

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

DOI: 10.36724/2072-8735-2021-15-5-38-45

Manuscript received 14 December 2021;
Accepted 25 January 2021

Грачев Михаил Иванович,
Санкт-Петербургский университет МВД России,
г. Санкт-Петербург, Россия, mig2500@mail.ru

Бурлов Вячеслав Георгиевич,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого (СПбПУ),
г. Санкт-Петербург, Россия, burlovvg@mail.ru

Ключевые слова: математическая модель, моделирование, управление, социальная и экономическая система, квалификация руководителя, управленческие решения, учебное заведение, лицо осуществляющее управление, сетевые модели, метод Гауса, дифференциальные уравнения

В современном быстроменяющемся мире происходят постоянные изменения во всех сферах жизнедеятельности человека, в том числе и в социальной и экономической системах, таких областях как образование, право, здравоохранение. Все области требуют изучения на предмет усовершенствования управления и механизмов принятия решений с целью повышения эффективности их функционирования и дальнейшей логике действия улучшающий процесс функционирования процессов в социальных и экономических системах. Внедрение сайтов образовательных организаций в учебные заведения высшего образования (УЗВО) привело к необходимости лица осуществляющего управление (ЛОУ) сайтом организации располагать математической моделью управленческого решения для осуществления противодействия возникающим угрозам. В данной работе мы рассмотрим процесс образования математической модели управленческого решения, которая получается на основе синтеза из переходных состояний системы при использовании дифференциальных уравнений Колмогорова, путем дальнейшего их преобразования в систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и решением их методом Гауса. Математическое моделирование строится на процессах синтеза с применением закона сохранения целостности объекта (ЗСЦО) и естественно-научного подхода (ЕНП). Применение метода синтеза позволяет достигать цель управления на основе необходимых показателей эффективности. Предложенная математическая модель помогает в решении трех процессов направленных на мониторинг возникновения проблемы в управляемой системе, процессом распознавания проблемы и процессом реализации управленческого решения на устранение возникшей проблемы. Итоговое полученное математическое решение моделирования ситуации в социальной и экономической системе, помогает установить модель поведения ЛОУ в зависимости от сложившейся обстановки, что приведет к экономии временного ресурса и возможности его перераспределения на решение других задач. Полученная математическая модель далее может быть усложнена путем добавления новых переменных и условий для осуществления процесса управления.

Информация об авторах:

Грачев Михаил Иванович, Санкт-Петербургский университет МВД России, старший инженер информационного центра, г. Санкт-Петербург, Россия

Бурлов Вячеслав Георгиевич, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), профессор высшей школы техносферной безопасности, д.т.н., профессор, г. Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования:

Грачев М.И., Бурлов В.Г. Математическое моделирование в социальных и экономических системах // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №5. С. 38-45.

For citation:

Grachev M.I., Burlov V.G. (2021) Mathematical modeling in social and economic systems. T-Comm, vol. 15, no.5, pp. 38-45. (in Russian)

Введение

С развитием цифровой индустрии происходят изменения и в социальных и экономических системах, в том числе и в системе высшего образования. В процесс обучения внедряются компьютеры, интерактивные доски, мультимедийные комплексы, актуальное в настоящее время дистанционное обучение, а также современные программные комплексы, направленные на улучшение качества образования, становится необходимым создание и поддержание в актуальном состоянии информационной составляющей web-страницы (сайта) УЗВО. Для лица, осуществляющего управление сайтом образовательной организации (ОО) необходимо бесперебойное функционирование данного информационного ресурса, но с развитием информационных технологий возрастает и количество кибер-атак, направленных на нарушение деятельности сайта образовательного учреждения. Соответственно для достижения цели деятельности бесперебойного функционирования web-страницы УЗВО для ЛОУ сайтом ОО необходимо располагать математической моделью управленческого решения направленного на противодействие возникающим угрозам.

Рассмотрение вопросов управления в УЗВО и оценки эффективности его функционирования с внедрением методологии анализа среды функционирования рассматривали Гаффорова Е.Б., Карловский А.В. [1], рассмотрение современных проблем управления в системе образования занимался Аникин В.И. [2], системно-деятельный подход с инновационными моделями с анализом зарубежного опыта и учета рынка труда рассматривается Макаровой Н.В., Титовой М.Н. [3], вопросы управления на основе ключевой компетенции УЗВО а также их конкурентно способность рассматривается в работах Лариной Е.В. [4-6], научный подход к исследованию проблем в УЗВО в условиях постоянных изменений с целью обеспечения академической привлекательности УЗВО рассматривают в монографии Дмитриев Д.С., Саушкин М.Н., Соловова Н.В., Яшкин С.Н. [7], и только в работах Новикова Д.А. предлагается модель управления региональными образовательными системами [8-11].

Вопросы математического моделирования в социальных и экономических системах рассматриваются такими авторами как: Аверченкова Е.Э., Гончаров Д.И., Помогаева К.Ю., Горелко Г.П., Коровин Д.И., Мараховский А.С., Ширяева Н.В., Таточенко Т.В., Долгополова А.Ф., Гулай Т.А., Литвин Д.Б., Жигалова Н.Е., Заборских А.А., Андреев В.В., Васильева Е.А., Ярмулина О.О. [12-17]. Анализ литературы показал, что в публикуемых источниках отсутствует математическая модель принятия управленческого решения в социальной и экономической системе гарантирующая достижение цели управления, что обуславливает актуальность настоящей работы.

Такая цель как бесперебойное управление для ЛОУ сайтом ОО является приоритетной задачей, для достижения которой необходимо располагать правильно построенной моделью, позволяющей своевременно реагировать на негативные воздействия внешней среды. Разработка и последующее применение методов и методик, позволяющих в более короткие сроки достигать поставленной цели, и будут всегда актуальны и востребованы [18].

1. Общий подход к построению математической модели управленческого решения в социальных и экономических системах

Для рационального подхода к принятию управленческих решений руководитель направления должен располагать аналитическо-динамической моделью управленческого решения, направленную на достижение цели управления. ЛОУ в социальной и экономической системе может применять в своей деятельности сетевое планирование, которое будет являться планом проведения всего цикла процессов обеспечивающих поддержание информационной безопасности направления его работы в целом.

В данной ситуации необходимо рассмотреть два вопроса, а именно:

1. Рассмотреть какие подходы используются к разработке системы;
2. Разработать адекватную модель принятия управленческого решения.

По первому вопросу необходимо отметить, что известны и используются два подхода к разработке системы: на основе анализа и на основе синтеза [19, 20], схематично представленные на рисунке 1.

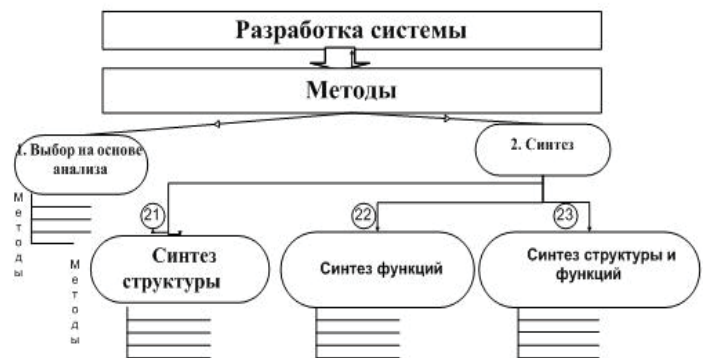


Рис. 1. Два подхода при разработке системы.

По действиям управления такие известные учёные как академик Анохин П.К. и Арбиб М.А. выявили три категории действия ЛОУ, а именно: система, модель и назначение [21, 22].

В печатных и электронных изданиях в основном встречаются подходы, имеющие в своей основе принцип анализа, а для построения нужной нам модели управления УЗВО необходим подход, основанный на синтезе, который возможен только при знании закона построения и функционирования развиваемой системы. То есть такая неразрушающаяся, целостная и повторяющаяся связь свойств и их объектов действия исследуемого объекта при его применении в действии позволяющего сохранять свои первоначальные свойства и не разрушающиеся под негативным воздействием называемый закон сохранения объекта в целостности (ЗСОЦ) [19, 20].

Как итог по первому вопросу необходимо сказать следующее, что в работе мы будем использовать метод, основанный на синтезе. Аналитический метод не позволяет формировать процессы с необходимыми нам заданными работоспособными свойствами, а данный факт не позволит нам создать модель управления.

По второму вопросу мы должны разработать адекватную математическую модель управленческого решения в социальной и экономической системе на примере управления сайтом ОО. Модель основана на системной интеграции трех процессов:

- процесс формирования проблемы (задачи) для ЛОУ;
- процесс определения проблемы (задачи) для ЛОУ;
- процесс нейтрализации (решения) проблемы (задачи) для ЛОУ.

Как отмечалось ранее, в процессе своей жизнедеятельности человек оперирует тремя категориями: система, модель и назначение. Поэтому особенно важно учитывать и использовать эти категории. На рисунке 2 представлено развертывание содержания понятия «деятельность» [21].

Большой вклад в развитие теории функциональных систем внес Анохин П.К. он научно описал и доказал, что решение человека формируется по схеме «возбуждение», «узонавание», «реакция на ситуацию» [22].



Рис. 2. Два подхода при разработке системы

При синтезе модели управления мы должны учитывать адекватность объекта (процесса, функций, характеристик) и его соответствующих свойств того объекта который мы будем моделировать. Адекватность является ключевым моментом в нашей работе, так как гарантирует, что цель управления будет достигнута. На рисунке 3 представлена схема базовой оценки адекватности модели управления.

В основе управления всегда лежит решение того человека, который осуществляет управление в нашем случае это ЛОУ сайтом ОО. Человеку свойственно принимать решение на основе модели. Соответственно, необходимо сделать вывод о том, что та модель процесса, с которым работает ЛОУ и будет являться решением.

Управленческое решение вырабатывается у ЛОУ на основе полученных знаний в соответствии с той обстановкой осуществления деятельности и на основе тех ресурсов, которыми располагает данное лицо. Под ресурсами мы будем понимать:

- аппаратный комплекс или технические средства;
- программный комплекс;

– человеческий ресурс (штат, находящийся в распоряжении руководителя по сферам деятельности).

Можно сделать следующий вывод, что управленческое решение ЛОУ будет состоять из наличия и слаженной работы задействованных ресурсов, и психофизиологических качеств руководителя.

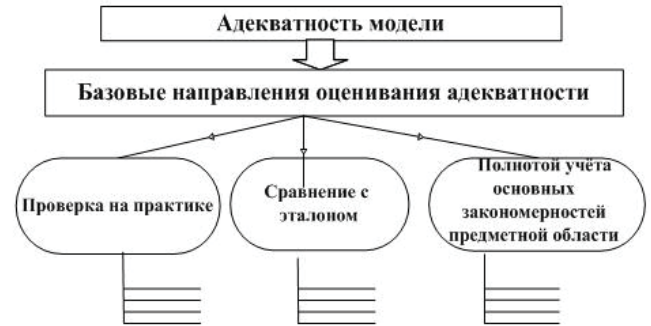


Рис. 3. Базовые направления оценивания адекватности модели управления

Приведенные условия формируются нами для достижения цели управления [20].

2. Синтез модели управленческого решения

Схему развернутого синтеза управленческого решения мы покажем на рисунке 4.

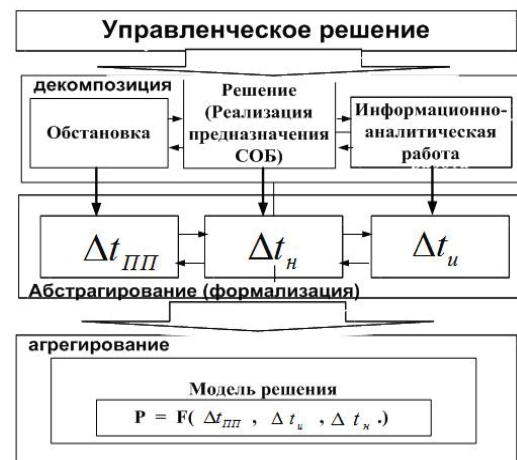


Рис. 4. Развернутая схема синтеза управленческого решения

На верхнем уровне идет процесс декомпозиции и само управленческое решение образует три элемента: обстановка, решение и информационно-аналитическая работа. Применяя метод абстрагирования на среднем уровне:

- обстановка или ситуация отождествляется с периодичностью проявления проблемы перед ЛОУ – $\Delta t_{пп}$;
- решение отождествляется с периодичностью нейтрализации проблемы (по среднему времени адекватного ответа на проблему) ЛОУ – Δt_n ;
- информационно-аналитическая работа отождествляется с периодичностью выявления проблемы (среднее время распознавания ситуации для её нейтрализации) – Δt_n [19].

На последнем уровне, применяя процесс агрегирования, формируем модель управленческого решения в цифровых образовательных системах в следующем виде:

$$P = F(\Delta t_{\text{III}}, \Delta t_{\text{II}}, \Delta t_{\text{I}}) \quad (1)$$

Полученное математическое условие существования процесса, обеспечивает эффективность управленческого решения. Таким образом, мы получили четыре состояния, при которых ЛОУ либо распознает или не распознает образовавшуюся угрозу либо нейтрализует или не нейтрализует образовавшуюся угрозу, схематично это отражено на рисунке 5.

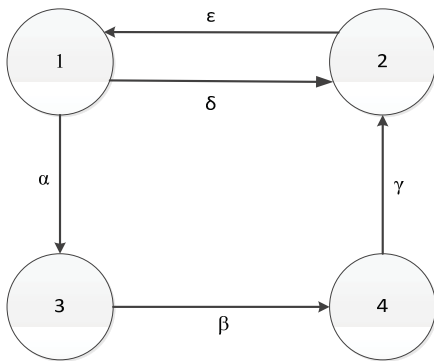


Рис. 5. Схема переходных состояний ЛОУ

На рисунке 5 применены следующие обозначения, а именно:

α – интенсивность воздействия некой угрозы на функционирующую социальную и экономическую систему или время за которое данная интенсивность проявляется;

β – величина равная среднему времени за которое происходит определение воздействие угрозы;

γ – величина равная среднему времени за которое руководитель устраняет негативное воздействие угрозы;

δ – величина равная длительности решения задачи руководителем;

ϵ – величина равная частоте срыва или не выполнения задачи руководителем;

1 – это состояние, при котором ЛОУ не распознает и не нейтрализует;

2 – не определяет, но устраняет;

3 – определяет, но не устраняет;

4 – определяет и устраняет.

Для рассмотрения динамики процесса формирования решения, в данной статье целесообразно использовать непрерывные цепи Маркова. Для реализации этого подхода необходимо сформулировать систему дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена [23, 24] Поэтому характеристики переходов системы представлены на рисунке 5 [20].

Составим систему уравнений Колмогорова для графа состояний, изображенных на рисунке 5 и получим следующие дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -(\delta + \alpha) \cdot P_1(t) + \epsilon \cdot P_2(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \delta \cdot P_1(t) - \epsilon \cdot P_2(t) + \gamma \cdot P_4(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \alpha \cdot P_1(t) - \beta \cdot P_3(t), \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \beta \cdot P_3(t) - \gamma \cdot P_4(t). \end{cases} \quad (2)$$

Чтобы решить данную систему дифференциальных уравнений Колмагорова, мы приравняем производные находящиеся в левой части уравнений к нулю, а вероятностные функции состояний $P_1(t), \dots, P_n(t)$ в правых частях уравнений заменяем соответственно на неизвестные финальные вероятности P_1, \dots, P_n .

Для нахождения точного значения P_1, \dots, P_n , к уравнениям добавим нормировочное условие $P_0 + P_1 + \dots + P_n = 1$. Тогда из полученных дифференциальных уравнений мы можем получить СЛАУ, что позволит нам получить необходимую нам формулу описывающую математическую модель управленческого решения:

$$\begin{cases} 0 = -(\delta + \alpha) \cdot P_1 + \epsilon \cdot P_2, \\ 0 = \delta \cdot P_1 - \epsilon \cdot P_2 + \gamma \cdot P_4, \\ 0 = \alpha \cdot P_1 - \beta \cdot P_3, \\ 1 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4. \end{cases} \quad (3)$$

Путем соответствующих преобразований мы получили СЛАУ, которые решим, используя метод Гауса.

Составим расширенную матрицу системы, для полученного нами СЛАУ:

$$\begin{array}{cccc|c} -(\delta + \alpha) & \epsilon & 0 & 0 & 0 \\ \delta & -\epsilon & 0 & \gamma & 0 \\ \alpha & 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (4)$$

Решение будет выглядеть следующим образом:

– складываем первые три строки и прибавляем к четвертой, получаем следующее решение:

$$\begin{array}{cccc|c} -(\delta + \alpha) & \epsilon & 0 & 0 & 0 \\ \delta & -\epsilon & 0 & \gamma & 0 \\ \alpha & 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 - \beta & 1 + \gamma & 1 \end{array} \quad (5)$$

– прибавляем вторую строку к первой и получаем следующее решение:

$$\begin{array}{cccc|c} -\alpha & 0 & 0 & \gamma & 0 \\ \delta & -\epsilon & 0 & \gamma & 0 \\ \alpha & 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 - \beta & 1 + \gamma & 1 \end{array} \quad (6)$$

Далее мы восстанавливаем преобразованную эквивалентную систему уравнений и получаем:

$$\begin{aligned} -\alpha P_1 + \gamma P_4 &= 0 \\ \delta P_1 - \varepsilon P_2 + \gamma P_4 &= 0 \\ \alpha P_1 - \beta P_3 &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$P_1 + P_2 + (1 - \beta)P_3 + (1 + \gamma)P_4 = 1$$

Выразим первую, вторую и третью строку через P_1 и получим следующие выражения:

$$\begin{aligned} P_4 &= \frac{\alpha}{\gamma} P_1 \\ P_2 &= \frac{\delta P_1 + \gamma P_4}{\varepsilon} = \frac{\delta P_1 + \alpha P_1}{\varepsilon} = \frac{(\delta + \alpha)}{\varepsilon} P_1 \end{aligned} \quad (7)$$

$$P_3 = \frac{\alpha}{\beta} P_1$$

$$P_1 + P_2 + (1 - \beta)P_3 + (1 + \gamma)P_4 = 1$$

Подставим полученные выражения в четвертую строку и получим решение нашего уравнения:

$$P_1 + \frac{(\delta + \alpha)}{\varepsilon} P_1 + (1 - \beta) \frac{\alpha}{\beta} P_1 + (1 + \gamma) \frac{\alpha}{\gamma} P_1 = 1 \quad (8)$$

Произведем решение данного уравнения для нахождения P_1 :

$$P_1 \left(1 + \frac{(\delta + \alpha)}{\varepsilon} + (1 - \beta) \frac{\alpha}{\beta} + (1 + \gamma) \frac{\alpha}{\gamma} \right) = 1 \quad (9)$$

$$P_1 \left(\frac{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon - \alpha\beta\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon + \alpha\beta\gamma\varepsilon}{\beta\gamma\varepsilon} \right) = 1$$

$$P_1 = \frac{\beta\gamma\varepsilon}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon}$$

Находим P_2 , P_3 и P_4 :

$$P_4 = \frac{\alpha\beta\varepsilon}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon} \quad (10)$$

$$P_3 = \frac{\alpha\gamma\varepsilon}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon}$$

$$P_2 = \frac{\delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon}$$

$$P_1 = \frac{\beta\gamma\varepsilon}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon}$$

Из полученных соотношений необходимо выделить то, что мы можем выставить требования к свойствам процесса определения проблем, возникших в системе, и к свойствам процессов направленных на их нейтрализацию.

Вероятность того, что проблема будет идентифицирована и нейтрализована системой управления определяется соотношением:

$$P_2 = \frac{\delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma}{\beta\gamma\varepsilon + \delta\beta\gamma + \alpha\beta\gamma + \alpha\gamma\varepsilon + \alpha\beta\varepsilon} \quad (11)$$

В последнем соотношении (11) показатель эффективности P_2 связал параметры основных процессов по ситуациям возникающим перед ЛОУ в УЗВО. Исходя из соотношения (11) ЛОУ определяет, какие ресурсы необходимо задействовать для решения задач в дальнейшем [18].

Выводы

В связи с возрастающей нагрузкой web-технологий на процессы жизнедеятельности человека, общества и в системе социальных и экономических систем создается предпосылка о необходимости наличия у ЛОУ математической модели управления противодействия возникновения негативной ситуации в управляемой системе. В известных опубликованных работах рассматриваются вопросы разрешения критической ситуации на основе анализа, но не синтеза. В данной работе мы рассмотрели синтез управленческого решения ЛОУ сайта ОО на основе использования единого научного подхода и закона сохранения целостности объекта используемых ведущей научной и научно-педагогической школой Санкт-Петербурга «Системная интеграция процессов государственного управления» включенной в реестр ведущих научных и научно-педагогических школ Санкт-Петербурга [19, 20].

Полученный показатель эффективности P_2 является вероятностью того, что каждая проблема, возникающая в социальной и экономической системе, для ЛОУ будет определена и устранена.

По полученным данным проводится анализ слабых сторон, перераспределяются имеющиеся ресурсы (аппаратный комплекс (технические средства), программный комплекс, человеческий ресурс (штат, находящийся в распоряжении руководителя по сферам деятельности), необходимые для достижения цели управления и беспрывности проводимой работы. Полученная на основе синтеза математическая модель позволяет рассмотреть вероятность событий и фактов с целью улучшения вероятности достижения цели управления в УЗВО ЛОУ [25].

Необходимо отметить что, для рационального подхода к принятию управленческих решений ЛОУ, отвечающий за работу сайта ОО может применять в своей работе сетевое планирование, которое будет служить планом проведения всего цикла процессов поддержания информационной безопасности web-страницы образовательного учреждения. Более подробно сетевые процессы мы рассмотрим в следующих публикациях.

Литература

1. Гаффорова Е.Б., Карловский А.В. О подходах к оценке эффективности деятельности вузов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9. Вып. 3.
2. Аникин В.И. Современные проблемы управления в системе образования (системы управления качеством). Москва, 2017.
3. Макарова Н.В., Титова М.Н. Инновационно-ориентированные модели и методы управления высшим учебным заведением для повышения качества образовательных услуг: монография. СПб.: ГУАП, 2016. 233 с.
4. Ларина Е.В. Механизм управления высшим учебным заведением на основе развития ключевой компетенции // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 12. С. 48.

5. *Ларина Е.В.* Оценка эффективности управления развитием ключевой компетенции вуза как социально-экономической системы // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2011. № 1. С. 15.
6. *Ларина Е.В.* Тенденции обеспечения конкурентоспособности высшего учебного заведения // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2011. № 10 (34). С. 39.
7. *Дмитриев Д.С., Саушкин М.Н., Соловова Н.В., Яикин С.Н.* Инновационные подходы к организации и управлению научно-образовательной деятельностью вуза. Под ред. Т. И. Рудневой. Самара, 2016.
8. *Новиков Д.А.* Теория управления образовательными системами. Народное образование, 2009.
9. *Новиков Д.А.* Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем. М.: ИПУ РАН, 2001. 83 с.
10. *Новиков Д.А.* Введение в теорию управления образовательными системами. М.: Эгвес, 2009. 156 с
11. *Новиков А.М., Новиков Д.А.* Образовательный проект. М.: Эгвес, 2004. 120 с.
12. *Андреев В.В., Васильева Е.А.* Математическое моделирование и исследование динамики социально-экономической системы России // Известия РАЕН. Дифференциальные уравнения. 2009. № 14. С. 25-38.
13. *Андреев В.В., Ярмулина О.О.* Математическое моделирование динамики социально-экономической системы (на примере России) // Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 6. С. 464-474.
14. *Жигалова Н.Е., Заборских А.А.* Математическое моделирование социально-экономических систем. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2014. № 40. С. 195-199.
15. *Долгополова А.Ф., Гулай Т.А., Литвин Д.Б.* Математическое моделирование социально-экономических систем // Учетно-аналитические и финансово-экономические проблемы развития региона: материалы Ежегодной 76-й научно-практической конференции. г. Ставрополь, 24 апреля 2012 г. Ставрополь: Альфа Принт, 2012. 300 с
16. *Мараховский А.С., Ширяева Н.В., Таточенко Т.В.* Математическое моделирование оптимального управления в социально-экономических системах // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 2 (41). С. 274-279.
17. *Горелко Г.П., Коровин Д.И.* Математическое моделирование динамики изменения качественных показателей социально-экономической системы с помощью взвешенных оргграфов. Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2013. № 4 (18). С. 84-91.
18. *Аверченкова Е.Э., Гончаров Д.И., Помогаева К.Ю.* Блок математического моделирования региональной социально-экономической системы в структурно-функциональной схеме советующей информационной системы. В сборнике: Актуальные проблемы социально-гуманитарных исследований в экономике и управлении. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и магистров факультета экономики и управления. 2018. С. 9-12.
19. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* Аналитическо-динамическая модель управленческого решения в социально-экономических системах на примере руководителя учебного заведения высшего образования // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Т. 13. №10. С. 27-34. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10314.
20. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* Модель управления транспортными системами, учитывающей возможности инноваций // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2017. № 4 (42). С. 34-38.
21. *Гуд Х. Х., Махол Р. Э.* Системная инженерия: Введение в проектирование крупномасштабных систем. Нью-Йорк: McGraw-Hill Book Co., 1957. 551 с.
22. *Анохин П.К.* Системные механизмы высшей нервной деятельности // Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979. 453 с.
23. *Доррер А.Г., Доррер Г.А., Рудакова Г.М.* Моделирование учебного процесса на основе теории цепей Маркова // Информационные технологии. 2005. № 11. С. 63-69.
24. *Хвостов А.А.* Математическая модель динамики конфликта на основе марковской цепи. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах/ ФГБОУ ВО "ВГТУ". Воронеж, 2019. № 3-4 (17-18). С. 30-35.
25. *Burlov V. G. Grachev M.I.* Development of mathematical models of the motion of safety management considers the possibility of Web-based technologies. Transportation Research Procedia. 20. 2017. P. 100-106. doi: 10.1016/j.trpro.2017.01.023.

MATHEMATICAL MODELING IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

Mikhail I. Grachev, St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, St. Petersburg, Russia, mig2500@mail.ru

Vyacheslav G. Burlov, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St. Petersburg, Russia, burlovvg@mail.ru

Abstract

In the modern rapidly changing world, there are constant changes in all spheres of human activity, including in the social and economic systems, such as education, law, health care. All areas require study for improving management and decision-making mechanisms in order to increase the efficiency of their functioning and further logic of action improving the process of functioning of processes in social and economic systems. The introduction of the sites of educational organizations into educational institutions of higher education (UHE) has led to the need for the person in charge of the site (LOU) of the organization to have a mathematical model of management decisions to counter emerging threats. In this paper, we will consider the process of forming a mathematical model of an administrative decision, which is obtained on the basis of synthesis from the transition states of the system using the Kolmogorov differential equations, by further transforming them into a system of linear algebraic equations (SLAE) and solving them by the Gauss method. Mathematical modeling is based on synthesis processes using the law of preserving the integrity of the object (ZSCO) and the natural science approach (ESA). The use of the synthesis method allows you to achieve the control goal based on the required performance indicators. The proposed mathematical model helps in solving three processes aimed at monitoring the occurrence of a problem in a controlled system, the process of recognizing the problem and the process of implementing a managerial decision to eliminate the problem. The final obtained mathematical solution for modeling the situation in the social and economic system helps to establish a model of LOU behavior depending on the current situation, which will lead to saving time resources and the possibility of its redistribution for solving other problems. The resulting mathematical model can be further complicated by adding new variables and conditions for the implementation of the control process.

Keywords: *mathematical model, modeling, management, social and economic system, manager's qualifications, managerial decisions, educational institution, person in charge, network models, Gaus's method, differential equations*

References

1. Gafforova E.B., Karlovsky A.V. (2009). About approaches to assessing the effectiveness of universities. *Novosibirsk State University Bulletin. Series: Socio-economic sciences*. Vol. 9. Iss. 3.
2. Anikin V.I. (2017). *Modern problems of management in the education system (quality management systems)*. Moscow.
3. Makarova N.V., Titova M.N. (2016). *Innovation-oriented models and methods of management of a higher educational institution for improving the quality of educational services: monograph*. SPb.: GUAP. 233 p.
4. Larina E.V. (2011). A mechanism for managing a higher education institution based on the development of key competencies. *Science and education: scientific publication of the Moscow State Technical University. N.E. Bauman*. No. 12. P. 48.
5. Larina E.V. (2011). Evaluation of the effectiveness of management of the development of the key competence of the university as a socio-economic system. *Actual innovative research: science and practice*. No. 1. P. 15.
6. Larina E.V. (2011). Trends in ensuring the competitiveness of a higher education institution. *Management of economic systems: electronic scientific journal*. No. 10 (34). P. 39.
7. Dmitriev D.S., Saushkin M.N., Solovova N.V., Yashkin S.N. (2016). *Innovative approaches to the organization and management of the scientific and educational activities of the university*. Edited by T.I. Rudneva. Samara.
8. Novikov D.A. (2009). *Theory of educational systems management*. Public education.
9. Novikov D.A. (2001). *Models and mechanisms for managing the development of regional educational systems*. Moscow: IPU RAN, 2001. 83 p.
10. Novikov D.A. (2009). *Introduction to the theory of management of educational systems*. Moscow: Egves. 156 p.
11. Novikov A.M., Novikov D.A. (2004). *Educational project*. Moscow: Egves. 120 p.
12. Andreev V.V., Vasileva E.A. (2009). Mathematical modeling and research of the dynamics of the socio-economic system of Russia. *Izvestiya RANS. Differential Equations*. No. 14. P. 25-38.

13. Andreev V.V., Yarmulina O.O. (2009). Mathematical modeling of the dynamics of the socio-economic system (on the example of Russia). *Nonlinear World*. Vol. 7. No. 6. P. 464-474.
14. Zhigalova N.E., Zaborskikh A.A. (2014). Mathematical modeling of socio-economic systems. *Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport*. No. 40. P. 195-199.
15. Dolgoplova A.F., Gulai T.A., Litvin D.B. (2012). Mathematical modeling of socio-economic systems. *Accounting and analytical and financial and economic problems of the development of the region: materials of the 76th Annual Scientific and Practical Conference*. Stavropol, April 24, 2012. Stavropol: Alfa Print. 300 p.
16. Marakhovsky A.S., Shiryaeva N.V., Tatochenko T.V. (2014). Mathematical modeling of optimal control in socio-economic systems. *Bulletin of the North Caucasus Federal University*. No. 2 (41). P. 274-279.
17. Gorelko G.P., Korovin D.I. (2013). Mathematical modeling of the dynamics of changes in qualitative indicators of the socio-economic system using weighted digraphs. *Proceedings of higher educational institutions. Series: Economics, finance and production management*. No. 4 (18). P. 84-91.
18. Averchenkova E.E., Goncharov D.I., Pomogaeva K.Yu. (2018). Block of mathematical modeling of the regional socio-economic system in the structural and functional diagram of the advising information system. In the collection: Actual problems of social and humanitarian research in economics and management. *IV All-Russian scientific-practical conference of the faculty and masters of the Faculty of Economics and Management*. P. 9-12.
19. Burlov V.G., Grachev M.I. (2019). An analytical and dynamic model of management decisions in socio-economic systems on the example of the head of an educational institution of higher education. *T-Comm*. Vol. 13. No.10. P. 27-34. DOI: 10.24411 / 2072-8735-2018-10314.
20. Burlov V.G., Grachev M.I. (2017). A model for managing transport systems that takes into account the possibilities of innovation. *Technical and technological problems of service*. No. 4 (42). P. 34-38.
21. Good H.H., Mahol R.E. (1957). *Systems Engineering: An Introduction to Large-Scale System Design*. McGraw-Hill Book Co., New York. 551 p.
22. Anokhin P.K. (1979). *Systemic mechanisms of higher nervous activity*. Systemic mechanisms of higher nervous activity. Nauka, Moscow. 453 p.
23. Dorrer A.G., Dorrer G.A., Rudakova G.M. (2005). Modeling the educational process based on the theory of Markov chains. *Information technologies*. No. 11. P. 63-69.
24. Khvostov A.A. (2019). Mathematical model of conflict dynamics based on the Markov chain. *Information technologies in construction, social and economic systems*. FGBOU VO "VSTU". Voronezh. No. 3-4 (17-18). P. 30-35.
25. Burlov V.G. Grachev M.I. (2017). Development of mathematical models of the motion of safety management considers the possibility of Web-based technologies. *Transportation Research Procedia*. 20 (2017). P. 100-106. doi: 10.1016 / j.trpro.2017.01.023.

Information about authors:

Mikhail I. Grachev, St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Senior Engineer of the Information Center, St. Petersburg, Russia
Vyacheslav G. Burlov, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), Professor at the Higher School of Technosphere Safety, Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg, Russia