

Для цитирования: Экономика региона. — 2016. — Т. 12, вып. 2. — С. 371-382
doi 10.17059/2016-2-4
УДК: 330.8

А. А. Куклин^{а, б)}, С. А. Охотников^{а, б)}, Л. А. Коршунов^{в)}

^{а)} Институт экономики УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация)

^{б)} Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
(Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: alexkuklin49@mail.ru)

^{в)} Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Барнаул, Российская Федерация)

АРХИТЕКТОНИКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «АНТИКРИЗИС»¹

В статье представлена блок-схема информационно-аналитической системы «Антикризис», предназначенной для комплексной оценки параметров экономической безопасности субъектов РФ при учете рисков, угроз и их прогнозирования. Схема отражает взаимодействие отдельных программных модулей. Описывается интеграция модулей с единой системой управления базами данных: доступ к базе данных, автоматическое резервное копирование и восстановление баз данных в реальном времени, передача данных по открытому каналу с использованием современных алгоритмов шифрования.

Выделены основные блоки системы: блок диагностирования состояния экономической безопасности, блок благосостояния личности и территории проживания, блок экстремизма, корреляционный блок, блок моделирования и прогнозирования безопасности субъектов РФ.

В рамках блока моделирования приводится основная обобщенная математическая модель на основе системы нелинейных дифференциальных уравнений, созданная с целью учета корректирующих коэффициентов, а также учета всех видов взаимодействия показателей. С использованием обобщенной модели составлены основные виды оптимизационных задач взаимодействия показателей. На основании построенных оптимизационных задач произведено прогнозирование с 2016 г. по 2020 г.

Ключевые слова: информационно-аналитическая система «Антикризис», нелинейное прогнозирование, благосостояние личности и территории проживания, социально-экономические кризисы, вероятность наступления угроз, диагностика социально-экономического состояния субъектов Уральского федерального округа

Введение

При создании любого программного комплекса всегда требуется выделение основного стержня (основной части), в рамках которой будет анализироваться тот или иной объект. Таким стержнем в архитектурно-аналитическом комплексе «Антикризис» является благосостояние личности и территории проживания. Блок-схема благосостояния и влияющие на него показатели подробно рассмотрены авторами в [1, 2].

Оценка благосостояния личности и территории проживания проводится по 8 модулям:

— оценка благосостояния на уровне личности (духовный, витальный, социальный модули и модуль благополучия (I));

— оценка благосостояния на уровне территории проживания (ресурсный, экономико-по-

литический, инфраструктурный модули и модуль благополучия (II)).

База данных представляет собой набор абсолютных значений показателей и их нормализованную оценку. Входные данные представлены в виде временных рядов, а их выбор для исследования может осуществляться по годам (1998–2015 гг.), по территориям и по основным модулям благосостояния. В работе [3] выполнен анализ благосостояния личности и территории проживания субъектов Уральского федерального округа, которые, по предположению авторов, являются типовыми.

Основная цель данного комплекса — выявление и диагностика кризиса, вероятностное оценивание угроз и рисков, а также прогнозирование состояния региона на следующие 3–5 лет.

Модель

При описании благосостояния для каждой территории используется 140 показателей.

¹ © Куклин А. А., Охотников С. А., Коршунов Л. А. Текст. 2016.

Такой массив данных слишком велик для описания одной области, поэтому в работе [3] авторы предприняли попытку описать благосостояние типопредставителей УрФО малым набором показателей (основных переменных). С этой целью был использован математический подход, связанный с корреляционными функциями (корреляционный блок, рис. 1, 2).

В рамках данного подхода для всех показателей определяются скорость изменения временного ряда, функция сдвиговой взаимной корреляции показателей и аналога импульсной характеристики самих показателей. Аналог импульсной характеристики учитывает знак изменения показателя.

Функция сдвиговой взаимной корреляции определяется [3, 9]:

$$C(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^{k-\tau} X(t)Y(t+\tau)}{\sum_{t=1}^{k-\tau} X(t)Y(\tau)}, \quad (1)$$

где t — время; $X(t)$, $Y(t)$ — значение показателей в момент времени t ; $Y(t+\tau)$ — значение показателя со сдвигом во времени; τ — сдвиг во времени; k — максимальное значение t . На основании (1) из всего множества показателей отбираются основные показатели и основные виды взаимодействия и взаимовлияния (первичное, вторичное) показателей.

Функция (1) отличается от принятого выражения для корреляционной функции [4, 5] тем, что она более чувствительна к малым изменениям показателя, которые приводят к лучшему выявлению кризисных ситуаций. По поведению функции (1) можно также судить о сходстве двух показателей. Далее определяются нормализованные оценки с учетом влияния различного уровня и на основании этого строятся томографические карты областей УрФО. Исследования, связанные с взаимовлиянием показателей друг на друга, более подробно описаны в работе авторов [3] и апробированы на показателях Свердловской области.

Моделирование и прогнозирование

Различного рода взаимодействия показателей с основными показателями опишем с помощью системы нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений первого порядка (см. рис. 2, 3):

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = \sum_{i=0}^2 a_i x_i + \sum_{i,j=0}^2 a_{ij} x_i x_j + D_0, \\ \frac{dx_1}{dt} = \sum_{i=0}^2 b_i x_i + \sum_{i,j=0}^2 b_{ij} x_i x_j + D_1, \\ \frac{dx_2}{dt} = \sum_{i=0}^2 c_i x_i + \sum_{i,j=0}^2 c_{ij} x_i x_j + D_2, \end{cases} \quad (2)$$

где x_0 — основной показатель, x_1 и x_2 — показатели вторичного влияния на основной показатель; a_i, b_i, c_i ($i = 0, 1, 2$) — коэффициенты линейного воздействия показателей на скорость их изменения, a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} ($i = 0, 1, 2; j = 0, 1, 2$) — коэффициенты попарного воздействия i показателя на j и на скорость их изменения, D_i — константа влияния на скорость изменения показателя.

Система описывает, как отдельное влияние каждого показателя на скорость их изменения (линейные слагаемые), так и попарное взаимодействие за счет нелинейных слагаемых [3, 6]. На основе данной системы получены и проанализированы основные виды кризисов, характеризующихся скоростью входа в кризис (высокоскоростной или малоскоростной вход), глубиной кризиса (преодоление кризисных уровней — K1, K2, K3), продолжительностью кризиса, начальной точкой входа в кризис.

Математическая модель рисков

При прогнозировании производится расчет нормализованного показателя с учетом рисков (рис. 3). Данный учет осуществляется на основе 5 основных показателей, которые были получены авторами при томографическом анализе.

Динамика изменения пяти основных показателей описывает благосостояние личности и территории проживания по двум моделям.

1. Модель учета рисков в обобщенной нормализованной оценке региона:

1. Вычисляется матрица взаимовлияния показателей на основе функции тройной (двойной) корреляции и ее усреднения.

2. На основе полученной матрицы придаются весовые коэффициенты показателям и вычисляется обобщенный нормализованный показатель.

3. При учете рисков используются коэффициенты α_j^i , где i указывает на регион, а j на уровень, где находится данный регион в рассматриваемый год t .

4. Задаются вероятности наступления неблагоприятного события p_j^i .

5. Вводится корректирующий множитель $\alpha_j^i p_j^i$, который отвечает за уменьшение обобщенной нормализованной оценки $HO_f(t)$ в момент времени t :

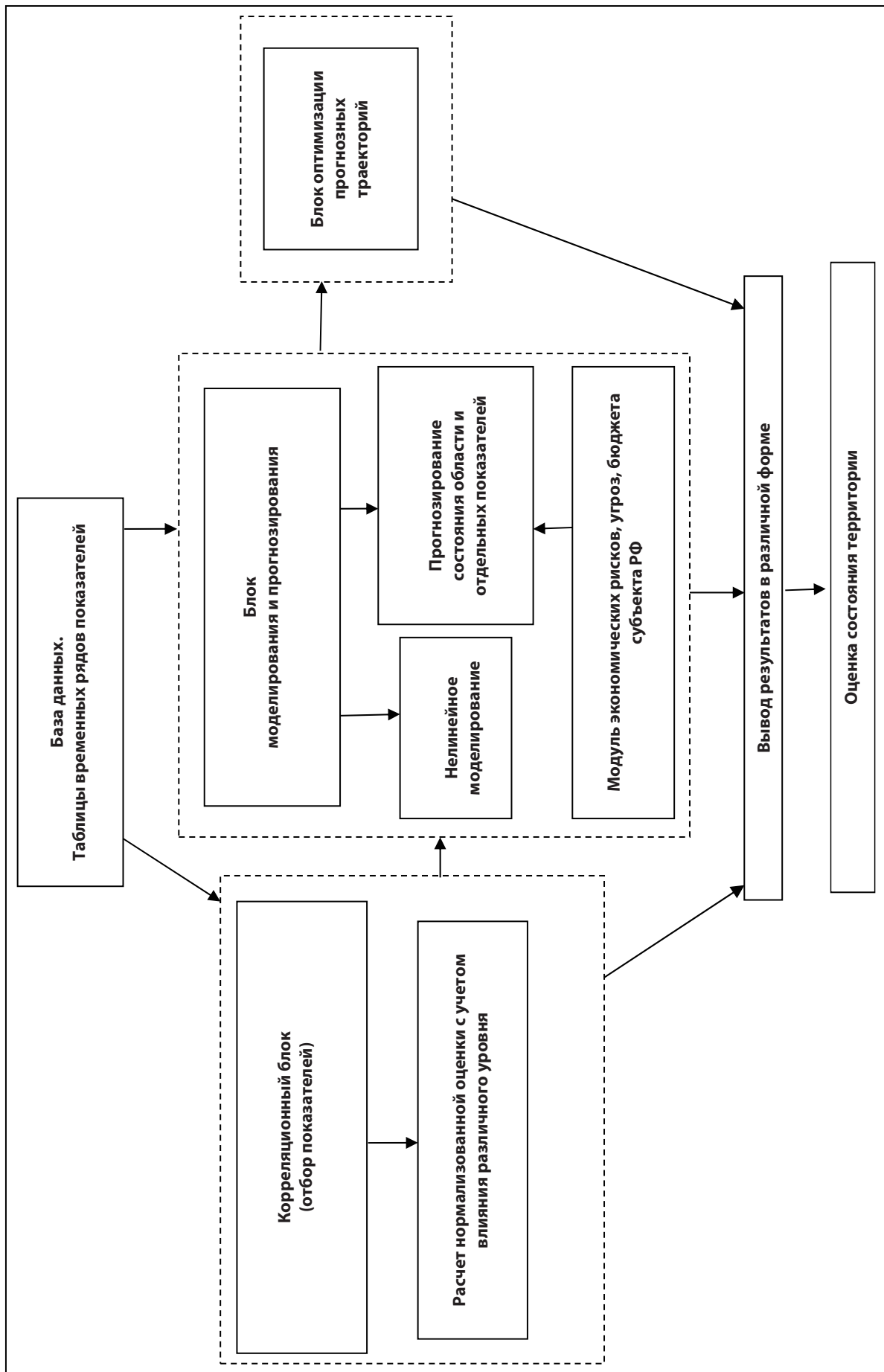


Рис. 1. Блок-схема анализа благосостояния личности и территории проживания

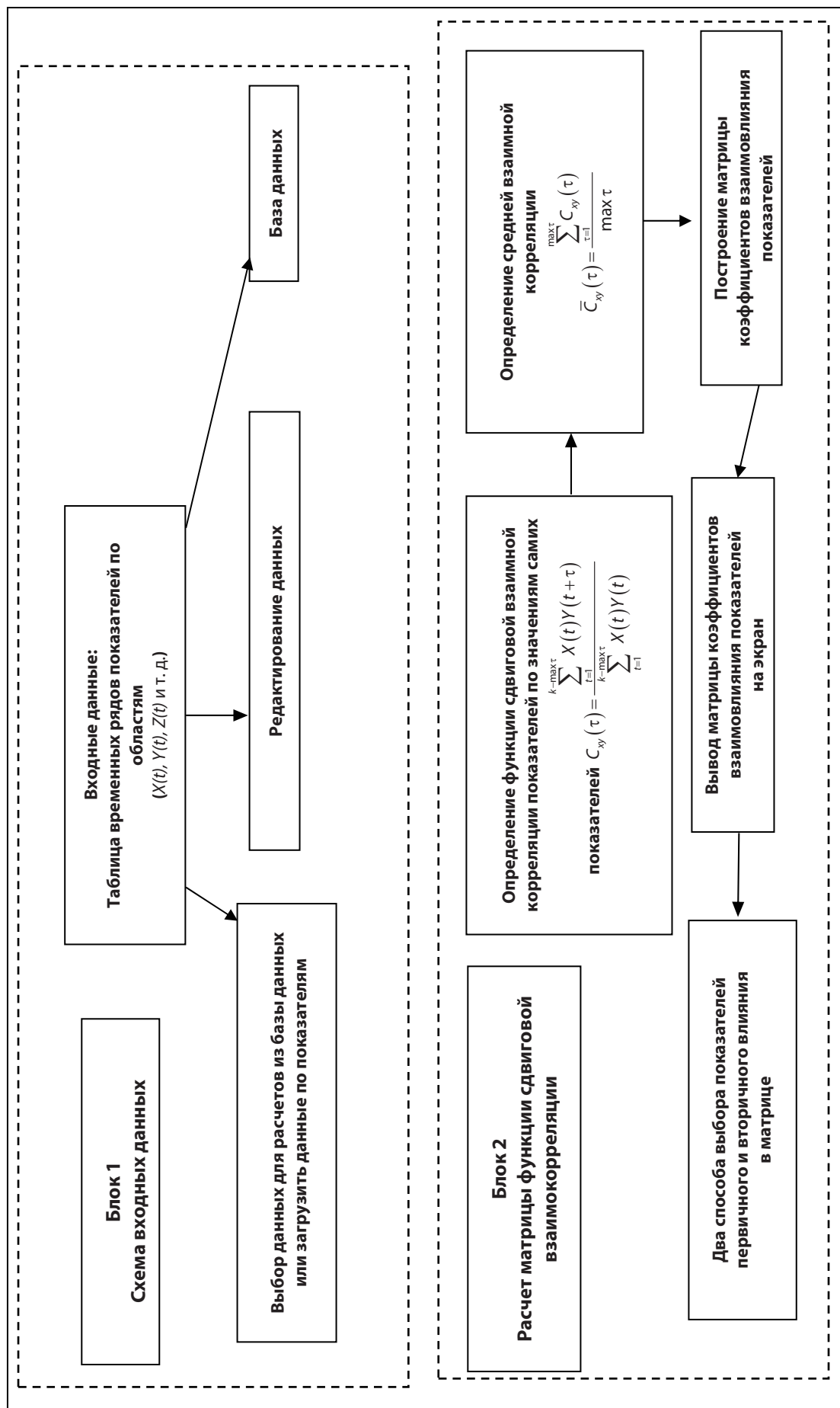


Рис. 2. Расширенная блок-схема анализа благосостояния личности и территории проживания (блоки 1–2)

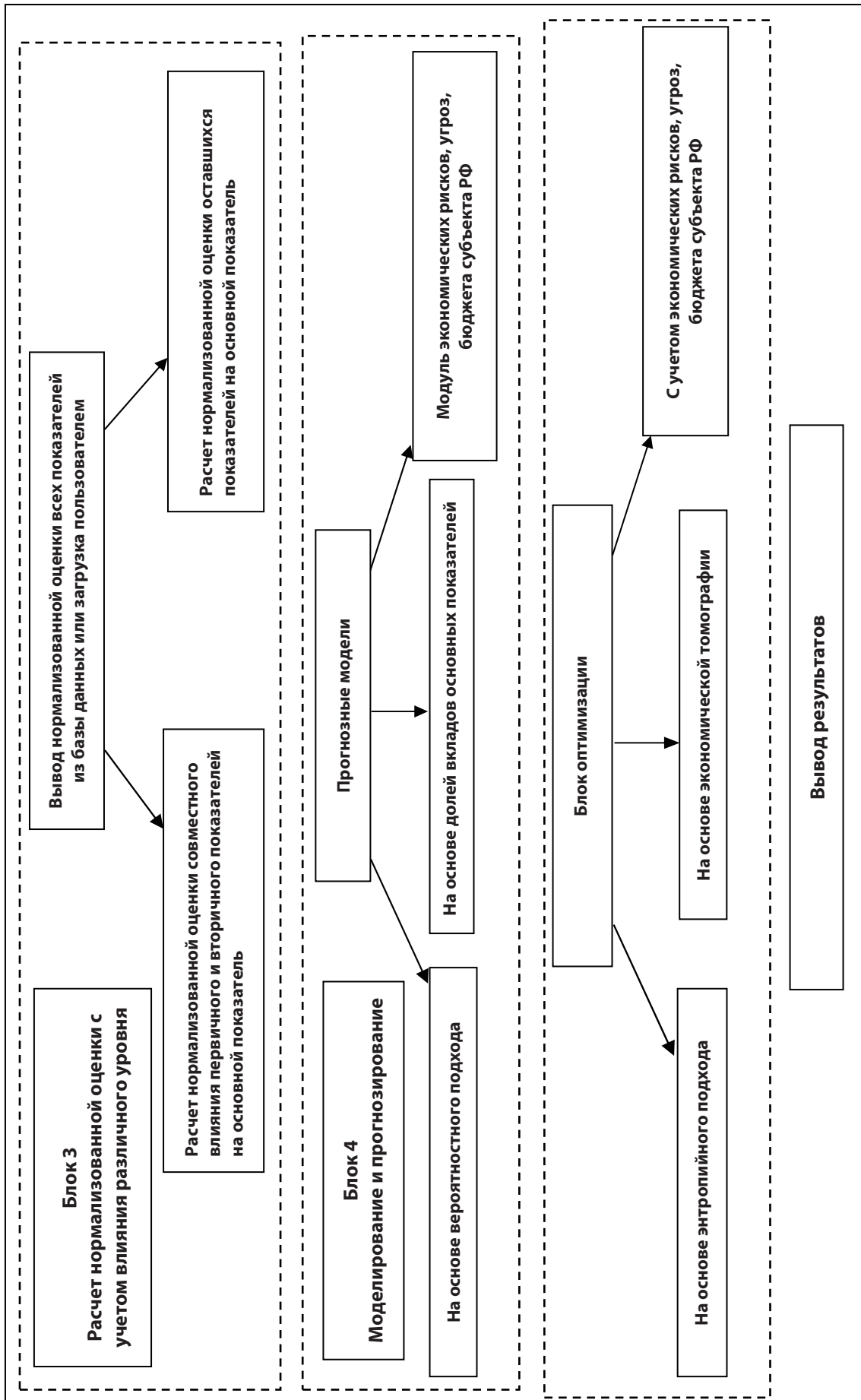


Рис. 3. Расширенная блок-схема анализа благосостояния личности и территории проживания (блоки 3–4)

$$HO_k(t) = HO_f(t) \cdot \left(1 - \sum_n \alpha_j^i p_j^i\right). \quad (3)$$

Суммирование в (3) осуществляется по всем видам неблагоприятных событий.

Рассматриваем динамику изменения обобщенной НО по субъекту УрФО, описывающей благосостояние личности и территории проживания. Для математического описания предлагается следующее нелинейное неоднородное дифференциальное уравнение в общем виде:

$$\frac{d}{dt} HO_k = f(HO_k) + Q(HO_k, t), \quad (4)$$

где $f(HO_k)$ — функция, зависящая от самого показателя HO_k и учитывающая наступление неблагоприятного события в следующий год; $Q(HO_k, t)$ — функции внешнего влияния.

При прогнозировании используем разностную схему по Эйлера, например

$$\frac{dx_0}{dt} = \frac{(x_0)_{i+1} - (x_0)_i}{\Delta t},$$

где $(x_0)_{i+1}$ — прогнозное значение в $i+1$ год, $(x_0)_i$ — известное значение в i год, Δt — шаг по годам. Записываем прогнозную модель (2) в виде

$$HO_k(t+1) = HO_k(t) + \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) \cdot y(HO_k(t)) + Q(HO_k, t), \quad (5)$$

где p_j^i — вероятность наступления неблагоприятного события n в $t+1$ год, $y(HO_k(t))$ — нелинейная функция от нормализованной оценки, в простейшем случае можно взять линейный вид.

II. Математическая модель взаимодействия пяти основных показателей с учетом различного вида рисков.

Рассматриваем динамику изменения пяти основных экономических показателей, описывающих благосостояние личности и территории проживания. Для математического описания взаимодействия пяти показателей предложена следующая система нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений в общем виде:

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = f_0(x_i) + Q_0(x_i, t), \\ \frac{dx_1}{dt} = f_1(x_i) + Q_1(x_i, t), \\ \frac{dx_2}{dt} = f_2(x_i) + Q_2(x_i, t), \\ \frac{dx_3}{dt} = f_3(x_i) + Q_3(x_i, t), \\ \frac{dx_4}{dt} = f_4(x_i) + Q_4(x_i, t), \end{cases} \quad (6)$$

где x_i — основные показатели ($i = 0, 1, 2, 3, 4$), $f_i(x_i)$ — функции взаимодействия показателей (зависят только от самих показателей), учитывающие наступления неблагоприятного события в следующий год; $Q_i(x_i, t)$ — функции внешнего влияния. Данная система не только учитывает взаимодействие показателей с учетом рисков, но и описывает влияние внешнего воздействия.

Предполагаем, что функции взаимодействия показателей $f_i(x_i)$ имеют линейный вид, то есть система уравнений (6) преобразуется к виду

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = D_0 + (a_0 x_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4) \times \\ \quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) + Q_0(x_i, t), \\ \frac{dx_1}{dt} = D_1 + (b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4) \times \\ \quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) + Q_1(x_i, t), \\ \frac{dx_2}{dt} = D_2 + (c_0 x_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4) \times \\ \quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) + Q_2(x_i, t), \\ \frac{dx_3}{dt} = D_3 + (d_0 x_0 + d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_3 + d_4 x_4) \times \\ \quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) + Q_3(x_i, t), \\ \frac{dx_4}{dt} = D_4 + (e_0 x_0 + e_1 x_1 + e_2 x_2 + e_3 x_3 + e_4 x_4) \times \\ \quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^i\right) + Q_4(x_i, t), \end{cases} \quad (7)$$

где a, b, c, d, e ($i = 0, 1, 2, 3, 4$) — постоянные коэффициенты линейного воздействия показателей на скорость их изменения, D_i — константа, влияющая на скоростной характер показателей, p_j^i — вероятность наступления неблагоприятного события n в $t+1$ год.

Моделирование развития показателей

На основании системы уравнений (7) сформулируем следующие модели развития показателей:

1. Быстро и медленно протекающие процессы. К быстро протекающим отнесем темп прироста ВРП, индекс цен на потребительские товары и уровень общей безработицы. В результате систему (7) можно переписать в виде

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dx_0}{dt} &= D_0 + (a_0x_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_0(x_i, t), \\ 0 &= D_1 + (b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_1(x_i, t), \\ \frac{dx_2}{dt} &= D_2 + (c_0x_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_2(x_i, t), \\ \frac{dx_3}{dt} &= D_3 + (d_0x_0 + d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_3(x_i, t), \\ 0 &= D_4 + (e_0x_0 + e_1x_1 + e_2x_2 + e_3x_3 + e_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_4(x_i, t). \end{aligned} \right. \quad (8)$$

Система сводится к 3 нелинейным дифференциальным уравнениям с постоянными коэффициентами. Данная система решается численными методами с заданием начальных условий и заданием функций внешних воздействий.

2. Один из показателей является главным, а остальные второстепенными. Таким образом, функция внешнего воздействия остается одна.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dx_0}{dt} &= D_0 + (a_0x_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right) + Q_0(x_i, t), \\ 0 &= D_1 + (b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right), \\ 0 &= D_2 + (c_0x_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right), \\ 0 &= D_3 + (d_0x_0 + d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right), \\ 0 &= D_4 + (e_0x_0 + e_1x_1 + e_2x_2 + e_3x_3 + e_4x_4) \times \\ &\quad \times \left(\sum_n \alpha_j^i p_j^{i'} \right). \end{aligned} \right. \quad (9)$$

При прогнозировании используем разностную схему по Эйлеру, например

$$\frac{dx_0}{dt} = \frac{(x_0)_{i+1} - (x_0)_i}{\Delta t}, \text{ где } (x_0)_{i+1} - \text{прогнозное}$$

значение в $i + 1$ год, $(x_0)_i$ — известное значение в i год, Δt — шаг по годам [7]. Таким образом, производится продление решения полученной системы уравнений на временной интервал в будущее $t \in [T; T + T_p]$, где T_p — исследуемый интервал прогнозирования, и в результате получаем прогнозирование развития ситуации с течением времени на основе выбранного сценария управления изменением определенных параметров системы [8].

Авторами произведен полный томографический анализ благосостояния личности и территории проживания по отдельному субъекту УрФО. Были выявлены внутренние взаимодействия основных и дополнительных показателей на различных уровнях благосостояния, а также благосостояния субъекта УрФО в целом. Например, показатель «темпы прироста ВРП» в 2007 г. находится в зоне относительно нормального уровня, в 2008 г. — в зоне предкризиса 3, в 2009 г. — в зоне кризиса 2, а при взаимодействии других показателей, в 2009 г. можно наблюдать значительно меньшее влияние оставшихся показателей (кризис 1). То есть система, характеризующая социально-экономическое состояние региона, может комплексно сопротивляться разрушающему влиянию кризиса.

Для остальных субъектов УрФО произведен аналогичный томографический анализ за период 2000–2015 гг. по девяти основным показателям. Томографическая картина улавливает годичный кризис 2008–2009 гг.: Курганская, Свердловская области и ЯНАО находятся в кризисе 1, Челябинская в кризисе 2, ХМАО в предкризисе 3, а Тюменская (без автономных округов) в 2009 г. перешла из кризиса 1 в предкризис 3. К 2015 г. у всех областей наблюдалось ухудшение состояния: Курганская, Тюменская области и ЯНАО находились уже в кризисной области (кризис 1), ХМАО в предкризисе 3 (пограничное значение ПКЗ-К1), а Свердловская и Челябинская области — еще в зоне предкризиса 2.

Оптимизационный блок

В блоке (рис. 3) применяется подход, основанный на энтропии К. Шеннона применительно к благосостоянию личности и территории проживания. Энтропийная функция вычисляется на основе нелинейной плотности вероятности с целью получения оптимизационных пространственных и плоскостных карт взаимодействия показателей. Особенностью данного метода является получение нелинейных распределений энтропии от характери-

стик показателей, в отличие от хорошо известных моделей, основанных на нормальном распределении характеристик.

Применительно к пяти основным показателям (коэффициент естественного прироста населения, индекс потребительских цен на продовольственные товары, темп прироста ВРП, уровень общей безработицы, доля населения с доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения) производится анализ энтропийных функций, а также восстанавливаются проекции функции энтропии на плоскость взаимодействующих параметров.

Информационная энтропия:

$$H(\bar{x}, t) = \int p(\bar{x}, t) \ln(p(\bar{x}, t)) d\bar{x},$$

где $p(\bar{x}, t)$ — функция плотности вероятности, \bar{x} — вектор показателей. Функция $p(\bar{x}, t)$ определяется на основании нелинейного дифференциального уравнения Фоккера — Планка — Колмогорова.

Уравнение Фоккера — Планка — Колмогорова и его стационарное решение

Распределение вероятности для статистических данных можно определить стандартным образом, разбивая весь промежуток переменных на одинаковые отрезки, а далее определяя, сколько значений показателей попало в этот интервал. Наряду с основным методом можно также воспользоваться уравнением Фоккера — Планка — Колмогорова:

$$\frac{dp(\bar{x}, t)}{dt} = -\bar{\nabla} \cdot (\bar{A}(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)) + \bar{\nabla}^2 (D(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)), \quad (10)$$

где $p(\bar{x}, t)$ — функция плотности вероятности, $\bar{A}(\bar{x}, t)$ — функция дрейфа, отвечающая за разброс показателей; $D(\bar{x}, t)$ — функция диффузии, x_i ($i = 1, \dots, n$) — показатели системы. Данное уравнение дополняется начальными и граничными условиями, а также условием нормировки.

Правую часть можно преобразовать через поток вероятности $\bar{j}(\bar{x}, t)$ к виду

$$\begin{aligned} & -\bar{\nabla} \cdot (\bar{A}(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)) + \bar{\nabla}^2 (D(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)) = \\ & = \bar{\nabla} \cdot (D(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)\bar{\nabla}(U(\bar{x}, t) + \ln(D(\bar{x}, t)p(\bar{x}, t)))) = \\ & = -\bar{\nabla} \cdot (\bar{j}(\bar{x}, t)). \end{aligned}$$

При преобразовании учитывалось, что функция дрейфа $\bar{A}(\bar{x}, t)$ определяется некоторым потенциальным полем $\bar{\nabla}U(\bar{x}, t) \equiv -\bar{A}(\bar{x}, t)/D(\bar{x}, t)$. В результате (10) можно записать в более компактном виде

$$\frac{dp(\bar{x}, t)}{dt} = -\bar{\nabla} \cdot (\bar{j}(\bar{x}, t)). \quad (11)$$

Уравнение (11) описывает экономическую систему без внешнего воздействия (поля). Рассмотрим вначале стационарную задачу (стационарная плотность вероятности), то есть $dp(\bar{x}, t)/dt = 0$. В результате получаем

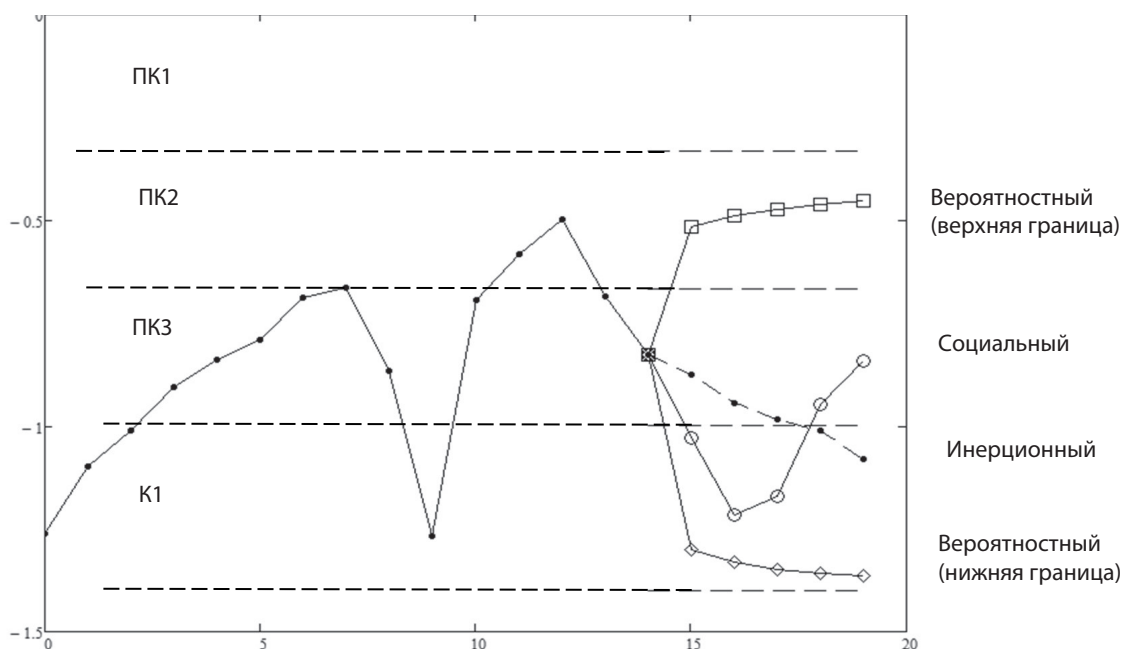


Рис. 4. Обобщенная нормализованная оценка по всем показателям для Свердловской области и прогнозные траектории. Уровни: ПК1 (0.001 – 0.332), ПК2 (0.333 – 0.665), ПК3 (0.666 – 0.999), K1 (1 – 1.399)

$$\vec{j}(\vec{x}) = \vec{j}_0, \text{ или}$$

$$D(\vec{x})p(\vec{x})\vec{\nabla}\left(U(\vec{x}) + \ln(D(\vec{x})p(\vec{x}))\right) = \vec{j}_0, \quad (12)$$

где \vec{j}_0 — постоянный вектор интегрирования стационарного уравнения (11). Постоянный вектор интегрирования $\vec{j}_0 = 0$ из-за того, что на бесконечности плотность вероятности равна нулю и поэтому поток отсутствует. С учетом сказанного решение векторного дифференциального уравнения (12) будет иметь вид

$$p_0(\vec{x}) = \frac{C}{D(\vec{x})} e^{-U(\vec{x})}, \quad (13)$$

где C — нормировочная константа. Стационарная плотность распределения показателей (4) получена путем разделения переменных в (12). Введем полный потенциал системы в виде $\Phi(\vec{x}) = U(\vec{x}) + \ln|D(\vec{x})| - \ln|C|$, что позволит записать выражение (13) в компактном виде:

$$p_0(\vec{x}) = e^{-\Phi(\vec{x})}. \quad (14)$$

Данная стационарная плотность вероятности должна удовлетворять условию нормировки.

Результаты численного расчета

В результате численных расчетов по различным методам было получено несколько видов прогнозных траекторий (рис. 4). Вероятностные траектории (верхняя и ниж-

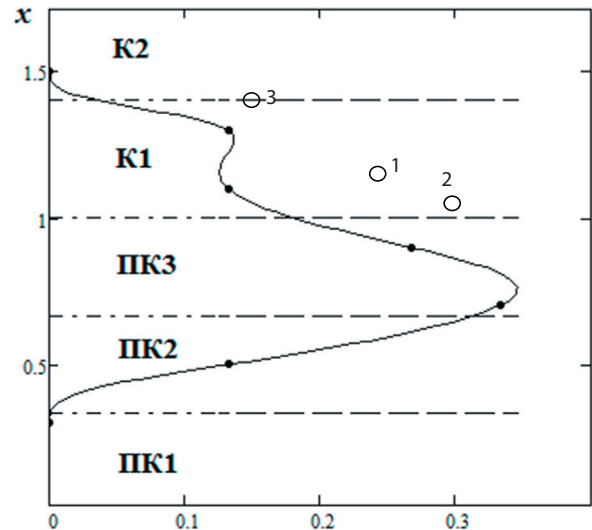


Рис. 5. Аппроксимация стационарной функцией плотности вероятности распределения обобщенной нормализованной оценки по Свердловской области в период с 2000 по 2015 гг. по формуле (14)

няя границы) получены на основании стационарной функции плотности вероятности (14), то есть выбирались значения нормализованной оценки, соответствующие 5 % от «хвостов» распределения (рис. 5). Инерционный прогноз получен на основании отсутствия внешнего воздействия, приводящего к медленному убыванию нормализованной оценке. Все данные по нормализованной оценке приведены в таблице.

Таблица

Обобщенная нормализованная оценка по Свердловской области и прогнозные кривые с 2005–2019 гг.

Вид прогноза	Год											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Инерционный	1,261 (K1)	1,1 (K1)	1,01 (K1)	0,905 (ПК3)	0,838 (ПК3)	0,792 (ПК3)	0,689 (ПК3)	0,665 (ПК2)	0,865 (ПК3)	1,268 (K1)	0,694 (ПК3)	
Вероятностный (нижняя граница)	1,261 (K1)	1,1 (K1)	1,01 (K1)	0,905 (ПК3)	0,838 (ПК3)	0,792 (ПК3)	0,689 (ПК3)	0,665 (ПК2)	0,865 (ПК3)	1,268 (K1)	0,694 (ПК3)	
Вероятностный (верхняя граница)	1,261 (K1)	1,1 (K1)	1,01 (K1)	0,905 (ПК3)	0,838 (ПК3)	0,792 (ПК3)	0,689 (ПК3)	0,665 (ПК2)	0,865 (ПК3)	1,268 (K1)	0,694 (ПК3)	
Социальный	1,261 (K1)	1,1 (K1)	1,01 (K1)	0,905 (ПК3)	0,838 (ПК3)	0,792 (ПК3)	0,689 (ПК3)	0,665 (ПК2)	0,865 (ПК3)	1,268 (K1)	0,694 (ПК3)	

Продолжение табл.

Вид прогноза	Год									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Инерционный	0,582 (ПК2)	0,498 (ПК2)	0,686 (ПК3)	0,827 (ПК3)	0,874 (ПК3)	0,945 (ПК3)	0,983 (ПК3)	1,01 (K1)	1,081 (K1)	
Вероятностный (нижняя граница)	0,582 (ПК2)	0,498 (ПК2)	0,686 (ПК3)	0,827 (ПК3)	1,301 (K1)	1,332 (K1)	1,349 (K1)	1,359 (K1)	1,363 (K1)	
Вероятностный (верхняя граница)	0,582 (ПК2)	0,498 (ПК2)	0,686 (ПК3)	0,827 (ПК3)	0,516 (ПК2)	0,49 (ПК2)	0,474 (ПК2)	0,462 (ПК2)	0,452 (ПК2)	
Социальный	0,582 (ПК2)	0,498 (ПК2)	0,686 (ПК3)	0,827 (ПК3)	1,0285 (K1)	1,2165 (K1)	1,1705 (K1)	0,9465 (ПК3)	0,8435 (ПК3)	

На рисунке 5 представлены расчетные данные по плотности вероятности распределения обобщенной нормализованной оценки по Свердловской области в период с 2000 г. по 2015 г. и ее аппроксимация по формуле (14), где полный потенциал, является полиномом 6-й степени:

$$\Phi(x) = 483,637x^6 - 2566,33x^5 + 5504,77x^4 - 6104,93x^3 + 3699,06x^2 - 1167,31x + 152,62.$$

Как можно заметить, плотность вероятности сильно отличается от нормального распределения и имеет два максимума (глобальный — точка 2 и локальный — точка 3 на рис. 5): область предкризиса 3 с вероятностью реализации 34,5 %; область кризиса 1 с вероятностью

реализации 13,7 %. Точке 1 на графике соответствует значение плотности вероятности в 2015 г.

Заключение

Исследование позволило получить диагностическую картину благосостояния личности и территории проживания в УрФО как по отдельным показателям, так и по регионам в целом. Авторы пришли к выводу, что имеется возможность четко диагностировать кризисы, оценивать угрозы и пытаться входить более уверенно в кризисные периоды. Данный подход позволяет подробно изучить взаимодействие отдельных показателей и их групп, диагностировать состояние региона в целом, а также прогнозировать развитие региона на 3–5 лет.

Благодарность

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект №14-18-00574 «Информационно-аналитическая система «Антикризис»: диагностика регионов, оценка угроз и сценарное прогнозирование с целью сохранения и усиления экономической безопасности и повышения благосостояния России).

Список источников

1. Трансформация теоретико-методологических подходов и методического инструментария диагностики благосостояния личности и территории проживания. Ч. I. От распространенных до альтернативных подходов к диагностике. История вопроса / Куклин А. А., Найденов А. С., Никулина Н. Л., Тарасьева Т. В. // Экономика региона. — 2014. — № 3. — С. 22–37.
2. Комплексная методика диагностики благосостояния личности и территории проживания / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А. А. Куклина и член-корр. РАН В. П. Чичканова. — Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2015. — 136 с.
3. Экономическая томография. Возможность предвидеть и реагировать на социально-экономические кризисы / Куклин А. А., Быстрый Г. П., Охотников С. А., Васильева Е. В. // Экономика региона. — № 4. — 2015. — С. 40–53.
4. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики: учебник / Под ред. И. И. Елисеевой; 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 480 с.
5. Эконометрия / Суслов В. И., Ибрагимов Н. М., Талышева Л. П., Цыплаков А. А. — Новосибирск: СО РАН, 2005. — 744 с.
6. Haken H. Information and Self-Organization : A Macroscopic Approach to Complex Systems / Berlin [etc.] : Springer, 1988. — 196 p.
7. Ильина В. А., Силаев П. К. Численные методы для физиков-теоретиков. Т. 2. — М., Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. — 118 с. — С. 16–30.
8. Моделирование нелинейных явлений в современной науке / Самарский А. А., Курдюмов С. П., Ахромеева Т. С., Малинецкий Г. Г. // Информатика и научно-технический прогресс. Сб. статей. — М. : Наука, 1987. — С. 69–91.
9. Быстрый Г. П. Термодинамика необратимых процессов в открытых системах. — М., Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. — 264 с.

Информация об авторах

Куклин Александр Анатольевич — доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра экономической безопасности, Институт экономики УрО РАН (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ведущий научный сотрудник, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Российская Федерация, 620083, г. Екатеринбург, пр-т Ленина, 51; e-mail: alexkuklin49@mail.ru).

Охотников Сергей Александрович — ведущий экономист, Центр экономической безопасности, Институт экономики УрО РАН (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ассистент, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Российская Федерация, 620083, г. Екатеринбург, пр-т Ленина, 51; e-mail: sohotnikov@gmail.ru).

Коршунов Лев Александрович — доктор экономических наук, доцент, Президент, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Российская Федерация, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46; e-mail: korhunov@altrrc.ru).

For citation: *Ekonomika regiona* [Economy of Region]. — 2016. — Vol. 12, Issue 2. — pp. 371-382

A. A. Kuklin^{a, b)}, S. A. Okhotnikov^{a, b)}, L. A. Korshunov^{c)}

^{a)} Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Ekaterinburg, Russian Federation)

^{b)} Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: alexkuklin49@mail.ru)

^{c)} Polzunov Altai State Technical University (Barnaul, Russian Federation)

Architectonics of the Analysis and Information System “Anti-Crisis”

The article presents the flowchart of the analysis and information system “Anti-crisis” intended for the integrated assessment of the parameters of the economic security of the constituent entities of the Russian Federation. This system takes into account the risks, threats and their forecasting. The scheme reflects the interaction of separate program modules. The integration of modules with the unified database management system is described: access to the database, automatic backup and recovery of databases in real time, data transmission through an open channel with the use of modern encryption-decryption algorithm. The main units of the system are allocated: a diagnostic block of the economic security condition, block of the well-being of an individual and the territory of residence, block of extremism, correlation block, block of modelling and forecasting the security of the entities of the Russian Federation. Within the block of the modelling, the main generalized mathematical model based on the system of the nonlinear differential equations and created for the purpose to take into account the correction coefficients, as well as all types of interaction of indicators, is given. The main types of optimization problems of the interaction of indicators by using the generalized model, are compiled. On the basis of the developed optimization problems, the forecasting from 2016 to 2020 is made.

Keywords: analysis and information system “Anti-Crisis”, nonlinear forecasting, welfare of an individual and the territory of residence, socio-economic crises, threat probability, diagnostics of a socio-economic condition of the entities of the Ural Federal District

Acknowledgements

The research has been prepared with the support of the grant of the Russian Science Foundation (the project № 14–18–00574 “The information and analytical system “Anti-Crisis”: diagnostics of regions, threat assessment and scenario forecasting for the purpose of preserving and strengthening the economic security and increasing the welfare of Russia).

References

1. Kuklin, A. A., Naydenov, A. S., Nikulina, N. L. & Tarasyeva, T. V. (2014). Transformatsiya teoretiko-metodologicheskikh podkhodov i metodicheskogo instrumentariya diagnostiki blagosostoyaniya lichnosti i territorii prozhivaniya. Ch. I. Ot rasprostranennykh do alternativnykh podkhodov k diagnostike. Istoriya voprosa [Transformation of theoretical and methodological approaches and methodical tools of the diagnostics of well being of a person and territory residence. Part 1. From widespread ones to the alternative approaches to the diagnostics (background)]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 3, 22–37.
2. Kuklin, A. A. & Chichkanova, V. P. (Eds). (2015). *Kompleksnaya metodika diagnostiki blagosostoyaniya lichnosti i territorii prozhivaniya* [Integrated diagnostic tool of the well being welfare of a person and territory of residence]. Ekaterinburg: Institute of Economics UB RAS Publ., 136.
3. Kuklin, A. A., Bystray, G. P., Okhotnikov, S. A. & Vasilyeva, E. V. (2015). Ekonomicheskaya tomografiya: vozmozhnost predvidet i reagirovat na sotsialno-ekonomicheskie krizisy [Economic tomography: an opportunity to expect and react to the socio-economic crises]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 4, 40–53.
4. Eliseeva, I. I. & Yuzbashev, M. M. (2002). *Obshchaya teoriya statistiki: uchebnik* [General theory of statistics: textbook]. In: I. I. Eliseeva (Ed.). 4th revised and enlarged ed. Moscow: Finances and Statistic Series, 480.
5. Suslov, V. I., Ibragimov, N. M., Talysheva, L. P. & Tsyplakov, A. A. (2005). *Ekonometriya* [Econometrics]. Novosibirsk: SB RAS Publ., 744.
6. Haken, N. (1988). *Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems*. Berlin [etc.]: Springer, 196.
7. Ilyina, V. A. & Silaev P. K. (2004). *Chislennyye metody dlya fizikov-teoretikov. T. 2.* [Numerical methods for physicists-theorists. Vol. 2]. Moscow, Izhevsk: Institut kompyuternykh issledovaniy Publ., 118 (16–30).
8. Samarskiy, A. A., Kurdyumov, S. P., Akhromeeva, T. S. & Malinetskiy, G. G. (1987). Modelirovanie nelineynykh yavleniy v sovremennoy nauke [Modelling of the nonlinear phenomena in modern science]. *Informatika i nauchno-tehnicheskij progress. Sb. statey* [Informatics and scientific-technical progress: collection of articles]. Moscow: Nauka Publ., 69–91.
9. Bystray, G. P. (2011). *Termodinamika neobratimyykh protsessov v otkrytykh sistemakh* [Thermodynamics of irreversible processes in open systems]. Moscow, Izhevsk: NITs Regul'yarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ., 264.

Authors

Aleksandr Anatolyevich Kuklin — Doctor of Economics, Professor, Head of the Centre of Economic Security, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS ; Leading Researcher, Ural Federal University named after the first President of

Russia B. N. Yeltsin (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014; 51, Lenina Ave., Ekaterinburg, 620083, Russian Federation; e-mail: alexkuklin49@mail.ru).

Sergey Aleksandrovich Okhotnikov — Leading Economist, Centre of Economic Security, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS ; Teaching Assistant, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014; 51, Lenina Ave., Ekaterinburg, 620083, Russian Federation; e-mail: sohotnikov@gmail.ru).

Lev Aleksandrovich Korshunov — Doctor of Economics, Associate Professor, President, Polzunov Altai State Technical University (46, Lenina Ave., Barnaul, Altai Kray, 656038, Russian Federation; e-mail: korhunov@altrrc.ru).