Для эмпирической оценки характерных признаков функционирования ботнет-клиентов были сформированы два набора данных:

- 1) «нормальный» сетевой трафик, перехваченный в КИВС с априорно достоверными сведениями о том, что УПССИВ в этой КИВС отсутствуют;
- 2) «аномальный» сетевой трафик, перехваченный от зараженных компьютеров пользователей с априорно достоверными сведениями о том, что на них функционируют УПССИВ. Общий объем выборок составил 22 ГБ.

Для анализа исходных наборов данных было разработано специализированное программное средство и применен математический аппарат распознавания образов, что позволило выявить характерные признаки присутствия ботнет-клиентов в КИВС. На основе проведенного исследования был определен наиболее общий для всех ботнет-клиентов набор признаков их функционирования в КИВС, представленный далее.

1. Аномальная семантика DNS-запросов. Регулярная смена IP-адресов центров управления ботнет-сетью необходима злоумышленникам, чтобы защититься от обнаружения, так как знание IP-адреса центра управления ботнет-сетью в ряде случаев позволяет скомпрометировать всю ботнет-сеть. УПССИВ получает IP-адрес центра управления ботнет-сетью путем разыменования доменного имени. Доменное имя может выбираться как из конечного набора записей, так и генерироваться по определенному алгоритму (Domain generation algorithm). Пример генерации доменного имени ботнет-клиентом Zeus представлен на рисунке 1.

```
a37fwf32k17gsgylqb58oyl zgvl si35b58m19bt.com
a47d20ayd10nvkshqn50lrltgqcx b68n20gup62.com
a47dxn60c59pziulsozaxm59dqj26dynvfnw.com
a67gwktaykulxczeueqf52mvcue61e11jrc59.com
```

Рисунок 1 – Пример DNS-запросов сгенерированных ботнет-сетью Zeus

Таким образом, аномальная семантика DNS-запросов является признаком наличия ботнет-клиента в сети. Использование регулярных выражений позволяет выявить из сетевого трафика те узлы КИВС, которые взаимодействуют с командным центром злоумышленника. Данный признак является детерминированным и требует обязательного изучения источника аномальных DNS-запросов.

2. Обращение к IP-адресам из «Черного списка». «Черные списки» формируются различными компаниями в сфере защиты информации по всему миру из адресов, с которых распространяется или которые подозреваются в распространении вредоносного программного обеспечения.

Срабатывание данного признака свидетельствует о соединении с сервером, подконтрольным злоумышленнику, для совершения обозначенных ранее противоправных действий. При этом инициатором соединения может быть как вредоносная программа, так и пользователь, которого обманным путем побудили посетить вредоносный ресурс.

3. Значительное преобладание объема исходящего сетевого трафика над объемом входящего сетевого трафика. Наличие данного признака свидетельствует о возможной передаче ботнет-клиентом на сервера злоумышленников конфиденциальных данных пользователя в большом объеме. Преобладание объемов исходящего сетевого трафика над объемом входящего сетевого трафика рассчитывается по выражению 1.

$$V_x = \frac{OUT_x}{IN_x}, \quad (1)$$

где OUT_x – объем исходящего сетевого трафика для узла x ; IN_x – объем входящего сетевого трафика для узла x .

При обнаружении в сетевом трафике узлов, для которых соотношение объема исходящего трафика к объему входящего трафика превышает пороговое значение, можно сделать вывод о том, что с определенного узла КИВС данные передаются в большом объеме на удаленный сервер, возможно, без разрешения пользователя. Рассматриваемый признак не является детерминированным и рекомендуется обратить внимание на данный инцидент.

4. Преобладание пакетов протокола TCP с флагом SYN над пакетами с флагом FIN. Наличие данного признака свидетельствует о осуществлении атаки типа «отказ в обслуживании» с участием компьютера КИВС на сервер в сети Интернет. Числовое значение данного признака рассчитывается по выражению 2.

$$K_x = \frac{N_x^{sin}}{N_x^{fin}}, \quad (2)$$

где N_x^{sin} – количество пакетов с флагом SIN от узла x ; N_x^{fin} – количество пакетов с флагом FIN от узла x .

При обнаружении сетевого трафика, в котором числовое значение рассматриваемого признака превышает пороговое значение, можно сделать вывод, что с определенного узла КИВС производится атака типа «Отказ в обслуживании» на удаленный сервер в сети Интернет. Данный признак является детерминированным. Он позволяет однозначно утверждать о наличии ботнет-клиента на узле КИВС и требует обязательного изучения данного инцидента.

5. Устойчивая периодичность установления соединения с центром управления ботнет-сетью. Ряд штаммов ботнет-клиентов совершают запросы к центру управления для получения команд или передачи сообщений через определенные интервалы времени. Для выявления данного признака были применены математические методы анализа статистических характеристик сетевого трафика [8]. Их использование позволило найти связь между величиной дисперсии интервалов между установлениями соединений и наличием ботнет-клиента в КИВС.

Математическое ожидание интервалов между установлениями соединения, рассчитанное по выражению 3, характеризует средний временной интервал, через который ботнет-клиент осуществляет взаимодействие с командным центром управления.

$$\mu_{x,s} = \frac{1}{|C_{x,s}|} \sum_{i=1}^{|C_{x,s}|} \Delta t_i, \quad (3)$$

где $C_{x,s}$ – множество пакетов установления соединения между узлом x и сервером; Δt – множество временных интервалов между посылками пакетов $C_{x,s}$.

Величина, рассчитанная по выражению 4, характеризует, насколько временные промежутки между установлениями соединений близки между собой, то есть характеризует периодичность установления соединений.

$$D_{x,s} = \frac{1}{|C_{x,s}|} \sum_{i=1}^{|C_{x,s}|} \Delta t_i^2 - \mu_{x,s}^2 \quad (4)$$

Наличие в сетевом трафике интервалов между установлениями соединений с дисперсией меньше или равной пороговому значению свидетельствует о возможном функционировании процесса, являющегося ботнет-клиентом. Признак не является детерминированным, так как не позволяет однозначно подтвердить наличие ботнет-клиента в КИВС, но рекомендует обратить внимание на данный инцидент.

Предлагаемая методика обнаружения ботнет-клиентов на основе анализа аномальной сетевой активности базируется на описанных выше признаках и представляет собой следующую последовательность действий.

1. Сбор и накопление сетевого трафика. На первом этапе работы методики необходимо записать сетевой трафик, циркулирующий между КИВС и глобальной сетью Интернет. Для выполнения этой задачи необходимо применение съемника сетевого трафика (ССТ). Он может быть реализован на программной или программно-аппаратной платформе, позволяющей производить сбор и хранение сетевых пакетов в долговременной памяти, а также иметь не менее одного сетевого интерфейса.

Существует два основных варианта включения ССТ в КИВС. Первый вариант заключается в конфигурации сетевого оборудования таким образом, чтобы весь сетевой трафик КИВС на выходе в глобальную сеть Интернет зеркалировался на интерфейс, к которому подключается ССТ. Данный вариант подключения представлен на рисунке 2(а). В случае невозможности изменения конфигурации коммуникационного оборудования применяется второй вариант подключения ССТ – включение ССТ в разрыв канала между

КИВС и глобальной сетью Интернет (рис. 2(б)). При этом ССТ должен быть оборудован двумя сетевыми интерфейсами и сконфигурирован для работы в режиме прозрачного моста.

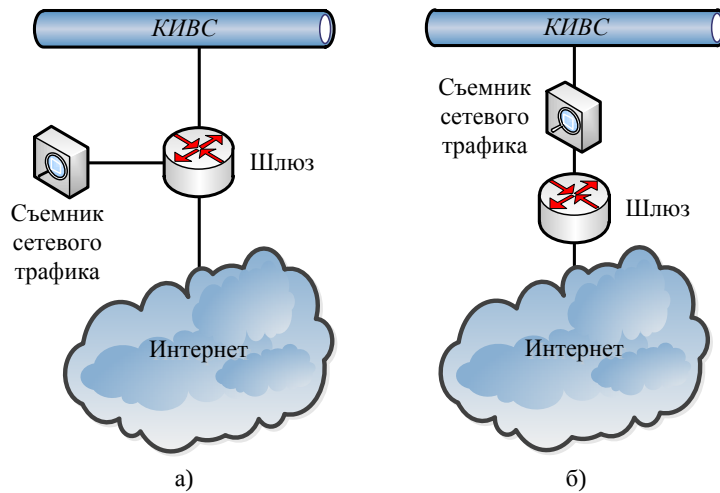


Рисунок 2 – Варианты встраивания ССТ в КИВС

Первый вариант позволяет осуществлять сбор сетевого трафика без нарушения нормального функционирования КИВС, так как его применение не требует физического разрыва существующих соединений и не снижает пропускной способности сети при использовании ССТ, однако требует физической возможности подключения ССТ к коммуникационному оборудованию и соответствующей его настройки. Применение второго варианта включения ССТ в КИВС не требует вмешательства в работу коммуникационного оборудования, но накладывает издержки для его пользователей в виде разрыва существующих соединений и снижения скорости обмена информацией с глобальной сетью Интернет ввиду ограничений ресурсов ССТ. Выбор конкретного варианта подключения ССТ в КИВС определяется условиями работы с учетом достоинств и недостатков каждого из них. После сбора и накопления необходимого объема сетевого трафика с помощью ССТ производится его анализ.

2. Анализ сетевого трафика на предмет наличия признаков аномального поведения. На втором этапе работы методики необходимо проверить наличие описанных выше признаков аномального поведения программ в собранном с помощью ССТ сетевом трафике и сделать вывод о возможности функционирования ботнет-клиентов в КИВС.

Результат анализа для произвольного узла КИВС представляет собой бинарный вектор $R_x = \langle r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 \rangle$, содержащий результаты наличия признаков функционирования ботнет-клиентов в сетевом трафике КИВС.

Вектор R_x содержит результаты проверок на предмет наличия следующих признаков:

- 1) наличие аномальной семантики DNS-запросов:

$$r_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } AbnormalDNS \cap DNS_x \neq \emptyset \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где $AbnormalDNS$ – множество DNS-запросов аномальной семантики; DNS_x – множество DNS-запросов, порожденных узлом x ;

- 2) обращение к IP-адресам из «Черного списка»:

$$r_2 = \begin{cases} 1, & \text{если } BlackListIP \cap IP_x \neq \emptyset \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где $BlackListIP$ – множество IP-адресов «Черного списка»; IP_x – множество IP-адресов серверов, взаимодействующих с узлом x ;

3) значительное преобладание исходящего сетевого трафика над входящим сетевым трафиком:

$$r_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } V_x \geq V_{por} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где V_{por} – пороговое значение для данного признака;

4) преобладание пакетов протокола TCP с флагом SYN над пакетами с флагом FIN:

$$r_4 = \begin{cases} 1, & \text{если } K_x \geq K_{por} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где K_{por} – пороговое значение для данного признака;

5) устойчивая периодичность установления соединений:

$$r_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } D_{x,s} \leq D_{por} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

где D_{por} – пороговое значение для данного признака.

На основе значений вектора R_x можно сделать один из следующих выводов:

1) выполнение условия $r_1 \vee r_2 \vee r_4 = 1$ свидетельствует о срабатывании как минимум одного из детерминированных признаков, что говорит о функционировании ботнет-клиента на конкретном узле КИВС;

2) выполнение условия $r_3 \vee r_5 = 1$ свидетельствует о срабатывании как минимум одного из недетерминированных признаков, что говорит о возможном функционировании ботнет-клиента на конкретном узле КИВС;

3) выполнение условия $r_1 \vee r_2 \vee r_3 \vee r_4 \vee r_5 = 0$ свидетельствует об отсутствии признаков функционирования ботнет-клиента на конкретном узле КИВС.

После проведения расчета результирующего вектора для каждого из узлов КИВС вся собранная информация предоставляется администратору безопасности. Основываясь на полученных результатах, администратор безопасности принимает решение о дальнейшем расследовании выявленных инцидентов.

Программная реализация рассматриваемой методики позволила провести экспериментальные исследования эффективности обнаружения вредоносного программного обеспечения на основе выявления аномальной сетевой активности. В качестве исходных данных при проведении исследования использовался сетевой трафик с априорным знанием того, что в нем присутствуют следы межсетевого взаимодействия ботнет-клиентов с серверами управления. Применение разработанной методики при следующих уровнях пороговых значений

$$\begin{cases} V_{por} = 1,25, \\ K_{por} = 4,23, \\ D_{por} = 2,23, \end{cases}$$

позволило добиться следующих значений ошибок первого и второго родов:

$$\begin{cases} P_1 = 0,03, \\ P_2 = 0,3. \end{cases}$$

На основе полученных значений можно сделать вывод о практической применимости разработанной методики в качестве дополнительного механизма обнаружения вредоносного программного обеспечения.

Проблема распространения ботнет-сетей становится серьезной угрозой как для коммерческих, так и государственных компьютерных сетей. Для эффективной борьбы с

ботнет-сетями недостаточно применения только антивирусных средств, функционирующих непосредственно на узлах КИВС, также необходима разработка и применение новых методик обнаружения активности ботнет-клиентов на уровне сети. В настоящей статье предложена методика обнаружения вредоносного программного обеспечения на основе анализа аномальной сетевой активности, позволяющая выявлять ботнет-клиенты на основе характерных признаков их функционирования. Комплексное применение предложенной методики вместе с существующими антивирусными средствами поможет более эффективно решать задачу обеспечения безопасности конфиденциальной информации, циркулирующей в КИВС. Направлением дальнейших исследований является выявление новых признаков функционирования вредоносного программного обеспечения, позволяющих повысить эффективность их обнаружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитический отчет компании InfoWatch «Исследование утечек конфиденциальной информации в 2015 году» [Электронный ресурс]. – URL: www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytics/russ/InfoWatch_Global_Report_2015.pdf (дата обращения: 04.05.2016).
2. Kaspersky Security Bulletin 2015 Overall statistics for 2015 [Электронный ресурс]. – URL: securelist.com/files/2015/12/KSB_2015_Statistics_FINAL_EN.pdf (дата обращения: 05.05.2016).
3. Аналитический отчет компании Symantec Internet Security Threat Report [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/reports/istr-21-2016-en.pdf> (дата обращения: 04.05.2016).
4. Отчет независимой организации по тестированию антивирусов AV-comparative. File Detection Test of Malicious Software [Электронный ресурс]. – URL: http://www.av-comparatives.org/wp-content/uploads/2016/04/avc_fdt_201603_en.pdf (дата обращения: 05.05.2016).
5. Бекбосынова А.А. Тестирование и анализ эффективности и производительности антивирусов // Теория и практика современной науки, 2015. – № 5(5). – С. 53-56.
6. Provos N. Virtual Honeypots: From Botnet Tracking to Intrusion Detection – Addison-Wesley Professional, 2007. – 440 с.
7. Stone-Gross B. and other. Analysis of a botnet takeover IEEE Security and Privacy, 2011 / B. Stone-Gross, M. Cova, B. Gilbert, R. Kemmerer, C. Kruegel, G. Vigna. – Т. 9. – № 1. – Р. 64-72.
8. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. – М.: Физматлит, 2005.

Козачок Александр Васильевич

ФГКВБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел

Кандидат технических наук, докторант

Тел.: 8 (4862) 54-99-33

E-mail: tottrin@mail.ru

Кочетков Евгений Викторович

ФГКВБОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел

Сотрудник

Тел.: 8 (4862) 54-99-33

E-mail: tottrin@mail.ru

A.V. KOZACHOK (*Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Candidate*)

E.V. KOCHETKOV (*Employee*)

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

MALWARE DETECTION BASED ON ABNORMAL NETWORK ACTIVITY

The article describes an approach to detecting malicious software based on abnormal network activity detection. The basic signs of botnet networks functioning as one of the most dangerous classes of destructive software detected by analyzing network activity are proposed. The experimental evaluation of the proposed approach to malware detection is described.

Keywords: protection; malware; methodology; anomaly; network activity.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Analiticheskij otchet kompanii InfoWatch «Issledovanie utechek konfidencial'noj informacii v 2015 godu» [E'lektronny'j resurs]. – URL: www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytics/russ/InfoWatch_Global_Report_2015.pdf (data obrashheniya: 04.05.2016).
2. Kaspersky Security Bulletin 2015 Overall statistics for 2015 [E'lektronny'j resurs]. – URL: securelist.com/files/2015/12/KSB_2015_Statistics_FINAL_EN.pdf (data obrashheniya: 05.05.2016).
3. Analiticheskij otchet kompanii Symantec Internet Security Threat Report [E'lektronny'j resurs]. – URL: <https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/reports/istr-21-2016-en.pdf> (data obrashheniya: 04.05.2016).
4. Otchet nezavisimoy organizacii po testirovaniyu antivirusov AV-comparative. File Detection Test of Malicious Software [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.av-comparatives.org/wp-content/uploads/2016/04/avc_fdt_201603_en.pdf (data obrashheniya: 05.05.2016).
5. Bekbosynova A.A. Testirovanie i analiz e'ffektivnosti i proizvoditel'nosti antivirusov // Teoriya i praktika sovremennoj nauki, 2015. – № 5(5). – S. 53-56.
6. Provos N. Virtual Honeypots: From Botnet Tracking to Intrusion Detection – Addison-Wesley Professional, 2007. – 440 c.
7. Stone-Gross B. and other. Analysis of a botnet takeover IEEE Security and Privacy, 2011 / B. Stone-Gross, M. Cova, B. Gilbert, R. Kemmerer, C. Kruegel, G. Vigna. – T. 9. – № 1. – P. 64-72.
8. Bocharov P.P., Pechinkin A.V. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnoe posobie. – M.: Fizmatlit, 2005.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Рассмотрена проблема обнаружения аномалий сетевого трафика. Проанализирована статистика сетевых атак за 2014-2015 год, сделан вывод об их распространенности и необходимости защиты от них. Показана связь между сетевыми атаками и аномалиями сетевого трафика. Проанализированы работы российских и зарубежных ученых, посвященные исследованиям в области обнаружения атак и анализа аномалий. Выделены пять основных направлений исследования: анализ статистических характеристик сетевого трафика, глубокий интеллектуальный анализ сетевых пакетов, разработка методов подавления атак и предотвращения вторжений, оценка качества алгоритмов обнаружения аномалий и атак, поведенческий анализ сетевых объектов. Предложена функциональная модель системы анализа сетевых аномалий, позволяющая обнаружить сетевую атаку на ранней стадии ее воздействия за счет применения одновременно нескольких алгоритмов обнаружения аномалий и совместного принятия решения. Выделены цель и задачи проекта программного прототипа, предназначенного для обнаружения аномалий. Определены функции программного прототипа, позволяющие решить поставленные задачи. Представлена в нотации IDEF0 схема взаимодействия функций. В работе описаны входные и выходные данные программного прототипа системы обнаружения аномалий сетевого трафика. Показано направление для дальнейшего развития проекта.

Ключевые слова: обнаружение атак; анализ трафика; сетевая атака; информационная безопасность; корпоративная сеть; программный комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую актуальность находит исследование проблем, касающихся обнаружения сетевых атак и аномалий сетевого трафика. Это, в первую очередь, связано с тем, что с каждым годом увеличивается число и разновидность нарушений безопасности информации, источником которых становится сеть. По данным исследований аналитического центра компании InfoWatch [1], основным каналом утечки информации в 2014 и 2015 годах являлась сеть – 38,1% и 39,6% случаев соответственно. Среди наиболее распространенных на сегодняшний день сетевых атак по данным McAfee Labs [2] являются:

- DDos/Dos-атаки, направленные на отказ в обслуживании сетевых служб и сервисов, нарушение доступности данных и прерывание бизнес-процессов предприятия (22%);
- перебор паролей и атаки на системы аутентификации (18%), направленные на повышение привилегий и/или получение несанкционированного доступа к данным и ресурсам сети;
- атаки на SSL (12%) с целью перехвата данных по сети;
- сканирование сети, представляющее собой разведывательную деятельность злоумышленника, направленную на поиск уязвимостей и открытых портов (5%).

Поэтому для предотвращения или снижения рисков от подобных нарушений применяют различные средства и методы криптографической защиты передаваемых данных [3], а также мониторинга безопасности сети и выявления возможных вторжений злоумышленника в систему [4]. Целью подобных систем является поиск признаков известных атак и выявление характерных аномалий, которые, как было показано авторами в [5], часто являются признаком начальных этапов реализации сетевой атаки. В общем случае аномалия представляет собой любое отступление от правильного поведения системы и указывает на возможную атаку злоумышленника в сеть организации. Для обнаружения сетевых атак и аномалий применяются специализированные методы анализа характеристик сетевого трафика и его классификации. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, ограничения на точность и полноту результатов обнаружения.

Проблеме обнаружения сетевых посвящены работы следующих авторов: Шелухина О.И., Баранова П.А., Тишина Н.Ф., Ажмухамедова, И.М. Гамаюнова Д.Ю., Никишовой А.В., Строгонова И.С. и других. В их работах затрагиваются вопросы, связанные с обнаружением аномалий на основе анализа однородности параметров компьютерных систем, атак на основе анализа поведения сетевых объектов, исследованием статистических алгоритмов обнаружения аномалий. Основа для этого направления заложена в работах таких известных отечественных ученых, как В. Будзко, В. Левин, Б. Поспелов, В. Пярин, А. Стрельцов, В. Шерстюк, и зарубежных ученых – Д. Деннинг, Н. Кресси, Т. Рида, Ю. Спаффорда, Б. Шнаера и других. Анализ работ [5-10] показывает, что исследования в области обнаружения сетевых атак и аномалий можно разделить на следующие направления:

- статистический и вероятностный анализ характеристик сетевого трафика с целью выявления возможных выбросов и отклонений от среднестатистической нормы;
- интеллектуальный глубокий анализ сетевых пакетов с целью выявления признаков и сигнатур нарушений, заложенных в базе знаний;
- поведенческий анализ динамических и статистических признаков сетевых объектов;
- подавление выявленных сетевых атак с помощью специализированных активных средств защиты;
- оценка качества алгоритмов и методов обнаружения атак и аномалий.

Большое число работ в рамках выделенных направлений показывает актуальность и востребованность решения задач, связанных с ранним обнаружением и предотвращением сетевых атак и аномалий трафика, а также созданием новых и совершенствованием существующих алгоритмов.

В данной работе представлен проект функциональной части системы обнаружения аномалий сетевого трафика, использующей в процессе классификации сетевого трафика процедуры совместного принятия решений несколькими базовыми алгоритмами. Данная система за счет тщательного многостороннего анализа характеристик сетевого трафика позволит вовремя обнаружить подозрительную аномалию или признак атаки на ранней стадии ее воздействия, что обеспечит предотвращение утечки и искажения данных, передаваемых и обрабатываемых в корпоративной сети предприятия.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Проведенный анализ литературных источников [6-8,10] показал, что основными алгоритмами обнаружения сетевых аномалий являются:

- алгоритм на основе дискретного вейвлет-преобразования;
- алгоритм Бродского-Дарховского;
- алгоритм на основе суммы квадратов вейвлет-коэффициентов;
- алгоритм на основе максимума квадратов вейвлет-коэффициентов;
- алгоритм на основе критерия согласия Колмогорова-Смирнова.

Рассмотренные алгоритмы с помощью разработанного авторами программного комплекса для исследования качества обнаружения аномалий сетевого трафика [11] были проанализированы по оценочным критериям [12], приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии оценки алгоритмов выявления аномалий

Критерий	Описание
Ошибки первого рода	Измеряется в количестве ложных тревог
Ошибки второго рода	Количество пропусков событий, уведомляющих о возникновении аномалии
Размер окна	Это некоторый интервал времени, за который выявляется наибольшее количество аномалий в системе
Сложность алгоритма	Чем большее время и объем памяти требуются для реализации

	алгоритма, тем больше его сложность и, соответственно, ниже эффективность
Точность	Отношение правильно обнаруженных аномалий алгоритмом к сумме правильно обнаруженных аномалий алгоритмом и ошибок второго рода
Полнота	Отношение правильно обнаруженных аномалий алгоритмом к сумме правильно обнаруженных аномалий алгоритмом и ошибок первого рода
F-мера	Является функцией от точности и полноты алгоритма и оценивает результирующее качество классификации

В результате анализа, подробно описанного авторами в [9, 12], было определено, что в каждом из рассмотренных алгоритмов присутствует вероятность возникновения ошибок первого рода, подразумевающих ложные срабатывания, из-за которых не удастся полностью автоматизировать борьбу со многими сетевыми угрозами. При этом наилучшие показатели качества классификации показали алгоритмы на основе дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) и Бродского-Дарховского (БД). Данные алгоритмы, усиленные критерием согласия Колмогорова-Смирнова, были взяты авторами за основу при разработке модели гибридной системы обнаружения аномалий сетевого трафика.

Целью разрабатываемой системы обнаружения аномалий сетевого трафика является повышение точности и полноты обнаружения сетевых аномалий за счет совместного принятия решений несколькими алгоритмами обнаружения аномалий. В качестве механизма совместного принятия решений предлагается использовать процедуру голосования, где каждый алгоритм выступает в качестве эксперта и голосует о наличии или отсутствии в сетевом трафике аномалии. При этом вес голоса алгоритма будет зависеть от предварительно рассчитанных показателей качества (F-меры) – чем выше будет значение, тем больший вес будет иметь голос алгоритма при голосовании.

Таким образом, задачами разрабатываемого программного прототипа системы обнаружения аномалий сетевого трафика (СОАСТ) являются:

- анализ сетевого трафика;
- обнаружение сетевых аномалий;
- применение для классификации трафика нескольких алгоритмов обнаружения сетевых аномалий;
- повышение точности и полноты обнаружения сетевых аномалий за счет совместного принятия несколькими алгоритмами решений о наличии или отсутствии аномалии с помощью системы голосования.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Для решения выделенных задач разрабатываемая модель СОАСТ должна обеспечить выполнение следующих функций:

- распределенный сбор данных о параметрах сетевого трафика;
- формирование трафика;
- анализ сетевого трафика;
- применение алгоритмов для обнаружения сетевых аномалий;
- представление результатов.

С целью снижения нагрузки на сеть модель СОАСТ предлагается реализовать в виде клиент-серверной системы. Множество распределенных по хостам сети клиентов будут осуществлять распределенный сбор данных о параметрах трафика и анализировать его тремя алгоритмами обнаружения аномалий, а серверная часть будет осуществлять управление клиентами, обработку собранных данных о результатах классификации и принимать итоговое решение по результатам голосования об отсутствии или наличии аномалии в сети. Концептуальная схема модели СОАСТ представлена на рисунке 1.

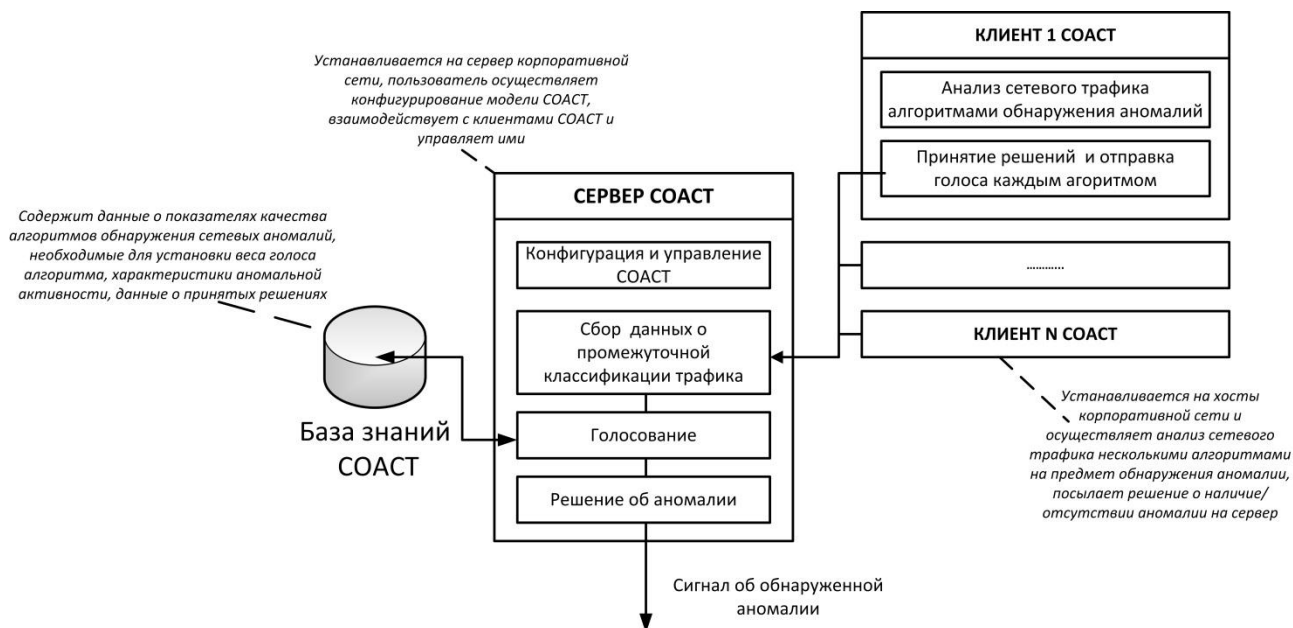


Рисунок 1 – Концептуальная схема модели COAST

Процесс взаимодействия клиентской и серверной части модели COAST описан в виде декомпозиции функциональной диаграммы, в нотации IDEF0 (рис. 2).

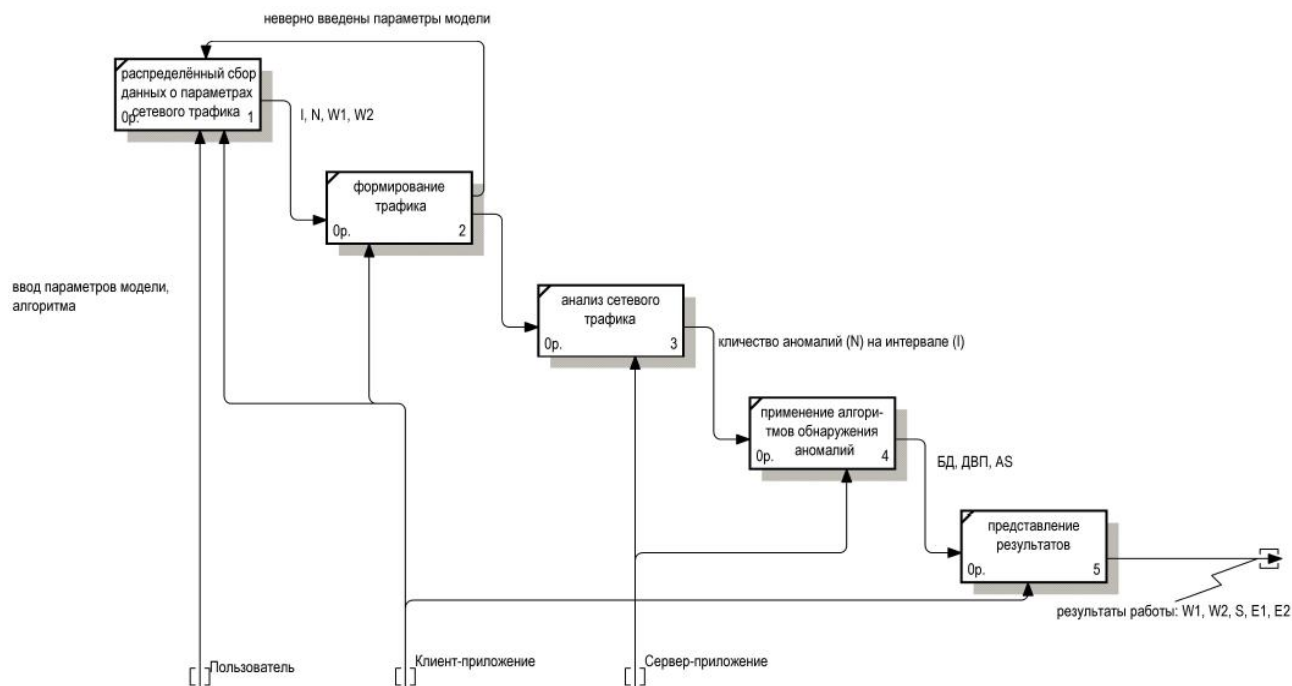


Рисунок 2 – Функциональная модель COAST

Входными данными модели COAST будут являться:

– алгоритмы обнаружения сетевых аномалий: алгоритм БД, алгоритм ДВП, алгоритм принятия решения об аномалии на основе голосования – Anomalies Security (AS);

– параметры модели: число интервалов сетевого трафика (I), число аномалий (N);

– параметры алгоритмов обнаружения аномалий: размеры окон слежения (W1, W2).

Выходными данными программного комплекса будут являться:

– сигнал об обнаруженной аномалии;

- размер скользящего окна 1, размер окна 2 (W_1 , W_2);
- количество правильно обнаруженных аномалий (S);
- количество ошибок первого, второго рода (E_1 , E_2).

Таким образом, разработанная модель СОАСТ позволяет выделить входные, выходные данные и основные функции, которые подлежат реализации в программном прототипе и которые следует учесть при формализации задачи обнаружения сетевых аномалий, разработке архитектуры и выделении отдельных компонент и модулей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная модель СОАСТ была реализована в виде программного прототипа, имеющего клиент-серверную архитектуру. В настоящее время проводятся экспериментальные исследования для того, чтобы оценить возможности применения разработанного прототипа СОАСТ для обнаружения аномалий сетевого трафика и определить рациональные параметры, при которых разработанный программный комплекс предоставляет лучшие результаты. Кроме того, планируется провести сравнительный анализ точности полноты и качества существующих алгоритмов обнаружения аномалий и разработанной модификации с целью оценки эффективности предложенного решения.

В перспективе разработанная СОАСТ может использоваться для мониторинга состояния безопасности корпоративной сети малого предприятия и выявления аномальной активности с целью обнаружения признаков потенциальных нарушений информационной безопасности. Кроме того, программный прототип СОАСТ может быть использован в учебном процессе при обучении студентов в области информационной безопасности и безопасности вычислительных сетей, при проведении лабораторных работ в качестве исследовательского стенда-макета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальное исследование утечек конфиденциальной информации в I полугодии 2015 года // Аналитический центр InfoWatch [Электронный ресурс]. – URL: http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytics/russ/InfoWatch_Global_Report_2015_half_year.pdf (дата обращения: 18.11.2015).
2. Отчет McAfee Labs об угрозах за февраль 2015 // Компания McAfee Labs [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mcafee.com/ru/resources/reports/rp-quarterly-threat-q4-2014.pdf?cid=BHP035> (дата обращения: 18.11.2015).
3. Вершинин В.Е., Бобров Р.Б. Криптографические методы защиты данных с использованием искусственных нейронных сетей // Электронный журнал: наука, техника и образование, 2015. – № 3. – С. 1-6 [Электронный ресурс]. – URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/d168c01edba818717c85ed7ed978fe8e.pdf> (дата обращения: 14.03.2016).
4. Rahman M., Al-Shaer E. A. Formal Framework for Network Security Design Synthesis. Proceedings of the 2013 IEEE 33rd International Conference on Distributed Computing Systems, 2013. – P. 560-570.
5. Микова С.Ю. и др. Причины и источники сетевых аномалий / С.Ю. Микова, В.С. Оладько, М.А. Нестеренко, Е.А. Садовник // Молодой ученый, 2015. – № 22(102). – С. 158-161.
6. Никишова А.В., Чурилина А.Е. Обнаружение распределенных атак на информационную систему предприятия // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. «Информационная безопасность». – Таганрог: Издательство ТТИ ЮФУ, 2013. – № 12(149). – С. 135-143.
7. Басараб М.А., Строганов И.С. Обнаружение аномалий в информационных процессах на основе мультифрактального анализа // Вопросы кибербезопасности, 2014. – № 4(7). – С. 30-40.

8. Шелухин О.И., Филинова А.С. Обнаружение сетевых аномальных выбросов трафика методом разладки Бродского-Дарховского // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт, 2013. – № 10. – Том 7. – С. 116-118.
9. Микова С.Ю., Оладько В.С. Результат исследования алгоритмов выявления сетевых аномалий // Вопросы кибербезопасности, 2015. – № 4(12). – С. 38-41.
10. Гамаюнов Д.Ю., Качалин А.И. Обнаружение компьютерных атак как задача распознавания образов // Материалы V Всероссийского симпозиума по прикладной и промышленной математике. – Кисловодск: Издательство «ТВП», 2004. – С. 91-95.
11. Оладько В.С., Микова С.Ю. Программный комплекс для исследования качества алгоритмов обнаружения сетевых аномалий // Информационные системы и технологии, 2015. – № 5(90). – С. 130-138.
12. Оладько В.С. и др. Критерии оценки качества алгоритмов обнаружения сетевых аномалий / В.С. Оладько, С.Ю. Микова, М.А. Нестеренко, И.А. Кузнецов // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – № 4(35). – С. 87-88.

Микова Софья Юрьевна

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград
Студент кафедры информационной безопасности

Оладько Владлена Сергеевна

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности г.
E-mail: oladko.vs@yandex.ru

S.Yu. MIKOVA (Student of the Department of Information Security)

*V.S. OLAD'KO (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Security)
Volgograd State University, Volgograd*

THE MODEL OF DETECT ANOMALIES IN NETWORK TRAFFIC

There is the problem of anomaly detection of network traffic. Statistics network attacks for the year 2014-2015 was analyzed, it was concluded that their prevalence and the need to protect them. Communication between network attacks and network traffic anomalies is shown. We analyzed the work of Russian and foreign scientists on research in the field of intrusion detection and analysis of anomalies. Five main areas of research are defined: an analysis of the statistical characteristics of network traffic, deep mining network packets, development of methods of suppressing attacks and intrusion prevention, quality assessment algorithms for detecting anomalies and attacks, behavioral analysis of network objects. In the work suggests a functional model of the system, which allows detect the network attack in the early stages of its impact. In the work highlighted the purpose and objectives of the project. The model allows to detect the network attack in the early stages of its exposure through the use of multiple algorithms simultaneously detect anomalies and joint decision-making. Determined the functions of the program complex, allowing solve tasks. The scheme of interaction functions in notation IDEFO presented. The paper contains input and output data of the software prototype of the system anomaly detection in network traffic. The prospects of development of the project shows.

Keywords: intrusion detection; traffic analysis; network attacks; information security; corporate network.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Global'noe issledovanie utechek konfidential'noj informacii v I polugodii 2015 goda //Analiticheskij centr InfoWatch [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytics/russ/InfoWatch_Global_Report_2015_half_year.pdf (data obrashheniya: 18.11.2015).
2. Otchet McAfee Labs ob ugrozax za fevral' 2015 // Kompaniya McAfee Labs [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.mcafee.com/ru/resources/reports/rp-quarterly-threat-q4-2014.pdf?cid=BHP035> (data obrashheniya: 18.11.2015).
3. Vershinin V.E., Bobrov R.B. Kriptograficheskie metody' zashhity' danny'x s ispol'zovaniem iskusstvenny'x nejronny'x setej // E'lektronny'j zhurnal: nauka, texnika i obrazovanie, 2015. – № 3. – S.

- 1-6 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/d168c01edba818717c85ed7ed978fe8e.pdf> (data obrashheniya: 14.03.2016).
4. Rahman M., Al-Shaer E. A. Formal Framework for Network Security Design Synthesis. Proceedings of the 2013 IEEE 33rd International Conference on Distributed Computing Systems, 2013. – P. 560-570.
 5. Mikova S.Yu. i dr. Prichiny' i istochniki setevy'x anomalij / S.Yu. Mikova, V.S. Olad'ko, M.A. Nesterenko, E.A. Sadovnik // Molodoj ucheny'j, 2015. – № 22(102). – S. 158-161.
 6. Nikishova A.V., Churilina A.E. Obnaruzhenie raspredeleenny'x atak na informacionnuyu sistemu predpriyatiya // Izvestiya YuFU. Texnicheskie nauki. Tematicheskij vy'pusk. «Informacionnaya bezopasnost'». – Taganrog: Izdatel'stvo TTI YuFU, 2013. – № 12(149). – S. 135-143.
 7. Basarab M.A., Stroganov I.S. Obnaruzhenie anomalij v informacionny'x processax na osnove mul'tifraktal'nogo analiza // Voprosy' kiberbezopasnosti, 2014. – № 4(7). – S. 30-40.
 8. Sheluxin O.I., Filinova A.S. Obnaruzhenie setevy'x anomal'ny'x vy'brosov trafika metodom razladki Brodskogo-Darxovskogo // T-Comm – Telekommunikacii i Transport, 2013. – № 10. – Tom 7. – S. 116-118.
 9. Mikova S.Yu., Olad'ko V.S. Rezul'tat issledovaniya algoritmov vy'yavleniya setevy'x anomalij// Voprosy' kiberbezopasnosti, 2015. – № 4(12). – S. 38-41.
 10. Gamayunov D.Yu., Kachalin A.I. Obnaruzhenie komp'yuterny'x atak kak zadacha raspoznavaniya obrazov // Materialy' V Vserossijskogo simpoziuma po prikladnoj i promy'shlennoj matematike. – Kislovodsk: Izdatel'stvo «TVP», 2004. – S. 91-95.
 11. Olad'ko V.S., Mikova S.Yu. Programmny'j kompleks dlya issledovaniya kachestva algoritmov obnaruzheniya setevy'x anomalij // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2015. – № 5(90). – S. 130-138.
 12. Olad'ko V.S. i dr. Kriterii ocenki kachestva algoritmov obnaruzheniya setevy'x anomalij / V.S. Olad'ko, S.Yu. Mikova, M.A. Nesterenko, I.A. Kuznecov // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2015. – № 4(35). – S. 87-88.

ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению статьи для опубликования в журнале
«Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

Обязательные элементы:

- **УДК**
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт). Сведения об авторах также предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.