

DOI:

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УЧЕБНЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ

**Яндыбаева Н. В., Резчиков А. Ф., Горшков Е. А., Богомолов А. С., Кушников В. А.,
Цвиркун А. Д.**

Балаковский филиал «Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации», г. Балаково, ул. Чапаева, д.107

nat07@inbox.ru

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул.

Профсоюзная д.65

rv4cy@mail.ru

Балаковский филиал «Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации», г. Балаково, ул. Чапаева, д.107

evgenij-gorshkov@mail.ru

Институт проблем точной механики и управления РАН, Саратов,

ул. Рабочая, д.24

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,

г. Саратов, ул. Астраханская, 83

alexbogomolov@yandex.ru

Саратовский научный центр РАН, г. Саратов, ул. Рабочая, д.24

kushnikoff@yandex.ru

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва, ул.

Профсоюзная д.65

tsvirkun@ipu.ru

Аннотация: Представлена математическая модель, разработанная на основе модели системной динамики, для проведения экспресс-анализа состояния и прогнозирования национальной безопасности государств. Приведен алгоритм использования разработанного математического обеспечения при оценке состояния национальной безопасности государств. Показана методика подготовки специалистов в области национальной безопасности в учебных ситуационных центрах.

Ключевые слова: системная динамика, национальная безопасность, математическая модель, ситуационный учебный центр

Введение

В РФ создана система учебных ситуационных центров, целью функционирования которых является повышение эффективности управления на основе применения современных информационно-аналитических технологий поддержки принятия решений в социально-экономической, общественно-политической сферах, а также в сфере национальной безопасности [1]. Впервые необходимость создания системы распределённых ситуационных центров (СРСЦ) была определена Указом Президента РФ «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года», в котором отмечено: «...информационная и информационно-аналитическая поддержка реализации настоящей Стратегии осуществляется при координирующей роли Совета Безопасности Российской Федерации с использованием системы распределённых ситуационных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия» (п. 107) [2]. В национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» запланировано к 2024 году функционирование в России системы распределённых ситуационных центров высших органов государственной власти [3]. В условиях ситуационных центров значительно сокращается время для освоения обучающимися методов проведения различных видов аналитической работы, обучение их моделированию и разработке прогнозных сценариев, оперативному принятию решений и оценке последствий принимаемых управленческих решений в сфере национальной безопасности. Для обучения квалифицированных специалистов необходимо соответствующее математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, которое позволяло бы:

- проводить экспресс-анализ и комплексный анализ социально-экономической, политической, демографической ситуации в регионе/стране;

- оперативно разрабатывать сценарии социально-экономического и политического развития страны, принимать управленческие решения и осуществлять оперативный контроль над ходом их реализации;
- моделировать и воспроизводить критические ситуации, имеющие место в реальной экономической, социальной, политической системах страны;
- обучать принятию управленческих решений в ускоренном режиме или режиме реального времени.

Проблема совершенствования системы государственного управления с использованием Системы Распределенных Ситуационных Центров страны на основе современных представлений развития проблематики управления, кибернетики третьего порядка и цифровой экономики изложена в [4,5].

Разработкой математических моделей и методов для оценки состояния национальной безопасности занимались многие ученые: В.М. Матросов [6], Н.Н. Моисеев, В.А. Коптюг, А.Г. Гранберг, К.С. Лосев, В.Г. Горшков, В.К. Левашов [7], Г. Г. Малинецкий, А. В. Подлазов, В. В. Леонтьев, Л. В. Канторович и др. Созданные учеными модели и методы имеют свои особенности: они носят общий характер, в них отсутствует учет сложных причинно-следственных связей, в них входят множество переменных, для определения которых используются большие массивы статистических данных, в силу чего модели сложны, громоздки и трудоемки при расчете.

В процессе обучения специалистов в области обеспечения национальной безопасности и функционирования учебных центров возникает необходимость проведения экспресс-анализа состояния экономической, социальной, политической сферы страны с отбором ограниченного количества наиболее существенных и сравнительно несложных в исчислении показателей, в результате оперативного расчета которых можно диагностировать ситуацию в национальной безопасности в данный момент времени достаточно точно. На основе результатов экспресс-анализа определяется целесообразность и необходимость проведения более детального (комплексного) анализа состояния национальной безопасности.

Разработка прогнозной математической модели и программного обеспечения для проведения экспресс-анализа и компьютерного моделирования будет способствовать оперативному формированию качественных сценариев политического, социально-экономического развития государства.

1 Математическая модель для экспресс-анализа состояния национальной безопасности государства

1.1 Разработка математической модели

В результате проведенного анализа стратегий национальной безопасности разных государств мира (БРИКС, ООН) были определены следующие моделируемые переменные $X_i(t)$, $i = \overline{1,50}$: $X_1(t)$ –уровень безработицы (%); $X_2(t)$ –децильный коэффициент (%); $X_3(t)$ –уровень инфляции (%); $X_4(t)$ –уровень государственного внешнего долга (в% от ВВП); $X_5(t)$ –уровень государственного внутреннего долга (в % от ВВП); $X_6(t)$ –уровень обеспеченности ресурсами здравоохранения (в % от ВВП); $X_7(t)$ –уровень обеспеченности ресурсами культуры (в % от ВВП); $X_8(t)$ –уровень обеспеченности ресурсами образования и науки (в % от ВВП); $X_9(t)$ –численность военных кадров (чел.); $X_{10}(t)$ – численность инженерно-технических кадров (чел.); $X_{11}(t)$ –удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств (экс. оценка); $X_{12}(t)$ –доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в ВС страны; $X_{13}(t)$ –ожидаемая продолжительность жизни (лет); $X_{14}(t)$ – ВВП на душу населения (руб.); $X_{15}(t)$ –доля территории страны, не соответствующая экологическим нормативам (%); $X_{16}(t)$ –количество терактов; $X_{17}(t)$ –количество кибератак в Интернете; $X_{18}(t)$ –число военных конфликтов в приграничных государствах; $X_{19}(t)$ – число неконтролируемых иммигрантов; $X_{20}(t)$ – количество актов национализма; $X_{21}(t)$ – % ВВП страны на вооружение; $X_{22}(t)$ –количество нарушений поставок топливного, энергетического сырья; $X_{23}(t)$ –характер изменения климата в виде среднегодового колебания температуры; $X_{24}(t)$ –количество смертей вследствие болезней/эпидемий; $X_{25}(t)$ –кол-во уголовных дел, возбужденных по факту плагиата; $X_{26}(t)$ –американское влияние на мировой арене (экс. оценка); $X_{27}(t)$ –количество вооруженных конфликтов внутри страны для защиты территориальной целостности; $X_{28}(t)$ –численность голодающих в стране; $X_{29}(t)$ –количество ядерного вооружения в стране; $X_{30}(t)$ –расходы на международное сотрудничество страны; $X_{31}(t)$ – число внутренних конфликтов из-за раздела территорий; $X_{32}(t)$ –количество прокси-войн; $X_{33}(t)$ –количество этнических конфликтов; $X_{34}(t)$ –объем нелегальных финансовых потоков; $X_{35}(t)$ –объем нелегальной

торговли оружием, людьми, наркотрафик; $X_{36}(t)$ -число природных катастроф; $X_{37}(t)$ -число конфликтов самых влиятельных стран мира за лидерство в регионах; $X_{38}(t)$ -число конфликтов внерегиональных сил за доступ к нефтегазовым ресурсам; $X_{39}(t)$ -число реальных и потенциальных очагов вооруженных конфликтов в районе Персидского залива и смежных с ним регионах; $X_{40}(t)$ -число интернациональных организованных преступных группировок; $X_{41}(t)$ - число новых компаний по торговле энергетическими ресурсами на мировом рынке; $X_{42}(t)$ -затраты страны на ликвидацию последствий эксплуатации нефтяных ресурсов Каспия; $X_{43}(t)$ -объем водных ресурсов в стране; $X_{44}(t)$ -число международных военных конфликтов; $X_{45}(t)$ - количество атак и давления на союзников; $X_{46}(t)$ - объем потерь в ВВП страны вследствие международного финансового кризиса 2008 года (у.е.); $X_{47}(t)$ -объем денежных средств на ликвидацию последствий утечки радиоактивных/ химических отходов (у.е.); $X_{48}(t)$ - число общественных беспорядков в стране; $X_{49}(t)$ -объем финансирования последствий ликвидации метеорологических угроз; $X_{50}(t)$ - число актов демонстрации силы на территории Европы.

Все моделируемые переменные рассматриваются в количественной шкале и при проведении расчетов используются их нормированные значения: $X_i^*(t) = X_i(t) / X_i^H$, $i = \overline{1,50}$, где $X_i(t)$ -текущее значение моделируемой переменной, определенное в численной шкале, X_i^H -нормировочный коэффициент (пороговые значения переменных или их значения в определенный момент времени).

Постановка задачи математического моделирования, таким образом, имеет вид: необходимо разработать математическую модель для компьютерного моделирования и прогнозирования основных показателей национальной безопасности государств.

Для решения поставленной задачи в качестве базовой была выбрана модель системной динамики [8]. Запишем производные переменных $X_i(t)$, $i = \overline{1,50}$ в виде функции данных переменных. Производные уровней динамичны $dX_i(t)/dt$, $i = \overline{1,50}$ и называются потоками - скорости изменения уровней в единицу времени). Взаимосвязи между потоками и моделируемыми переменными представляют собой системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = F_i(X_1(t), \dots, X_n(t)), i = \overline{1,50}$$

Разложим функции F_i в ряд по степеням $X_k(t)$, и исследуем первые члены разложения: $dX_i(t)/dt = \alpha_{i,0} + \alpha_{i,1}X_1(t) + \dots + \alpha_{i,n}X_n(t)$, $i = \overline{1,50}$. Коэффициенты α_i определяются экспериментально. Произведения $\alpha_{i,k}X_k(t)$, $i = \overline{1,50}$ представляют собой темпы i -го потока, t -время. Поскольку анализируемая система является сложной, нелинейной, то темпы зависят от уровней: $\alpha_{i,k} = \alpha_{i,k}(X_1(t), \dots, X_n(t))$, $k = 1 \dots n$.

Далее $\alpha_{i,k}(X_1(t), \dots, X_n(t)) = \alpha_{i,k} f_{i,k,1}(X_1(t)) \dots f_{i,k,n}(X_n(t))$, $k = 1 \dots n$. Принятые обозначения: $\alpha_{i,k} = \text{const}$, $f_{i,k,l}$, $l = 1 \dots n$ зависит только «своего» уровня $X_l(t)$. Значение множителей $f_{i,k,l}$ равно 1 принимается за эталонное, они могут варьироваться в ту или иную сторону. В итоге имеем:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = \alpha_{i,0} + \sum_{k=1}^n \alpha_{i,k} \prod_{l=1}^n f_{i,k,l}(X_l(t)), X_k(t), i = \overline{1,50}$$

Система уравнений (2) представляет собой детализацию модели (1) [9].

Помимо моделируемых переменных в модели присутствуют внешние факторы $VF_i(t)$, $i = \overline{1, w}$, зависящие от времени. На основе корреляционного анализа и проведенного анализа взаимосвязанных временных рядов были выбраны внешние факторы $VF_i(t)$, $i = \overline{1,68}$, воздействующие на моделируемые переменные $X_i(t)$ $i = \overline{1,50}$: $VF_1(t)$ – валовой внутренний продукт (руб.), далее после единицы измерения для каждого внешнего фактора для удобства расчетов приводится условное обозначение, например, для ВВП- $V(t)$; $VF_2(t)$ -уровень инфляции (%), $I(t)$; $VF_3(t)$ -численность экономически активного населения (чел.), $D(t)$; $VF_4(t)$ -налоги (руб.), $T(t)$; $VF_5(t)$ -предложение трудовых ресурсов (чел.), $W(t)$; $VF_6(t)$ –численность населения (чел.), $P(t)$, $VF_{10}(t)$ – объем миграции, $M(t)$; $VF_{12}(t)$ – среднедушевые доходы населения (руб.), $Sc(t)$; $VF_{19}(t)$ – дефицит госбюджета (руб.), $Bd(t)$; $VF_{20}(t)$ – профицит бюджета (руб.), $Bg(t)$; $VF_{21}(t)$ – размер инвестиций (руб.), $In(t)$; $VF_{25}(t)$ - среднегодовой объем научных исследований (руб.), $Sr(t)$; $VF_{33}(t)$ -уровень безработицы (%), $U(t)$; $VF_{37}(t)$ – денежная эмиссия (руб.), $De(t)$; $VF_{65}(t)$ -число конфликтов внутри страны по экономическим, социальным, религиозным, политическим причинам (ед.), $ShK(t)$ и пр.

Внешние факторы измеряются в качественной шкале либо являются количественными. При проведении вычислительных экспериментов используются нормированные значения факторов, значения которых получаются из следующей формулы: $VF_i^*(t) = VF_i(t)/VF_i^H, i = \overline{1,68}$; $VF_i(t)$ -текущее значение переменной в численной шкале, VF_i^H - нормировочный коэффициент.

Далее записывается система нелинейных, неоднородных, разнотемповых, нестационарных дифференциальных уравнений, из решения которой определяются значения переменных $X_i(t), i = \overline{1,50}$ на заданном временном интервале с заданными начальными условиями.

Затем формируется граф H_{SSi} причинно-следственных связей между переменными $X_i(t) i = \overline{1,50}$ и внешними факторами $VF_i(t), i = \overline{1, w}$. Составляется матрица инцидентности графа H_{SSi} и записываются уравнения системной динамики, из решения которых вычисляются значения переменных $X_i(t) i = \overline{1,50}$ на варьируемых временных интервалах. Определяются функциональные зависимости $f_1(F_1), f_2(F_2) \dots f_k(F_k)$, характеризующие причинно-следственные взаимосвязи между переменными.

Орграф причинно-следственных связей между переменными $X_5(t)-X_7(t)$ приведен на рис.1.

Для переменной $X_5(t)$ -уровня государственного внутреннего долга дифференциальное уравнение записывается по пятой строке матрицы $A(|X_i(t) + VF_i(t)| \times |E|)$ графа причинно-следственных связей H_{SSi} , приведенной в таблице 1.

$$\frac{dX_5(t)}{dt} = \frac{1}{X_5^*} \cdot k_5 \cdot ((Bd(t) + V(t) + M(t) + In(t)) \cdot f_{29}(X_{19}, t) \cdot f_{30}(X_{31}, t) \cdot f_{31}(X_{32}, t) \cdot f_{32}(X_{33}, t) \cdot f_{33}(X_{44}, t) - (De(t) + Bg(t)) \cdot f_{34}(X_1, t) \cdot f_{35}(X_3, t));$$

В уравнении (3) нормировка выполняется с помощью множителя $1/X_5^*$, где X_5^* - значение уровня государственного внутреннего долга (пороговое или в конкретный момент времени).

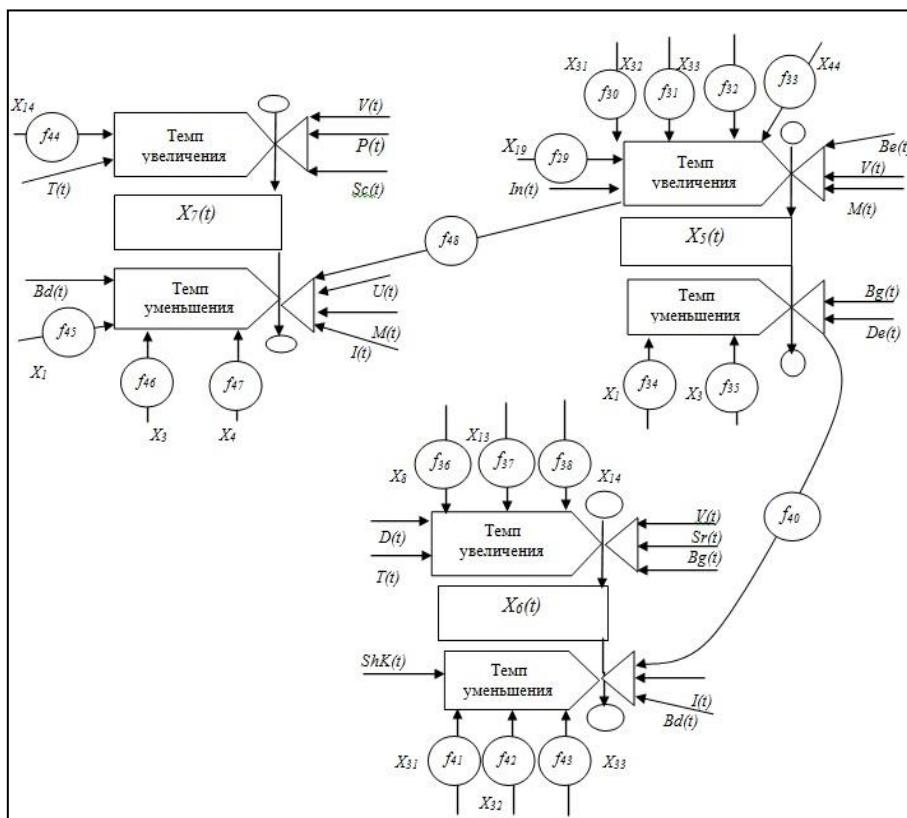


Рисунок 1. Орграф причинно-следственных связей между переменными $X_5(t)-X_7(t)$

Таблица 1. Строка матрицы графа H_{si} , характеризующая причинно-следственные связи, влияющие на моделируемую переменную X_5

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|------------------|------------------|----------|----------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 | X_9 | X_{10} | X_{11} | X_{12} |
| X_5 | -1 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | X_{13} | X_{14} | X_{15} | X_{16} | X_{17} | X_{18} | X_{19} | X_{20} | X_{21} | X_{22} | X_{23} | |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | X_{24} | X_{25} | X_{26} | X_{27} | X_{28} | X_{29} | X_{30} | X_{31} | X_{32} | X_{33} | X_{34} | |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | X_{35} | X_{36} | X_{37} | X_{38} | X_{39} | X_{40} | X_{41} | X_{42} | X_{43} | X_{44} | X_{45} | |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | X_{47} | X_{48} | X_{49} | X_{50} | V | I | D | T | W | P | Pm | |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | F | U | M | E | Sc | Bis | Z | Ex | Im | Sh _{mi} | VT | Bd |
| X_5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Bg | In | H | Mn | Tch | Sr | Ai | Fs | SO | Fn | K | |
| X_5 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Me | Q | Pr | Scl | Fin | De | Pl | P _{se} | Sh _{pr} | PZ | VZ | Ze |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | SN | UR | ShP | VP | FA | DA | FN | NT | ES | UV | HS | |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Ug | ZW | PS | PR | CR | KR | S | IR | ZB | ShB | SB | ZO |
| X_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Разработанная математическая модель для прогнозирования показателей национальной безопасности государств имеет вид (4).

$$\begin{cases}
 \frac{dX_1(t)}{dt} = \frac{1}{X_1^*} \cdot k_1 \cdot ((I(t) + Pm(t) + M(t)) \cdot f_1(X_3, t) \cdot f_2(X_{27}, t) \cdot f_3(X_{28}, t) \cdot f_4(X_{31}, t) \cdot f_5(X_{32}, t) \cdot f_6(X_{36}, t) \cdot f_7(X_{46}, t) - \\
 - (Bis(t) + VT(t) + P_{se}(t) + Q(t)) \cdot f_8(X_{19}, t) \cdot f_9(X_{41}, t)); \\
 \frac{dX_2(t)}{dt} = \frac{1}{X_2^*} \cdot k_2 \cdot ((Sc(t) + SB(t) + KR(t) + M(t)) \cdot f_{10}(X_{19}, t) \cdot f_{11}(X_{28}, t) \cdot f_{12}(X_{49}, t) - (I(t) + U(t)) \cdot f_{13}(X_1, t) \cdot f_{14}(X_3, t)); \\
 \frac{dX_3(t)}{dt} = \frac{1}{X_3^*} \cdot k_3 \cdot ((M(t) + Bd(t) + De(t) + U(t)) \cdot f_{15}(X_{19}, t) \cdot f_{16}(X_{28}, t) \cdot f_{17}(X_{49}, t) - \\
 - (T(t) + Bis(t) + Bg(t) + Ex(t) + Im(t)) \cdot f_{18}(X_4, t) \cdot f_{19}(X_5, t)); \\
 \frac{dX_4(t)}{dt} = \frac{1}{X_4^*} \cdot k_4 \cdot ((Bd(t) + V(t) + M(t) + I(t) + U(t) + Ex(t) + Im(t)) \cdot f_{20}(X_{19}, t) \cdot f_{21}(X_{30}, t) \cdot f_{22}(X_{31}, t) \cdot f_{23}(X_{32}, t) \times \\
 \times f_{24}(X_{33}, t) \cdot f_{25}(X_{44}, t) \cdot f_{26}(X_{46}, t) - (Bg(t) + In(t) + T(t) + Bis(t)) \cdot f_{27}(X_1, t) \cdot f_{28}(X_3, t)); \\
 \frac{dX_5(t)}{dt} = \frac{1}{X_5^*} \cdot k_5 \cdot ((Bd(t) + V(t) + M(t) + Im(t)) \cdot f_{29}(X_{19}, t) \cdot f_{30}(X_{31}, t) \cdot f_{31}(X_{32}, t) \cdot f_{32}(X_{33}, t) \cdot f_{33}(X_{44}, t) - \\
 - (De(t) + Bg(t)) \cdot f_{34}(X_1, t) \cdot f_{35}(X_3, t)); \\
 \vdots \\
 \frac{dX_{46}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{46}^*} \cdot k_{46} \cdot ((U(t) + X_2(t) + I(t) + De(t) + T(t)) \cdot f_{299}(X_1, t) \cdot f_{300}(X_2, t) \cdot f_{301}(X_3, t) \cdot f_{302}(X_4, t) \cdot f_{303}(X_5, t) \cdot f_{304}(X_{34}, t) - \\
 - (PZ(t) + In(t) + Bis(t)) \cdot f_{305}(X_8, t)); \\
 \frac{dX_{47}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{47}^*} \cdot k_{47} \cdot ((ZO(t) + VZ(t) + Sr(t)) \cdot f_{306}(X_{29}, t) \cdot f_{307}(X_{36}, t) - (Ze(t) + V(t) + T(t)) \cdot f_{308}(X_{15}, t)); \\
 \frac{dX_{48}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{48}^*} \cdot k_{48} \cdot ((I(t) + U(t) + M(t) + Bd(t) + Sh_{pr}(t) + PS(t) + PR(t) + CR(t) + KP(t)) \cdot f_{309}(X_1, t) \cdot f_{310}(X_3, t) \cdot f_{311}(X_{16}, t) \times \\
 \times f_{312}(X_{18}, t) \cdot f_{313}(X_{19}, t) \cdot f_{314}(X_{20}, t) \cdot f_{315}(X_{28}, t) \cdot f_{316}(X_{38}, t) \cdot f_{317}(X_{40}, t) - (Pl(t) + P_{se}(t) + ShP(t) + Ug(t)) \cdot f_{318}(X_{11}, t) \cdot f_{319}(X_{14}, t)); \\
 \frac{dX_{49}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{49}^*} \cdot k_{49} \cdot ((IR(t) + VZ(t) + V(t)) \cdot f_{320}(X_{23}, t) \cdot f_{321}(X_{36}, t) - (Fs(t) + Ze(t)) \cdot f_{322}(X_8, t)); \\
 \frac{dX_{50}(t)}{dt} = \frac{1}{X_{50}^*} \cdot k_{50} \cdot ((Sh_{pr}(t) + SB(t) + PS(t) + PR(t) + CR(t)) \cdot f_{323}(X_{16}, t) \cdot f_{324}(X_{26}, t) \cdot f_{325}(X_{31}, t) \cdot f_{326}(X_{32}, t) \cdot f_{327}(X_{33}, t) \times \\
 \times f_{328}(X_{37}, t) \cdot f_{329}(X_{40}, t) - (ZO(t) + ShP(t) + Ug(t)) \cdot f_{340}(X_{29}, t) \cdot f_{341}(X_{30}, t));
 \end{cases}
 \tag{4}$$

При введении в разработанную модель (4) бинарных значений структурных коэффициентов k_i , $i = \overline{1;50}$, приведенных в табл.2, формируется математическая модель для определения прогнозных

значений национальной безопасности любой страны: РФ, ФРГ, США, Индии, Китая, Великобритании, Франции и др.[10].

Функциональные зависимости $f_i(X_3,t)$ - $f_{341}(X_{30},t)$ в разработанной модели (4) используются для учета взаимовлияния моделируемых переменных, аппроксимируются полиномами 3-4 степени; их вид определяется на основе корреляционно - регрессионного анализа.

Таблица 2- Значения структурных коэффициентов для моделей разных стран

| X _i | Структурные коэффициенты k _i | | | | |
|-----------------|---|---------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|
| | Модель для Великобритании | Модель для РФ по Стратегии-2015 | Модель для Китая | ... | Модель для ФРГ по Белой книге |
| X ₁ | 0 | 1 | 0 | | 0 |
| X ₂ | 0 | 1 | 0 | | 0 |
| X ₃ | 0 | 1 | 0 | | 0 |
| X ₄ | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₅ | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₆ | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| ... | ... | ... | ... | | ... |
| X ₄₆ | 1 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₄₇ | 1 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₄₈ | 1 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₄₉ | 1 | 0 | 0 | | 0 |
| X ₅₀ | 0 | 0 | 0 | | 0 |

1.2 Проверка адекватности разработанной математической модели

Для проверки адекватности математической модели (4) и настройки модели используются ретроспективные показатели национальной безопасности.

Рассмотрим процедуру вычисления относительной погрешности для переменной $X_i(t)$ -уровня безработицы в РФ. Функциональные зависимости в уравнении: $f_1(X_3,t)$ -зависимость уровня безработицы от инфляции; $f_2(X_{27},t)$ -зависимость уровня безработицы от количества конфликтов внутри страны; $f_3(X_{28},t)$ -зависимость уровня безработицы от численности голодающих; $f_4(X_{31},t)$ -зависимость уровня безработицы от числа внутренних конфликтов из-за раздела территорий; $f_5(X_{32},t)$ -зависимость уровня безработицы от числа прокси-войн и пр.

Уравнение, например, для функциональной зависимости $f_1(X_{3,t})$ имеет вид:

$$f_1(X_3,t) = 1,3487 \cdot X_3(t)^3 - 3,5657 \cdot X_3(t)^2 + 1,9648 \cdot X_3(t) + 0,5982$$

В 2013 году в РФ ретроспективное, нормированное относительно 2000 года, значение уровня безработицы составило: $X_1^{рemp} = 0,52$. Определим значения переменной X_i в 2013 году по модели системной динамики:

$$X_1^{расч.}(2013) = 1 \cdot (0,32 + 11,24 + 1,22) \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,8 \cdot 0,57 - (0,88 + 1,03 + 1,25 + 1,95) \cdot 0,89 \cdot 0,9 = 0,51$$

Для моделируемой переменной $X_i(2013)$ относительная погрешность:

$$A_1(2013) = \left| \frac{X_1^{рemp}(2013) - X_1^{расч.}(2013)}{X_1^{рemp}(2013)} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{0,5 - 0,512}{0,5} \right| \cdot 100\% = 2,4\%$$

В табл. 3 приведены результаты расчетов значений переменной $X_i(t)$ с использованием разработанной модели (4) и статистических данных, а также относительная погрешность вычислений.

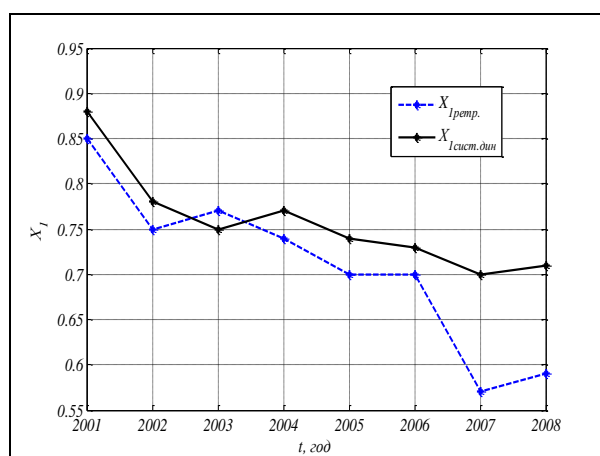
Таблица 3 - Относительная погрешность при расчете переменной $X_i(t)$

| X _i (t) | Годы | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| X ₁ ^{расч.} | 0,88 | 0,78 | 0,75 | 0,77 | 0,74 | 0,73 | 0,7 | 0,71 | 0,82 | 0,67 | 0,59 | 0,53 | 0,51 | 0,55 | 0,62 |

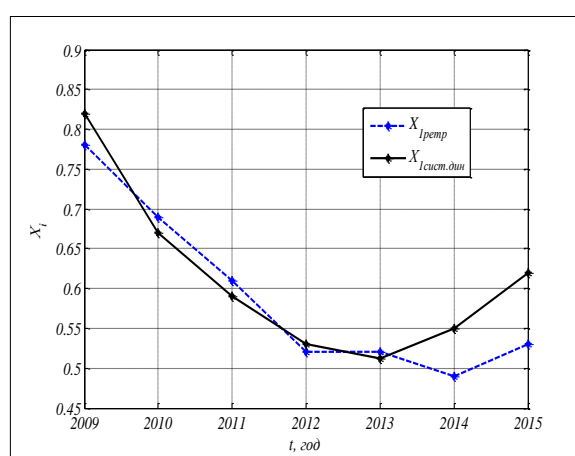
| $X_i(t)$ | Годы | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| $X_{1}^{рстр}$ | 0,85 | 0,75 | 0,77 | 0,74 | 0,7 | 0,7 | 0,57 | 0,59 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,52 | 0,52 | 0,49 | 0,53 |
| $A_1(t),\%$ | 3,5 | 4,0 | 3,0 | 4,1 | 5,7 | 4,3 | 22,8 | 20,3 | 5,1 | 2,9 | 3,3 | 1,9 | 2,4 | 12,2 | 17 |

С 2001 г. по 2006 г. по имеющимся ретроспективным данным проводилась настройка модели (4). Как видно из табл.3, в 2007-2008 гг. нарастает погрешность вычислений по модели (4) - до 22,8% и 20,3% соответственно. Это свидетельствует о необходимости модификации разработанной математической модели. В период кризиса 2008-2009 годов первая информация о росте безработицы появилась в октябре 2008 года, затем с января по апрель 2009 года уровень безработицы вырос. В 2009 г. был принят Указ Президента РФ №537 «О Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 года», в котором были перечислены возникшие в стране угрозы и обозначены приоритеты в социально-экономическом и политическом развитии страны, поэтому разработанная математическая модель была откорректирована.

На рис. 2 изображены графики динамики значений $X_i(t)$, вычисленные по модели (4) и ретроспективных значений переменной на интервалах: [2001;2008] лет и [2009;2015] лет. Также на интервале [2014;2015] гг. наблюдается значительное расхождение между ретроспективными и расчетными значениями переменной $X_i(t)$, при котором погрешность вычислений составляет 12,2% и 17% соответственно. Это иллюстрирует ослабление экономики в 2014 г.: переход Крыма в состав России, введения в отношении РФ санкций со стороны других стран, значительная девальвация рубля. В рассматриваемый период на фоне появления новых внешних и внутренних угроз безопасности страны был подписан Указ Президента РФ №682 от 2015 года «О Стратегии национальной безопасности РФ», в котором были перечислены новые угрозы безопасности страны и предложена концепция противодействия им [11].



а)



б)

Рисунок 2. Динамика переменной $X_1(t)$: а) на интервале [2001;2008]; б) на интервале [2009;2015]

Применяемая математическая модель была актуализирована за счет введения в модель (4) соответствующих структурных коэффициентов $k_i=1$, в ней используются другие показатели национальной безопасности РФ, определенные в Стратегии-2015: $X_{11}(t)$ -удовлетворенность граждан степенью защищенности своих конституционных прав и свобод, личных и имущественных интересов, в том числе от преступных посягательств (экс. оценка); $X_{12}(t)$ -доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах страны; $X_{13}(t)$ -ожидаемая продолжительность жизни (лет); $X_{14}(t)$ - ВВП на душу населения (руб.); $X_{15}(t)$ -доля территории страны, не соответствующая экологическим нормативам (%).

Ретроспективные значения моделируемых переменных $X_2(t)$ -децильный коэффициент, $X_3(t)$ -уровень инфляции, $X_{13}(t)$ -ожидаемая продолжительность жизни при рождении, $X_{14}(t)$ -ВВП на душу населения и значения, рассчитанные по модели (4), и относительные погрешности вычислений A_i приведены в табл. 4.

Таблица 4.-Ретроспективные и расчетные значения $X_2(t)$, $X_3(t)$, $X_{13}(t)$, $X_{14}(t)$

| Годы | $X_2(t)$ | | | $X_3(t)$ | | | $X_{13}(t)$ | | | $X_{14}(t)$ | | |
|------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|----------------|---------------|-----------|----------------|---------------|-----------|
| | $X_{2,расч.}$ | $X_{2,ретр}$ | $A_i, \%$ | $X_{3,расч.}$ | $X_{3,ретр}$ | $A_i, \%$ | $X_{13,расч.}$ | $X_{13,ретр}$ | $A_i, \%$ | $X_{14,расч.}$ | $X_{14,ретр}$ | $A_i, \%$ |
| 2001 | 1,09 | 1 | 9 | 0,78 | 0,85 | 8,2 | 0,97 | 0,998 | 9,8 | 1,18 | 1,23 | 4,1 |
| 2002 | 1,1 | 1,01 | 9,1 | 0,82 | 0,75 | 9,3 | 0,966 | 0,995 | 2,9 | 1,35 | 1,5 | 10 |
| 2003 | 1,09 | 1,04 | 4,8 | 0,81 | 0,77 | 5,2 | 0,95 | 0,994 | 4,4 | 1,77 | 1,84 | 3,8 |
| 2004 | 1,14 | 1,09 | 4,6 | 0,8 | 0,74 | 8,1 | 0,93 | 1,0 | 7,0 | 2,26 | 2,34 | 3,4 |
| 2005 | 1,15 | 1,09 | 5,5 | 0,76 | 0,7 | 8,6 | 0,92 | 1,001 | 8,0 | 2,87 | 3,03 | 5,3 |
| 2006 | 1,2 | 1,14 | 5,3 | 0,74 | 0,7 | 5,7 | 0,93 | 1,021 | 8,8 | 3,6 | 3,79 | 4,8 |
| 2007 | 1,5 | 1,2 | 25 | 0,7 | 0,57 | 26 | 0,9 | 1,035 | 13,0 | 4,08 | 4,69 | 13,0 |
| 2008 | 1,47 | 1,19 | 23,5 | 0,69 | 0,59 | 16,9 | 0,89 | 1,041 | 14,5 | 4,95 | 5,83 | 15,1 |
| 2009 | 1,3 | 1,19 | 9,2 | 0,71 | 0,78 | 9,0 | 0,95 | 1,054 | 9,9 | 5,21 | 5,48 | 4,9 |
| 2010 | 1,29 | 1,19 | 8,4 | 0,73 | 0,69 | 5,8 | 0,97 | 1,055 | 8,1 | 6,07 | 6,5 | 6,6 |
| 2011 | 1,21 | 1,17 | 3,5 | 0,67 | 0,61 | 9,8 | 0,98 | 1,069 | 8,3 | 7,61 | 3,2 | 3,2 |
| 2012 | 1,24 | 1,18 | 5,1 | 0,57 | 0,52 | 9,6 | 1,0 | 1,075 | 7,0 | 8,49 | 3,8 | 3,8 |
| 2013 | 1,22 | 1,17 | 4,3 | 0,55 | 0,52 | 5,8 | 1,0 | 1,084 | 7,8 | 8,91 | 4,5 | 4,5 |
| 2014 | 1,3 | 1,17 | 11,1 | 0,6 | 0,5 | 20 | 0,93 | 1,086 | 14,4 | 8,78 | 14,0 | 14,0 |
| 2015 | 1,32 | 1,19 | 11,8 | 0,61 | 0,53 | 15,1 | 0,92 | 1,087 | 15,4 | 11,9 | 16,1 | 16,1 |

На рис.3 представлены графики моделируемых переменных $X_2(t)$; $X_3(t)$; $X_{13}(t)$ на временном интервале [2000;2015] гг. С 2006 по 2007 г. на рис.3 можно отметить нерабочую зону модели – здесь наблюдается нарастание погрешности вычислений между расчетными и ретроспективными значениями переменных.

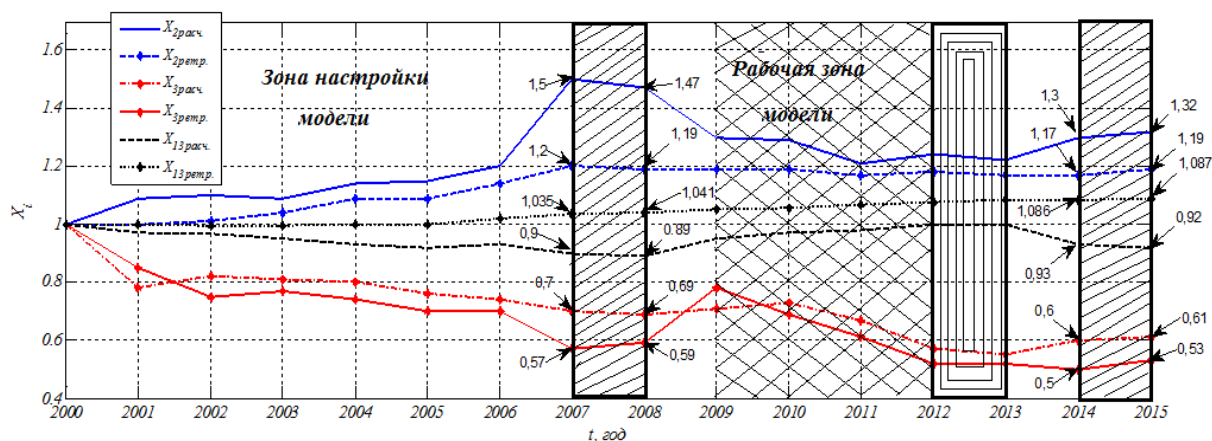


Рисунок 3. Графики ретроспективных и расчетных значений переменных $X_2(t)$; $X_3(t)$; $X_{13}(t)$ на интервале [2000;2015] гг.

Необходимо отметить, что значения всех моделируемых переменных $X_2(t)$, $X_3(t)$; $X_{13}(t)$, рассчитанные по разработанной модели (4) на интервале [2007;2008] гг. (выделен штрихом) демонстрируют значительное расхождение с ретроспективными данными. Относительная погрешность вычислений A_i по разработанной модели в 2008 г. составила 14,5% (min) до 23,5% (max). На данном интервале требуется настройка модели (4).

На интервале [2009;2013] гг. разработанная модель адекватна - относительная погрешность вычислений A_i составляет менее 10%. Это рабочая зона модели.

В 2014 г. величина относительной погрешности A_i варьировалась от 11,1% до 20%. В кризисный период – [2014;2015] гг. исследуемая система демонстрирует стохастическое поведение. Нарастание погрешности свидетельствует о необходимости внесения изменений в модель (4)-использовании других моделируемых переменных $X_i(t)$ или введении в модель новых внешних факторов $VF_i(t)$, позволяющих учитывать позитивное/негативное влияние внешней среды на объект исследования. Также на рис. 3 выделен интервал, в котором расчетные моделируемые переменные минимально расходятся с ретроспективными данными - период относительной стабильности в нашей стране приходится на [2012; 2013] гг.

2 Методика использования разработанного математического и алгоритмического обеспечения для обучения специалистов в сфере национальной безопасности

Подготовка специалистов производится в структурном подразделении ФГБОУ ВО «РАНХиГС» – институте права и национальной безопасности. Также для обучения студентов аналитической работе привлекаются специалисты экспертно-аналитического центра «РАНХиГС». К основным функциям экспертно-аналитического центра РАНХиГС относятся следующие:

- регулирование, организация и стимулирование разработки подразделениями инициативных предложений для органов государственной власти, местного самоуправления, касающихся научно-исследовательского, аналитического и организационного сопровождения;
- экспертиза проектов федеральных законов, регулирующих отношения в социально-экономической и гуманитарной сфере;
- анализ информации, разработка прогнозов и сценариев развития социально-экономических отношений, подготовка соответствующих предложений органов государственной власти и пр.¹

Экспертно-аналитический центр «РАНХиГС» является связующим звеном между Правительством РФ, Президентом РФ и экспертами в регионах. Взаимодействие экспертов из экспертно-аналитического центра «РАНХиГС» с ситуационным учебным центром и различными властными и силовыми структурами приведено на рис.7.

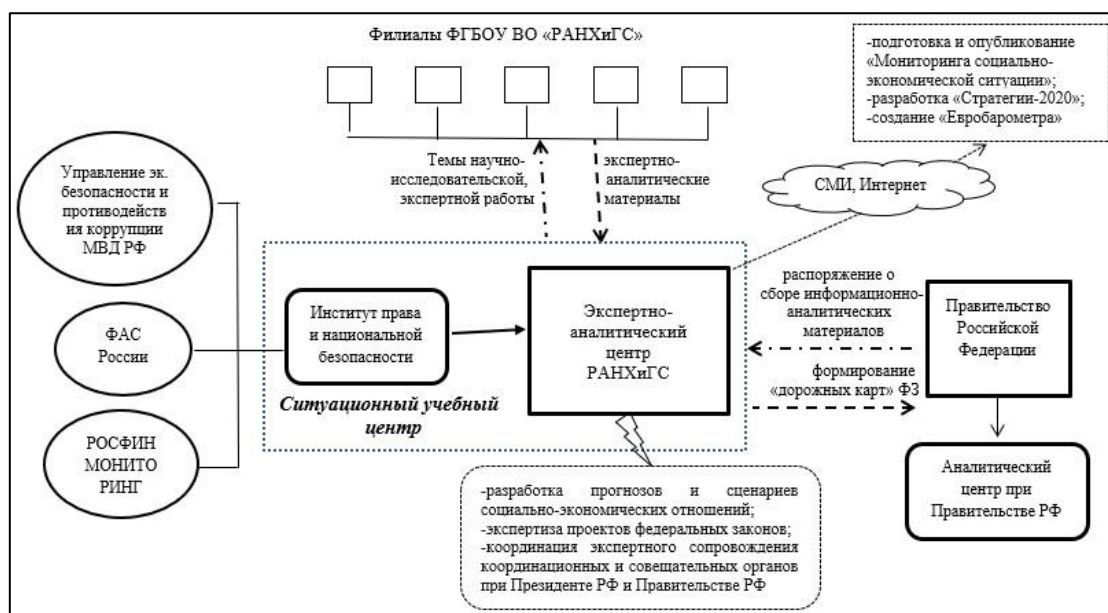


Рисунок 7. Схема взаимодействия ситуационного учебного центра с властными и силовыми структурами

В соответствии с «Единым регламентом взаимодействия распределенных ситуационных центров», утвержденным решением Межведомственной комиссией по координации деятельности федеральных органов исполнительной власти по созданию системы распределенных ситуационных центров (далее – СРСЦ), центры регионов должны взаимодействовать:

- с ситуационными центрами Президента РФ, Полномочного представителя Президента РФ в федеральном округе, Правительства РФ, Администрации Президента РФ и других федеральных органов исполнительной власти;
- с органами государственной власти субъекта;
- с муниципальными образованиями субъекта;
- с территориальными отделениями федеральных органов исполнительной власти;
- с предприятиями и организациями.

Взаимодействие информационных систем участников СРСЦ, используемых для единой системы межведомственного электронного взаимодействия и единой системы идентификации и аутентификации, осуществляется через комплексы информационного взаимодействия (КИВ).

¹ ФГБОУ ВО «РАНХиГС»: официальный сайт. - Москва. - Обновляется в течение суток. -URL: <https://www.ranepa.ru>. (дата обращения: 12.10.2019).

представляют собой аппаратно-программные средства, обеспечивающие безопасное информационное взаимодействие с использованием защищенной телекоммуникационной сети [12].

К основным этапам подготовки специалистов-аналитиков в сфере национальной безопасности можно отнести следующие:

- обучение в институте права и национальной безопасности РАНХиГС по образовательным программам бакалавриата и магистратуры.
- В процессе обучения прохождения практик и стажировок в различных органах государственной власти: Федеральной службе финансового мониторинга (РОСФИНМОНИТОРИНГ), Федеральной налоговой службе, Федеральной антимонопольной службе (ФАС России), Росприроднадзоре, Росимуществе, Аналитическом центре при Правительстве Российской Федерации, Управлении экономической безопасности и противодействия коррупции Министерства внутренних дел, Государственной думе Федерального Собрания Российской Федерации.
- Подготовка будущих специалистов в ситуационном учебном центре РАНХиГС проводится при участии экспертов из экспертно-аналитического центра «РАНХиГС». Аналитическая работа в области национальной безопасности включает в себя формирование профессиональных компетенций, связанных с оценкой состояния национальной безопасности государства (проведение экспресс-анализа); разработку сценариев социально-экономического и политического развития страны; моделирование условий возникновения критических ситуаций и др.

По окончании обучения бакалавры и магистры по национальной безопасности в дальнейшем работают в органах государственной власти и управления, в различных силовых структурах, в бизнесе.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 3 октября 2013 г. № Пр-2308 «Концепция создания системы распределенных ситуационных центров органов государственной власти Российской Федерации».
2. Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 г. (утв. Указом Президента РФ от 12.05.2009. № 537). URL: <http://www.scrf.gov.ru> (дата обращения 15.10.2015).
3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.
4. Авдеева З. К., Барышников П.Ю., Бауэр В.П., Зацаринный А.А., Журенков Д.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б. Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития // Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова – Москва: «Когито-Центр», 2017. – 416 с.
5. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития. – Москва: МедиаПресс, 2011. – 336 с.
6. Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В. К. и др. Подходы к разработке национальной стратегии устойчивого развития России. – Москва. Изд-во «Академия», 2001. – 409 с.
7. Левашов В. К. Устойчивое развитие общества: парадигма, модели, стратегия. - Москва Academia, 2001. — 175 с.
8. Yandybaeva N., Rezchikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Kushnikov O., Tsvirkun A. Mathematical Models, Algorithms and Software Package for the National Security State of Russia // Studies in Systems, decision and control. Springer International Publishing. V. 199. - 2019. Pp. 646–659.
9. Бродский Ю. И. Лекции по математическому и имитационному моделированию. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 240 с.
10. Яндыбаева Н. В., Кушников В. А., Резчиков А. Ф., Иващенко В. А. Разработка инвариантной математической модели для прогнозирования национальной безопасности государств. //Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019. Материалы двенадцатой международной конференции. Под общей редакцией С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. Изд-во: ФГБУН Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. - 2019. - С.433-436.
11. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 31.12.2015 № 683) // Российская газета. № 6871 от 13.01.2016.
12. Яндыбаева Н. В., Кондратов Д. В. Математические модели, алгоритмы и комплексы программ для анализа состояния и прогнозирования показателей национальной безопасности государства// Прикладная информатика. – 2020. - Т. 15, № 1. - С. 19 – 36.