

Н. В. Яндыбаева

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

К основным показателям национальной безопасности, согласно Указу Президента РФ № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», относятся: удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств; доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах России; ожидаемая продолжительность жизни; валовой внутренний продукт на душу населения; уровень инфляции; доля расходов в валовом внутреннем продукте на культуру, а также на развитие науки, технологий и образования; доля территории РФ, не соответствующая экологическим нормативам. Математической основой предлагаемой программы является модель системной динамики, которая позволяет формализовать сложные причинно-следственные связи между элементами. Приведено описание разработанной математической модели, состоящей из следующих элементов: системные уровни (моделируемые переменные); потоки, перемещающие содержимое одного уровня к другому; процедуры решений; каналы информации. Моделируемыми переменными в разработанной модели являются основные показатели национальной безопасности РФ. Программный продукт разработан в среде *GUIDE MatLab* и позволяет осуществлять расчет прогнозных значений показателей национальной безопасности на варьируемых временных интервалах и заданных начальных условиях. Приведена диаграмма перехода фокуса управления программы. Расчетный алгоритм программы основан на решении систем обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге – Кутты 4-го порядка. Проанализированы основные этапы работы программы. Описана область применения разработанного программного продукта.

Ключевые слова: национальная безопасность, математическая модель, системная динамика, программный продукт.

Введение

Современное социально-экономическое и политическое состояние России характеризуется снижением темпов экономического роста, высоким уровнем инфляции, возрастанием числа угроз национальной безопасности. Закономерным следствием данных обстоятельств является снижение качества жизни граждан, что делает актуальным проведение исследований в области перехода страны к устойчивому развитию.

Документом, в котором предложены меры по обеспечению национальной безопасности и переходу страны к устойчивому развитию, является Указ Президента РФ № 683 от 31.12.2015 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [1]. Стратегия стала ключевым документом стратегического планирования. В ней указаны национальные интересы и стратегические национальные приоритеты РФ, цели, задачи и меры в области внутренней и внешней политики по укреплению национальной безопасности и обеспечению устойчивого развития страны на долгосрочную перспективу. В число основных показателей, необходимых для оценки состояния национальной безопасности, включены: удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств; доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах России; ожидаемая продолжительность жизни; валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения; уровень инфляции; доля расходов в ВВП на культуру, а также на развитие науки, технологий и образования; доля территории РФ, не соответствующая экологическим нормативам.

Большой вклад в исследования проблем безопасности страны и перехода страны к устойчивому развитию внесли такие ученые, как В. А. Коптюг, В. М. Матросов, А. Д. Гвишиани, В. А. Садовничий, А. А. Акаев, А. В. Коротаяев. Однако результаты этих исследований должны быть актуализированы по причине появления новых угроз безопасности.

Постановка задачи, таким образом, имеет следующий вид: необходимо разработать математическую модель и программное обеспечение для моделирования и прогнозирования основных показателей национальной безопасности России.

Описание математической модели

Для решения поставленной задачи используется модель системной динамики [2–4]. Основным преимуществом системного подхода является учет причинно-следственных связей между элементами модели. Модель имеет следующую структуру: системные уровни (моделируемые переменные), которые представляют собой накопления в цепях обратных связей; темпы, потоки, перемещающие содержимое моделируемых переменных; каналы информации, соединяющие моделируемые переменные. В качестве математической основы методов системной динамики [5] используются дифференциальные уравнения, включающие:

– состояния системы:

$$\frac{d\bar{X}(t)}{dt} = F(\bar{X}(t), \bar{U}(t)), \quad (1)$$

где $\bar{X}(t) = (X_1(t), \dots, X_n(t))$ – вектор состояний системы; $\bar{U}(t) = (U_1(t), \dots, U_m(t))$ – вектор входных воздействий; t – время;

– взаимосвязи входов и выходов системы:

$$\bar{Y}(t) = H(\bar{X}(t), \bar{U}(t)),$$

где $\bar{Y}(t) = (Y_1(t), \dots, Y_p(t))$ – вектор выходов системы.

При составлении дифференциальных моделей происходит выбор переменных состояний системы и устанавливаются связи между ними с помощью функций, содержащихся в правых частях уравнений (1). Фазовое пространство переменных состояний системы задается ограничениями:

$$X_i^{\min} \leq X_i \leq X_i^{\max}; X_i \in [0, 1]; i = \overline{1, n},$$

где X_i^{\min} и X_i^{\max} – минимальные и максимальные значения основных показателей национальной безопасности, которые могут принимать переменные состояния системы.

В разработанной модели системными уровнями (моделируемыми переменными) являются основные социально-экономические показатели национальной безопасности России: X_1 – удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств; X_2 – доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах РФ, других войсках, воинских формированиях и органах; X_3 – ожидаемая продолжительность жизни; X_4 – ВВП на душу населения; X_5 – децильный коэффициент; X_6 – уровень инфляции; X_7 – уровень безработицы; X_8 – доля расходов в ВВП на развитие науки, технологий и образования; X_9 – доля расходов в ВВП на культуру; X_{10} – доля территорий РФ, не соответствующая экологическим нормативам.

При проведении расчетов применяются нормированные относительно значений 2000 г. показатели, которые представляют собой статистические данные, предоставленные Госкомстатом РФ [6], министерствами и ведомствами. Разработанная математическая модель – это система дифференциальных уравнений, описывающих состояние анализируемой системы. В модели приняты следующие обозначения: $X_1(t)$ – текущий уровень удовлетворенности граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств; $X_2(t)$ – текущая доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах РФ, других войсках, воинских формированиях и органах; $X_3(t)$ – текущая ожидаемая продолжительность жизни; $X_4(t)$ – текущий уровень ВВП на душу населения; $X_5(t)$ – текущий уровень децильного коэффициента; $X_6(t)$ – текущий уровень инфляции; $X_8(t)$ – текущий уровень доли расходов в ВВП на развитие науки, технологий и образования; $X_9(t)$ – текущий уровень доли расходов в ВВП на культуру; $X_{10}(t)$ –

текущий уровень доли территорий РФ, не соответствующей экологическим нормативам; $P_l(t)$ – степень реализованности личных прав граждан; $P_{se}(t)$ – степень реализованности социально-экономических прав (права на жилище, права на защиту прав и свобод, права на охрану здоровья, права на труд, отдых и пр.); $Sh_{pr}(t)$ – число зарегистрированных преступлений; $P(t)$ – численность населения; $SO(t)$ – объем государственного оборонного заказа; $E(t)$ – средняя заработная плата; $Zd(t)$ – доля расходов ВВП на здравоохранение; $BN(t)$ – заболеваемость населения; $U(t)$ – уровень безработицы; $De(t)$ – денежная эмиссия; $H(t)$ – число учебных заведений; $Tch(t)$ – численность профессорско-преподавательского состава с учеными степенями и званиями; $Sr(t)$ – среднегодовой объем финансирования научных исследований; $M(t)$ – миграция; $PZ(t)$ – число промышленных предприятий; $VZ(t)$ – объем выбросов загрязняющих веществ в воду, почву, воздух; $Ze(t)$ – затраты на охрану окружающей среды.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dX_1(t)}{dt} &= (P_l(t) + P_{se}(t)) f_1(X_2) f_2(X_3) f_3(X_4) f_7(X_8) f_8(X_9) - Sh_{pr}(t) f_9(X_{10}) f_4(X_5) f_5(X_6) f_6(X_7), \\ \frac{dX_2(t)}{dt} &= (V(t) + SO(t)) f_{10}(X_8) - I(t), \\ \frac{dX_3(t)}{dt} &= (E(t) + Zd(t) + X_8(t)) f_{11}(X_4) f_{20}(X_8) - (BN(t) + I(t) + U(t)) f_{12}(X_5) f_{13}(X_{10}) f_{18}(X_7), \\ \frac{dX_4(t)}{dt} &= \left(\frac{V(t)}{P(t)} + D(t) \right) - (I(t) + U(t)) f_{14}(X_7), \\ \frac{dX_5(t)}{dt} &= (P(t) + Sc_{-}(t) + U(t)) \times f_{16}(X_7) - I(t) f_{15}(X_6), \\ \frac{dX_6(t)}{dt} &= (De(t) + D(t) + E(t)) - (V(t) + W(t)), \\ \frac{dX_7(t)}{dt} &= (I(t) + Sc_{-}(t) + D(t)) f_{15}(X_6) - (W(t) + T(t) + V(t)) f_{27}(X_5), \\ \frac{dX_8(t)}{dt} &= (V(t) + H(t) + Tch(t) + Sr(t)) f_{26}(X_4) - (I(t) + D(t) + M(t) + P(t) + Sc_{-}(t)) f_{19}(X_6), \\ \frac{dX_9(t)}{dt} &= (V(t) + D(t) + Sc_{-}(t)) f_{25}(X_4) - (T(t) + P(t)) f_{21}(X_6), \\ \frac{dX_{10}(t)}{dt} &= (PZ(t) + VZ(t)) f_{22}(X_2) - Ze(t) f_{23}(X_4) f_{24}(X_8). \end{aligned} \right.$$

Функциональные зависимости в модели $f_1(X_2) \dots f_{26}(X_4)$, учитывающие взаимовлияние моделируемых переменных, задаются экспертами [7]. При нормальных условиях, которые при сравнении принимаются за отправную точку, функциональные зависимости не должны изменять базисный темп моделируемой переменной, т. е. они равны 1. Если условия оказываются более благоприятными, чем нормальные, то значение функциональной зависимости должно быть больше 1, если менее благоприятными, то меньше 1. За нормальные условия в данной модели были приняты условия, существовавшие в России в 2000 г. Иными словами, функциональные зависимости системы имеют значение 1 всегда, когда значения уровней системы совпадают с их значениями в 2000 г.

Например, для моделируемой переменной X_5 – децильного коэффициента, функциональные зависимости $f_{15}(X_6)$, $f_{16}(X_7)$ имеют вид полиномов третьей степени:

$$\begin{aligned} f_{15}(X_6) &= 3,1 (X_6)^3 - 4,9 (X_6)^2 + 3,3 X_6 - 0,38; \\ f_{16}(X_7) &= -1,5 (X_7)^3 + 2,6 (X_7)^2 - 0,32 X_7 + 0,094; \end{aligned}$$

В разработанной модели величины отдельных зависимостей не всегда можно определить с заданной точностью, кроме того, часто бывает сложно определить все обратные релевантные связи. Именно поэтому с целью проверки адекватности созданной модели были разработаны также регрессионные модели, построенные по статистическим данным за 2000–2015 гг. [8].

Разработка программного продукта

Для того чтобы повысить скорость вычисления прогнозных значений основных показателей национальной безопасности и, как следствие, увеличить оперативность принятия управленческих решений, необходимо разработать проблемно-ориентированное программное обеспечение.

В настоящее время на российском рынке программных продуктов представлено большое количество аналитических систем, разработанных с использованием новейших информационных технологий в системах поддержки принятия решений (СППР), таких как OLAP-сервер *Hyperion Essbase*, *Oracle Discoverer*, программные решения компании *Cognos*, *Olap Services* компании *Microsoft*, *DSS/OLAP Business Objects*. Среди систем, предлагающих достаточно полные, интегративные решения для поддержки всех уровней СППР, можно отметить разработки *SAS Institute* и российской компании «Прогноз». Особенности программных продуктов данных компаний является отсутствие узкой специализации подобных систем. Как правило, они предназначены для создания единой инфраструктуры электронного межведомственного взаимодействия, оказания государственных услуг населению и бизнесу.

Для автоматизации вычислений прогнозных значений основных показателей национальной безопасности в среде *GUIDE MatLab* разработана «Программа для моделирования и прогнозирования основных показателей национальной безопасности РФ», которая может стать элементом проблемно-ориентированных СППР, предназначенных для использования специалистами отделов экономического анализа и прогнозирования различных уровней власти. *MatLab* обладает рядом преимуществ перед другими программными средами, в частности использует проблемно-ориентированные функции, предоставляющие широкие возможности для решения задач конкретной научной отрасли. *MatLab* имеет объектно-ориентированную графическую систему и графический интерфейс пользователя. Широкие возможности высококачественной визуализации двух- и трехмерных графических изображений позволяют визуализировать результаты вычислений [9]. Для описания последовательности выполнения расчетов на рис. 1 приведена диаграмма перехода фокуса управления. На диаграмме представлены также основные управляющие компоненты программы.

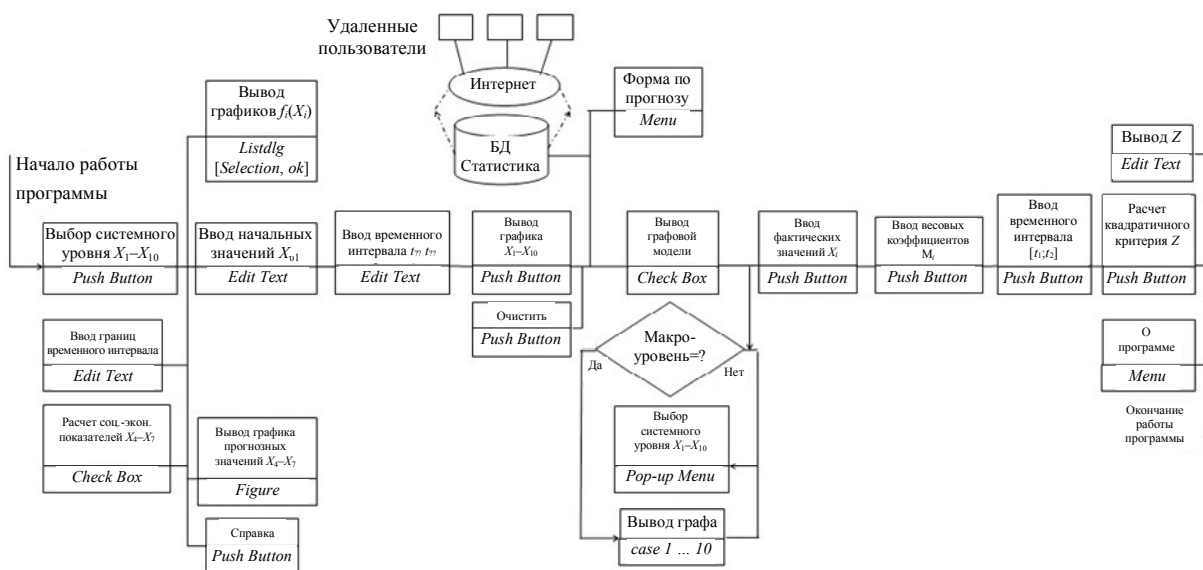


Рис. 1. Диаграмма перехода фокуса управления

На первом этапе работы программы вводятся исходные данные. Пользователь выбирает системный уровень X_1-X_{10} , задает функциональные зависимости, определяющие взаимовлияние моделируемых переменных. Далее задается временной интервал и выбирается социально-экономический показатель, величину которого необходимо спрогнозировать: X_4 – ВВП на душу населения; X_5 – децильный коэффициент; X_6 – уровень инфляции; X_7 – уровень безработицы. Далее для расчета прогнозных значений основных показателей национальной безопасности необходимо ввести начальные значения X_{0i} , задать начальную и конечную точки временного интервала $[t_1; t_2]$. Программа визуализирует результаты расчета с помощью графика динамики показателей на заданном интервале. На следующем этапе программа выводит в диалоговое окно гра-

фовые модели, отражающие структуру взаимосвязей между элементами системы – показателями национальной безопасности. На заключительном этапе определяется значение критерия $Z(t)$, смысл которого заключается в максимизации взвешенных отклонений основных показателей национальной безопасности от пороговых (критических) значений. Критерий позволяет оперативно отслеживать и контролировать состояние национальной безопасности страны:

$$Z(t) = \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^j (X_i^p(t) - X_i^f(t)) \mu_i \cdot dt \rightarrow \max. \quad (2)$$

Принятые обозначения: $i = 1, \dots, j$, ($j = 1 \dots 10$) – показатели национальной безопасности; $X_i^p(t)$, $X_i^f(t)$ – пороговые (критические) и фактические значения показателей национальной безопасности соответственно; μ_i – весовые коэффициенты, назначаемые экспертами; t_1 , t_2 – начальная и конечная границы временного интервала. Величины весовых коэффициентов μ_i неизменны на всех временных интервалах. При задании значений весовых коэффициентов необходимо учитывать следующее условие: $\sum_{i=1}^{10} \mu_i = 1$. На рис. 2 показано диалоговое окно программы, предназначенное для ввода значений весовых коэффициентов, используемых для расчета критерия (2) [10].

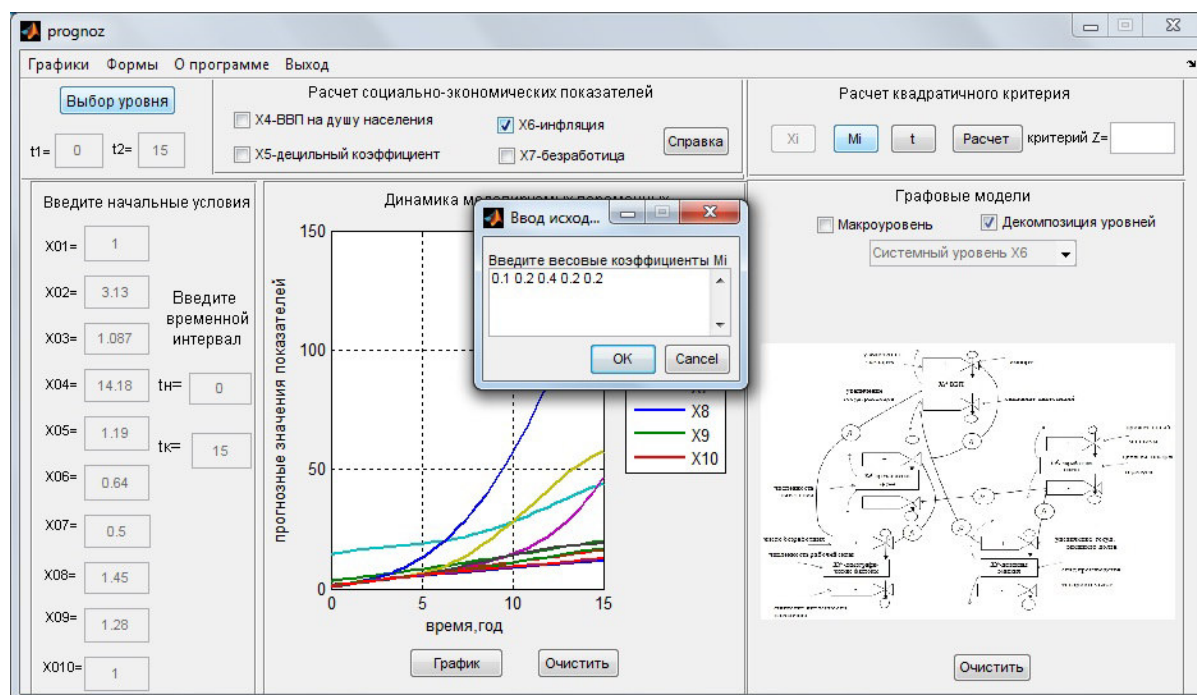


Рис. 2. Ввод исходных данных для расчета критерия $Z(t)$

Для хранения статистической информации используется база данных, сформированная в среде табличного процессора MS Excel.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований получены следующие результаты.

На основе модели системной динамики разработана математическая модель, предназначенная для расчета прогнозных значений показателей национальной безопасности РФ на варьируемых временных интервалах при заданных начальных условиях. Для реализации математического обеспечения разработана программа, реализующая ряд функций по расчету прогнозных значений показателей национальной безопасности. Программа вычисляет значения социально-экономических показателей национальной безопасности, выводит в диалоговое окно графовые модели, отображающие структуру взаимосвязей между показателями. При помощи расчета критерия $Z(t)$ программа позволяет осуществлять контроль состояния национальной безопасности

РФ. Программа может быть использована как элемент информационной системы поддержки принятия решений специалистами отделов экономического анализа и прогнозирования администраций регионального и федерального уровней. Визуализация расчетов с помощью OLAP-технологий, формирующих многомерное представление данных и произвольные срезы анализируемых данных, может стать перспективным направлением усовершенствования программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *О стратегии национальной безопасности Российской Федерации*: Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683 // Российская газета. № 6871 от 13.01.2016.
2. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003. 379 с.
3. *Яндыбаева Н. В., Кушников В. А.* Математическая модель для прогнозирования показателей аккредитации вуза // *Управление большими системами*: сб. тр. Вып. 41. М.: ИПУ РАН, 2013. 423 с.
4. *Яндыбаева Н. В.* Принцип системной динамики в управлении качеством образовательного процесса вуза // *В мире научных открытий*. 2010. № 2 (08), ч. 3. С. 46–48.
5. *Резчиков А. Ф., Цвиркун А. Д., Кушников В. А., Яндыбаева Н. В., Иващенко В. А.* Методы прогнозной оценки социально-экономических показателей национальной безопасности // *Проблемы управления*. 2015. № 5. С. 37–44.
6. *Федеральная служба государственной статистики*. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 01.02.2016).
7. *Яндыбаева Н. В., Кушников В. А.* Математическая модель для прогнозирования изменений показателей национальной безопасности России // *Научное обозрение*. 2015. № 10. С. 115–120.
8. *Клюев В. В., Резчиков А. Ф., Кушников В. А., Иващенко В. А., Богомолов А. С., Филимонюк Л. Ю., Яндыбаева Н. В.* Математические модели для контроля, диагностики и прогнозирования состояния национальной безопасности России // *Контроль. Диагностика*. 2016. № 3. С. 43–51.
9. *Кетков Ю. Л., Кетков А. Ю., Шульц М. М.* MatLAB 7.0: программирование, численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 734 с.
10. *Яндыбаева Н. В., Кушников В. А.* Математические модели, алгоритмы и комплексы программ для мониторинга эффективности образовательной деятельности вуза // *Проблемы управления*. 2015. № 1. С. 53–63.

Статья поступила в редакцию 26.05.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Яндыбаева Наталья Валентиновна – Россия, 413865, Балаково; Балаковский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации; канд. техн. наук; доцент кафедры информационного и документационного обеспечения управления; nat07@inbox.ru.



N. V. Yandybaeva

SOFTWARE FOR MODELING AND FORECASTING OF THE BASIC INDICATORS OF NATIONAL SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. The main indicators of national security, according to Presidential Decree N 683 "On National Security Strategy of the Russian Federation" are: satisfaction of citizens with a degree of protection of their constitutional rights and freedoms, personal and property interests, including criminal encroachments; share of the modern weapons, military and special equipment in the Russian Armed Forces; life expectancy; gross domestic product per capita; inflation; share of expenditure in the gross domestic product for culture, as well as for the development of science, technology and education; a part of the territory of the Russian Federation, that do not meet the environmental standards. The mathematical basis of the program is a model of the system dynamics, which allows

to formalize complex cause-and-effect relationships between the elements. The developed mathematical model, consisting of the following elements: the system levels (the simulated variables), streams conveying the content of one level to another, decision-making procedures and the channels of information, is described. The simulated variables in the developed model are the main indicators of Russian national security. Software product is developed in *GUIDE MatLab* and allows the calculation of the predicted values of national security indicators at varying time intervals and the given initial conditions. The diagram of the transition of program management focus is presented. The calculation algorithm of the program is based on the solution of the systems of ordinary differential equations by Runge – Kutta method of the 4th order. The main stages of the program operations are analyzed. The scope of the developed software product is described.

Key words: national security, mathematical model, system dynamics, software product.

REFERENCES

1. O Strategii natsional'noi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii [On National Security Strategy of the Russian Federation]. Ukaz Prezidenta RF ot 31 dekabria 2015 g. № 683. *Rossiiskaia gazeta*, no. 6871 ot 13.01.2016.
2. Forrester Jay W. *World dynamics*. Cambridge, Massachusetts, Wright-Alien Press, Inc. 1971. 166 p.
3. Iandybaeva N. V., Kushnikov V. A. Matematicheskaia model' dlja prognozirovaniia pokazatelei akkreditatsii vuza [Mathematical model for forecasting of the indicators of accreditation of higher educational institution]. *Upravlenie bol'shimi sistemami. Sbornik trudov*. Iss. 41. Moscow, IPU RAN, 2013. 423 p.
4. Iandybaeva N. V. Printsip sistemnoi dinamiki v upravlenii kachestvom obrazovatel'nogo protsessa vuza [Principle of the system dynamics in quality control of the educational process at higher educational institution]. *V mire nauchnykh otkrytii*, 2010, no. 2–3, pp. 46–48.
5. Rezhnikov A. F., Tsvirkun A. D., Kushnikov V. A., Iandybaeva N. V., Ivashchenko V. A. Metody prognoznoi otsenki sotsial'no-ekonomicheskikh pokazatelei natsional'noi bezopasnosti [Methods of forecasting evaluation of social and economic indicators of the national security]. *Problemy upravleniia*, 2015, no. 5, pp. 37–44.
6. Federal'naia sluzhba gosudarstvennoi statistiki. URL: <http://www.gks.ru> (accessed: 01.02.2016).
7. Iandybaeva N. V., Kushnikov V. A. Matematicheskaia model' dlja prognozirovaniia izmenenii pokazatelei natsional'noi bezopasnosti Rossii [Mathematical model for forecasting the changes in the indicators of the national security in Russia]. *Nauchnoe obozrenie*, 2015, no. 10, pp. 115–120.
8. Kliuev V. V., Rezhnikov A. F., Kushnikov V. A., Ivashchenko V. A., Bogomolov A. S., Filimoniuk L. Iu., Iandybaeva N. V. Matematicheskie modeli dlja kontroliia, diagnostiki i prognozirovaniia sostoianii natsional'noi bezopasnosti Rossii [Mathematical models for control, diagnosis and forecasting the state of the national security in Russia]. *Kontrol'. Diagnostika*, 2016, no. 3, pp. 43–51.
9. Ketkov Iu. L., Ketkov A. Iu., Shul'ts M. M. *MatLAB 7.0: programmirovaniie, chislennye metody* [MATLAB 7.0: programming, numerical methods]. Saint-Petersburg, BKhV-Peterburg, 2005. 734 p.
10. Iandybaeva N. V., Kushnikov V. A. Matematicheskie modeli, algoritmy i kompleksy programm dlja monitoringa effektivnosti obrazovatel'noi deiatel'nosti vuza [Mathematical models, algorithms and complexes of the programs for monitoring the efficiency of the educational activity at university]. *Problemy upravleniia*, 2015, no. 1, pp. 53–63.

The article submitted to the editors 26.05.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yandybaeva Natalya Valentinovna – Russia, 413865, Balakovo; Balakovsky branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Information and Document Support; nat07@inbox.ru.

