

УДК 007.51; 519.71

## МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сагдеев К.М., Воронов Д.М.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, e-mail: info@ncfu.ru

Уровень подготовки специалистов по защите информации определяется качеством учебно-методического обеспечения. В статье решается научная задача – разработка методики адаптивного управления учебно-методическим обеспечением. Цель адаптивного управления – выработка управляющего воздействия в условиях динамичного изменения системы подготовки специалистов и ее внешней среды. Решение поставленной задачи достигается путем декомпозиции ее на два этапа: анализ и синтез. В процессе системного анализа решена задача формализации управления качеством учебно-методического обеспечения. На втором этапе решена задача синтеза модели адаптивного оптимального управления по критерию минимума среднеквадратического отклонения представляемого уровня качества от требуемого уровня. Разработанная математическая модель системы адаптивного управления описывается уравнением Винера – Хопфа, из которого определяется вектор оптимального управляющего воздействия. Представленная в работе методика адаптивного управления учебно-методическим обеспечением может быть использована при разработке базы моделей для автоматизированной системы поддержки и принятия решений.

**Ключевые слова:** система подготовки специалистов, качество учебно-методического обеспечения, формализация задачи управления, математическая модель, модель адаптивного управления, оптимальное управляющее воздействие

## METHODOLOGY OF ADAPTIVE MANAGEMENT TRAINING AND METHODOLOGICAL SUPPORT THE SYSTEM OF TRAINING SPECIALISTS IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY

Sagdeev K.M., Voronov D.M.

North-Caucasian Federal University, Stavropol, e-mail: info@ncfu.ru

The level of training of specialists in information security is determined by the quality of training and methodological support. In article solved the scientific problem – development of methodology for adaptive management training and methodological support. The goal of adaptive management is to develop a control action in terms of dynamic changes in the training system and its external environment. The solution of this problem is achieved by decomposing it into two stages: analysis and synthesis. In the process of system analysis solved to the problem of formalization of the quality management of training and methodological support. In the second stage solved the problem of the synthesis model of adaptive optimal control by the criterion of minimum mean-square deviations representing the quality level from the desired level. The mathematical model of the adaptive control system is described by the equation of Wiener-Hopf bifurcation, which is determined by the vector of the optimal control action. Presents of the methodology of adaptive management training and methodological support can be used to develop a base of models for automated support systems and decision-making.

**Keywords:** system of training, quality of training and methodological support, the formalization of management tasks, mathematical model, model adaptive control, optimal control action

Общепризнанно, что эффективность защиты информации существенно зависит от человеческого фактора, прежде всего от уровня профессиональной подготовки специалистов. В Доктрине информационной безопасности РФ проблемы развития и совершенствования системы подготовки специалистов, работающих в области обеспечения ИБ, относятся к числу первоочередных мероприятий по реализации государственной политики в рассматриваемой сфере. Особо актуальна проблема повышения уровня подготовки кадров в государственной системе технической защиты информации (ТЗИ). Поскольку согласно постановлению Правительства РФ необходимыми требованиями и условиями осуществления деятельности в области ТЗИ

является наличие у специалистов организации-лицензиата либо соответствующего высшего профессионального образования, либо удостоверения о специальной переподготовке по вопросам защиты информации. Такие жесткие требования введены в связи с наличием определенного дефицита квалифицированных кадров по обеспечению безопасности современных информационных технологий (ИТ).

### Постановка научной задачи

Общеизвестно, что уровень подготовки специалистов по защите информации определяется качеством учебно-методического обеспечения (УМО) системы подготовки [1, 2]. В свою очередь достижение целей УМО образовательного процесса как специфического

вида информационного обеспечения возможно лишь при наличии управления. Поскольку системы подготовки специалистов в области ИБ относятся к сложным организационным системам, то управление такими системами, а также поддержание их динамического равновесия осуществляется в условиях непрерывных изменений их внутреннего состояния и внешней среды [3, 4]. При этом управление стабилизирует или повышает эффективность системы, сохраняя неизменной ее целевую функцию [3, 4].

Исследователи проблем управления в организационных системах выделяют сочетание следующих целей управления: поддержание рационального состояния системы при имеющихся ограничениях, обеспечение эффективности системы и совершенствование системы [3, 4]. Системы подготовки специалистов в области ИБ являются динамическими системами, поскольку социальный и научно-технический прогресс объективно ведут как к изменению системы в целом, так и к изменению качественного состояния УМО и, следовательно, его восприятия пользователем (обучающимся). Из этого следует, что управление такой системой должно динамично изменяться в зависимости от конкретных условий.

Таким образом, возникает научная задача – разработка методики адаптивного управления УМО системы подготовки специалистов в области ИБ. При этом под адаптивным управлением будем понимать выработку управляющего воздействия, которое приводит к изменению структуры УМО и его параметров качества в соответствии с динамикой текущего состояния и условий функционирования для достижения целевой функции.

В целом задача адаптивного управления УМО системы подготовки специ-

алистов в области ИБ представляет собой сложный двухуровневый процесс, предусматривающий сначала осмысление и формулирование целевых решений субъектом управления, т.е. целеполагание и формализацию, а затем выработку управленческих воздействий по определенному критерию, т.е. собственно оптимальное адаптивное управление системой. В решении этой задачи важное место занимает правило или алгоритм взаимосвязи уровней.

### Целеполагание и формализация задачи управления качеством учебно-методического обеспечения

Анализ проблем качества УМО, проведенный в работах [1, 2], позволил сформулировать следующие выводы: качество УМО есть обобщенная характеристика потребительских свойств данного вида деятельности; требуемый и реально предоставляемый уровни качества УМО определяются соответственно информационными потребностями пользователей и применяемыми образовательными технологиями; требуемый и предоставляемый уровни качества УМО есть функции времени; уровни требуемого и реально предоставляемого качества не совпадают, при этом общая тенденция их изменений заключается в одновременном росте пользовательских требований и снижении существующего качества УМО.

Обозначим требуемый и предоставляемый уровни качества УМО соответственно  $Q_m(t)$  и  $Q_n(t)$ , а диапазон их допустимых несоответствий как  $\Delta Q$ . С учетом соотношений между требуемым и предоставляемым уровнями качества, установленными в работах [1, 2], их графическое представление приведено на рис. 1.

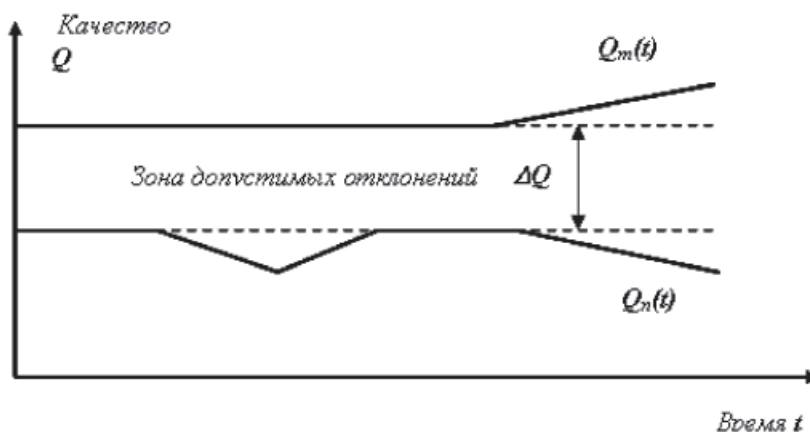


Рис. 1. Представление состояний требуемого и предоставляемого качества УМО

Требование к предоставляемому уровню качества УМО формально имеет вид

$$Q_n(t) \geq Q_m(t) - \Delta Q. \quad (1)$$

Из рис. 1 и условия (1) следует, что несоответствие между  $Q_m(t)$  и  $Q_n(t)$  на величину большую  $\Delta Q$ , порождает необходимость в управляющем воздействии по поддержанию качества УМО в зоне допустимых значений, тогда как, рост пользовательских требований к качеству УМО приводит к необходимости совершенствования последнего. Под совершенствованием УМО понимается управленческая деятельность по приведению его на новый уровень качества. Формально задача совершенствования УМО представляется выражением

$$Q_n(t) \Rightarrow Q_m(t). \quad (2)$$

В работах [1, 2] установлено, что качество УМО определяется образовательными технологиями. В свою очередь, технологии для подготовки специалистов в области ИБ зависят от начального уровня подготовки специалистов, нормативной базы и определяются результатом научно-технического прогресса, эволюционного развития организационной структуры образовательного учреждения, предшествующим объемом технико-организационных работ в данной сфере. Некоторые из этих факторов являются стохастическими и слабо коррелированными процессами и величинами, следовательно, являются трудно управляемыми. Другие факторы в виде таких компонентов технологии, как нормативные документы, учебно-методические материалы, фонд оценочных средств, материально-техническая база, относятся к детерминированным величинам, реализуются детерминированными процессами и, следовательно, являются зависимыми от управленческих решений. Из этого следует вывод о том, что качество УМО подготовки специалистов есть функция его состояния.

Для формализации и разработки модели управления необходимо установить математическую взаимосвязь качества УМО с состоянием качества подготовки специалистов, поскольку последний показатель достаточно просто измеряется и оценивается количественными критериями.

Обозначим существующее (текущее) состояние системы подготовки в виде вектора  $S_n$ , элементы которого  $s_{ni}$  представляют собой управляемые параметры, определяющие качество функционирования системы и способные к трансформации в нужную сторону, т.е.

$$S_n(U) = (s_{n_1}(U_1), s_{n_2}(U_2), \dots, s_{n_l}(U_l)). \quad (3)$$

Такое формальное представление позволяет представить качество системы

подготовки в конкретный момент времени конечным набором значимых параметров ( $i = 1, \dots, l$ ), функционально зависящих от набора управляющих воздействий  $U_i$ . При этом динамическое изменение состояния системы приводит к смещению положения вектора  $S_n$  вдоль некоторой траектории.

Аналогичным образом представим вектором качества УМО:

$$Q_n = (q_{n_1}, q_{n_2}, \dots, q_{n_k}), \quad (4)$$

где каждый параметр качества УМО  $q_{nk}$  однозначно определяется текущей ситуацией  $S_n$  (состоянием системы подготовки) т.е.  $q_{nk} = \psi_k(S_n)$ , ( $k = 1, \dots, K$ ), а функция  $\psi$  определяет взаимосвязь состояния системы подготовки  $S_n$  и параметра качества  $q_{nk}$ . В векторной форме эта связь выражается в виде

$$Q_n = \Psi(S_n), \quad (5)$$

где  $\Psi(S_n)$  – некоторая определенная корреляционная вектор-функция вида

$$\Psi(S_n) = (\psi_1(S_n), \psi_2(S_n), \dots, \psi_K(S_n)). \quad (6)$$

Тогда задача совершенствования УМО формально представляется записью

$$S_n \Rightarrow s_{mi} \in S_m, \text{ при этом } s_{mi} \Rightarrow Q_m, \quad (7)$$

где  $S_m$  – вектор требуемого состояния подготовки специалистов в области ИБ,  $s_{mi}$  – элемент множества перспективных (требуемых) состояний системы подготовки.

Выражение (7) вербально формулируется следующим образом: совершенствование УМО есть систематическая и заранее установленная управленческая деятельность по переводу системы подготовки специалистов в одно из множеств возможных состояний, обеспечивающих требуемый уровень качества УМО. Таким образом, в процессе целеполагания и формализации задачи управления качеством УМО в явном виде сформулирован целевой аспект деятельности – управление, а также указан объект деятельности – система подготовки специалистов.

### Адаптивное управление УМО системы подготовки

Совершенствование УМО в динамически изменяющихся условиях заключается в адаптивном управлении. Его необходимость возникает в связи с априорной неопределенностью условий их функционирования и поведения внешней среды. Эти неопределенности связаны с организационной природой и сложностью системы подготовки специалистов как объекта управления, отсутствием адекватной математической модели взаимосвязи системы подготовки с качеством УМО.

Для разработки требуемой модели адаптивного управления рассмотрим взаимосвязь качества УМО и состояния системы подготовки специалистов. Анализ работ [3–5] в области управления организационными системами позволил с некоторыми допущениями установить математическую взаимосвязь, согласно которой предоставляемое качество УМО определяется в виде взвешенной суммы показателей, описываемых элементами  $s_{ni}$ :

$$Q_n = \Psi(S_n) \cong \sum_{i=1}^l w_i \cdot s_{ni}, \quad (8)$$

где  $w_i$  – коэффициенты, установленные методом экспертных оценок и показывающие вес  $i$ -го показателя (элемента) в оценке качества УМО.

Структурно схема совершенствования УМО в виде модели адаптивного управления представлена на рис. 2. Данная структурная схема совершенствования УМО построена на основе установленной взаимосвязи качества УМО и состояния системы подготовки в совокупности с приведенным далее алгоритмом адаптивного управления.

Для синтеза системы адаптивного оптимального управления необходимо определить критерий эффективности. В рассматриваемой предметной области наиболее приемлемым критерием эффективности является минимум среднеквадратичного отклонения (СКО)  $\varepsilon$  предоставляемого качества УМО от требуемого качества.

При несоответствии предоставляемого качества УМО требуемому качеству схема управления вычисляет величину ошибки:

$$\varepsilon(t) = Q_m(t) - Y^T \cdot Q_n(t), \quad (9)$$

где  $Y$  – матрица-столбец управляющих воздействий (весовых коэффициентов),  $^T$  – операция транспонирования матрицы;  $Q_m$  – ин-

тегральное значение требуемого качества УМО;  $Q_n$  – матрица-столбец предоставляемого качества УМО, каждый элемент которой определяется как  $q_{nk} = w_k \cdot s_{nk}$ , где  $s_{nk}$  –  $k$ -й элемент матрицы-столбца предоставляемого (текущего) состояния системы подготовки;  $w_k$  – вес  $k$ -го элемента в оценке качества УМО.

При этом квадрат этой ошибки равен

$$\varepsilon^2(t) = Q_m^2(t) + Y^T \cdot Q_n(t) \cdot Y - 2 \cdot Q_m(t) \cdot Y^T \cdot Q_n(t). \quad (10)$$

Тогда искомая величина ошибки определяется как математическое ожидание от обеих частей уравнения:

$$E\{\varepsilon^2(t)\} = \overline{Q_m^2} + Y^T \cdot Q_n(t) \cdot Q_n^T(t) \cdot Y - 2 \cdot Q_m(t) \cdot Y^T \cdot Q_n(t). \quad (11)$$

Вводя матрицу взаимной корреляции  $Z_{nm}$ , устанавливающую взаимосвязь между элементами векторов предоставляемого и требуемого качества УМО, и матрицу автокорреляции  $R_{nn}$ , устанавливающую взаимосвязь между элементами вектора текущего предоставляемого качества УМО, а также с учетом того, что  $\overline{Q_m^2} = Q_m$ , в результате преобразования получим

$$E\{\varepsilon^2(t)\} = Q_m + Y^T \cdot R_{nn} \cdot Y - 2 \cdot Y^T Z_{nm}. \quad (12)$$

Из выражения (12) следует, что задача оптимизации заключается в минимизации этого выражения с помощью соответствующего выбора матрицы-вектора управляющего воздействия  $Y$ . Поскольку выражение (12) является квадратичной функцией  $Y$ , а матрица  $R_{nn}$  положительно определена, то эта функция имеет единственный экстремум – минимум. Для нахождения минимума следует приравнять нулю градиент СКО, т.е.

$$\nabla(\varepsilon^2) = 0. \quad (13)$$



Рис. 2. Структурная схема совершенствования УМО

Условие (13) выполняется, если

$$\nabla(\bar{\varepsilon}^2) = -2Z_{nm} + 2R_{nm} \cdot Y. \quad (14)$$

Тогда оптимальный вектор управляющих воздействий определяется уравнением Винера – Хопфа, которое в матричной форме имеет вид

$$Y_{\text{опт}} = R_{nm}^{-1} \cdot Z_{nm}. \quad (15)$$

Таким образом, предлагаемая модель адаптивного управления функционирует по принципу нахождения минимума СКО при некоторых априорно известных характеристиках, к которым относится требуемое качество УМО  $Q_m$  и корреляционные матрицы  $R_{nm}$  и  $Z_{nm}$ , определяющие взаимосвязь состояния системы подготовки  $S_n$  с параметрами качества  $q_{nk}$ . Это означает, что модель работает на основе обратной корреляционной связи. При этом набор (вектор) управляющих воздействий в виде весовых коэффициентов, обеспечивающих минимум СКО, называется оптимальным  $Y_{\text{опт}}$  а качество УМО будет максимальным.

Итак, разработанная методика адаптивного управления УМО системы подготовки специалистов в области ИБ состоит в следующей последовательности операций:

1. Формализованное представление требуемого состояния подготовки специалистов и качества УМО в виде матриц-векторов  $S_m$  и  $Q_m$  соответственно. При этом данные величины должны быть измеряемыми и оцениваться количественно (численно).

2. Измерение (оценка) текущего состояния показателей (элементов) представляемого (текущего) состояния качества подготовки  $S_n$  и определение показателей (элементов) представляемого качества УМО  $Q_n$  по формуле (8).

3. Определение матрицы взаимной корреляции  $Z_{nm}$  между элементами векторов представляемого и требуемого качества УМО, матрицы автокорреляции  $R_{nm}$  элементов векторов представляемого (текущего) качества УМО.

4. Вычисление вектора оптимального управляющего воздействия  $Y_{\text{опт}}$  по критерию минимума СКО с помощью уравнения Винера – Хопфа (15).

Данная методика должна повторяться через некоторые дискретные интервалы времени  $\Delta t$ , в течение которого предоставляемый уровень качества УМО соответствует условию (1). При невыполнении этого условия формируется новое управляющее воздействие, приводящее уровень качества УМО к требуемому качеству.

#### Вывод

Поставленная в статье научная задача решена, при этом произведена формализация задачи управления качеством УМО, раз-

работана математическая модель его адаптивного управления (15). Представленная в работе методика адаптивного управления имеет большую практическую значимость для организационных систем подготовки специалистов в области ИБ. Данная методика достаточно просто реализуется в реальном масштабе времени на современных средствах вычислительной техники. Она может быть положена в основу разработки базы моделей для автоматизированной системы поддержки и принятия решений в системе подготовки специалистов.

#### Список литературы

1. Авсентьев О.С., Прийма В.Н., Малышев А.А. Система подготовки специалистов по защите информации как объект оптимизации // Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: труды XVIII Международной научной конференции (Москва, 25–26 мая 2010 г.) – М.: Академия управления МВД России, 2010. – С. 389–394.
2. Кадурин В.В. Проблема оптимального управления учебно-методическим обеспечением систем подготовки специалистов для органов внутренних дел // Вестник Воронежского института МВД России – 2007 г. – № 3 – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2007. – С. 28–35.
3. Новиков Д.А. Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем (концептуальные положения). – М.: ИПУ РАН, 2001. – 83 с.
4. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
5. Сагдеев К.М., Оленев А.А. Подход к математическому моделированию процесса выработки управляющего воздействия в организационных системах // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. – 2012. – № 3; URL: [www.science-education.ru/103-6461](http://www.science-education.ru/103-6461).

#### References

1. Avsent'ev O.S., Prijma V.N., Malyshev A.A. *Informatizacija i informacionnaja bezopasnost' pravoohranitel'nyh organov: trudy XVIII Mezhduнародной nauchnoj konferencii* (Proc. of the XVIII International scientific conference, 25–26 may 2010). Moscow, Publ. Academy of the management MIA of Russia, 2010, pp. 389–394.
2. Kadurin V.V. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* (Herald of the Voronezh Institute MIA of Russia), 2007, No. 3, Voronezh, Publ. Institute MIA of Russia, 2007, pp. 28–35.
3. Novikov D.A. *Modeli i mehanizmy upravlenija razvitiem regional'nyh obrazovatel'nyh sistem (konceptual'nye polozhenija)*, Moscow, Publ. RAN, 2001, 83 p.
4. Novikov D.A. *Teorija upravlenija organizacionnymi sistemami*, Moscow, Publ. of MPSI, 2005, 584 p.
5. Sagdeev K.M., Olenev A.A. Approach to mathematical simulation of process of elaboration of operating influence in organizational systems, *Journal Modern problems of science and education*, 2012, no. 3, available at: [www.science-education.ru/103-6461](http://www.science-education.ru/103-6461).

#### Рецензенты:

Калмыков И.А., д.т.н., профессор кафедры информационной безопасности автоматизированных систем, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь;

Тебуева Ф.Б., д.ф.-м.н., заведующая кафедрой прикладной математики и компьютерной безопасности, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь.

Работа поступила в редакцию 10.03.2015.