

Система поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа

Г.Л. Бекларян

кандидат экономических наук

старший научный сотрудник

Центральный экономико-математический институт, Российская академия наук

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

E-mail: glbeklaryan@gmail.com

Аннотация

В статье представлена система поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа (ДФО) Российской Федерации, в состав которого входят несколько регионов. С использованием методов системной динамики и агентного моделирования разработана имитационная модель экономики ДФО. Модель реализована в системе AnyLogic и позволяет исследовать влияние на экономику федерального округа ряда факторов — темпов роста инвестиций в основные фонды, темпов роста средней заработной платы, темпов роста дотаций из федерального бюджета, а также динамики цен на нефть, уголь, алмазы, продукцию рыболовства и др. Особенностью данной модели является возможность анализа динамики состояний всех регионов, входящих в состав федерального округа, а также учет влияния внешних макроэкономических факторов.

Спроектированная система поддержки принятия решений позволяет визуализировать важнейшие характеристики субъектов Дальневосточного федерального округа на карте России (с помощью геоинформационной системы) и сохранять результаты имитационного моделирования в базе данных. При этом обеспечивается возможность прогнозирования динамики валового регионального продукта федерального округа в зависимости от значений управляющих параметров.

Исследованы различные сценарии развития Дальневосточного федерального округа. Реалистичный сценарий предполагает стабилизацию цен на основные энергоносители (нефть, газ, уголь) и полезные ископаемые, с одновременным ростом инвестиций в основные фонды. Пессимистический сценарий предполагает падение цен на энергоносители, алмазы, продукцию рыболовства и др., а также дальнейшее сокращение численности экономически активного населения федерального округа. Оптимистический сценарий предполагает устойчивый рост спроса и цен на продукцию всех ключевых отраслей экономики федерального округа, при сохранении текущих темпов роста в промышленности и сельском хозяйстве.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; экономика региона; Дальневосточный федеральный округ; имитационное моделирование; AnyLogic.

Цитирование: Бекларян Г.Л. Система поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа // Бизнес-информатика. 2018. № 4 (46). С. 66–75. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.66.75

Введение

В настоящее время приобретает все большую актуальность задача поиска сценариев, обеспечивающих устойчивое экономическое развитие регионов Российской Федерации. Сложность данной задачи во многом обусловлена необходимостью учета внутренних обратных связей между основными характеристиками экономических систем регионов. Например, в условиях дефицита экономически активного населения, свойственного, в частности, регионам Дальневосточного федерального округа (ДФО), трудно обеспечить устойчивый рост экономики. Тем не менее, важной особенностью региональной экономической системы является возможность реализации компенсационной стратегии, предполагающей рост валового регионального продукта (ВРП) за счет развития фондоемких отраслей экономики, привлечения внешних трудовых ресурсов, эффективного использования географических преимуществ и имеющихся природных ресурсов.

Объектом исследования в данной работе является экономическая система Дальневосточного федерального округа (ДФО) России. Отметим, что площадь ДФО равна 6 952 555 кв. км, что составляет 40,6% площади всей страны (это крупнейший по размерам территории федеральный округ России). При этом плотность населения федерального округа составляет всего 1,18 чел./кв. км.

Дальневосточный федеральный округ состоит из следующих регионов: Республика Саха (Якутия), Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Камчатский край, Магаданская область, Сахалинская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ. Ведущими отраслями ДФО являются цветная металлургия, добыча драгоценных металлов и камней, горнодобывающая промышленность, рыбная, лесная и деревообрабатывающая промышленность, нефте- и газодобыча, машиностроение. Основу экономики ДФО составляют природные ресурсы. Здесь расположены крупнейшие месторождения углеводородов, золота, алмазов, черных, цветных и редких металлов, олова, угля и других рудных и нерудных полезных ископаемых. На территории Дальнего Востока добывается 100% всего российского олова, почти 100% алмазов, более 50% золота и серебра. Рыбная промышленность ДФО является крупней-

шей в России, на ее долю приходится около 70% добычи всех водно-биологических ресурсов страны и 56% общероссийского производства рыбной продукции¹.

Таким образом, имеются все предпосылки для устойчивого экономического развития ДФО. Однако наблюдаются определенные проблемы, связанные, прежде всего, с дефицитом экономически активного населения (всего 3,5 млн чел.), неудовлетворительным состоянием транспортной инфраструктуры (протяженность дорог составляет всего 36 971 тыс. км), а также завышенными ценами на потребительские товары и услуги на фоне невысоких средних заработных плат. Поэтому требуется разработка нового подхода, нацеленного на поиск наилучших сценариев развития федерального округа за счет формирования эффективной стратегии управления ключевыми производственными и инвестиционными характеристиками [1]. К таким ключевым характеристикам, в частности относятся темпы роста инвестиций в основные фонды (включая транспортную инфраструктуру), темпы снижения ставок по кредитам, темпы роста заработной платы, темпы снижения инфляции потребительских цен и др. Для реализации данного подхода требуется разработка системы поддержки принятия решений (СППР) [2], основанной на использовании методов имитационного моделирования [3].

Особенностью предлагаемого подхода является использование методов системной динамики, впервые предложенных в работах Дж. Форрестера [4; 5] и Д. Медоуз [6; 7], и впоследствии развитых в работах В.Н. Сидоренко [8], А.С. Акопова [9–12] и др., а также методов агентного моделирования, предложенных в работах Т. Шеллинга [13], Р. Акселорда [14] и развитых в работах ряда российских ученых [15–17].

Среди исследований по рациональному управлению региональными системами следует выделить работы С.А. Айвазяна [1], В.Л. Макарова [18], А.Р. Бахтизина [19], Г.Л. Бекларян [20], а также работы [21–23], в которых особое внимание уделяется сравнительному анализу производственных и инвестиционных характеристик регионов России по отраслям топливно-энергетического комплекса.

Для реализации имитационной модели экономики ДФО используется система AnyLogic. В работах [24; 25] система AnyLogic также исполь-

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели 2017. Статистический сборник

зуются для моделирования деятельности межрегионального центра андеррайтинга, а также поведения толпы в условиях чрезвычайных ситуаций. Особенностью AnyLogic является поддержка методов системной динамики и агентного моделирования в рамках одной модели [3].

Цель данной статьи – разработка системы поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа (ДФО) с использованием методов имитационного моделирования, с целью поиска наилучших стратегий управления внутренними характеристиками соответствующих регионов.

1. Имитационная модель социально-экономической системы ДФО

Концептуальная модель социально-экономической системы ДФО представлена на *рисунке 1*.

Важнейшей характеристикой предложенной модели является состояние социально-экономической системы ДФО, оцениваемое посредством деления регионов федерального округа на три условные группы, в зависимости от значения интегрального показателя, учитывающего темпы роста ВРП, численность населения и реальные доходы населения. Для каждого региона ДФО будем выделять три возможных состояния: благоприятное, удовлетворительное и неблагоприятное. Отметим, что взаимосвязь между ВРП и реальными доходами населения не является устойчивой, поскольку реальные доходы населения формируются с учетом влияния инфляционной составляющей, которая, в свою очередь, зависит от доступности товаров и услуг для населения. Неблагоприятное состояние транспортной и социальной инфраструктуры в ДФО приводит к необоснованному завышению цен и, как следствие, существенно снижает реаль-

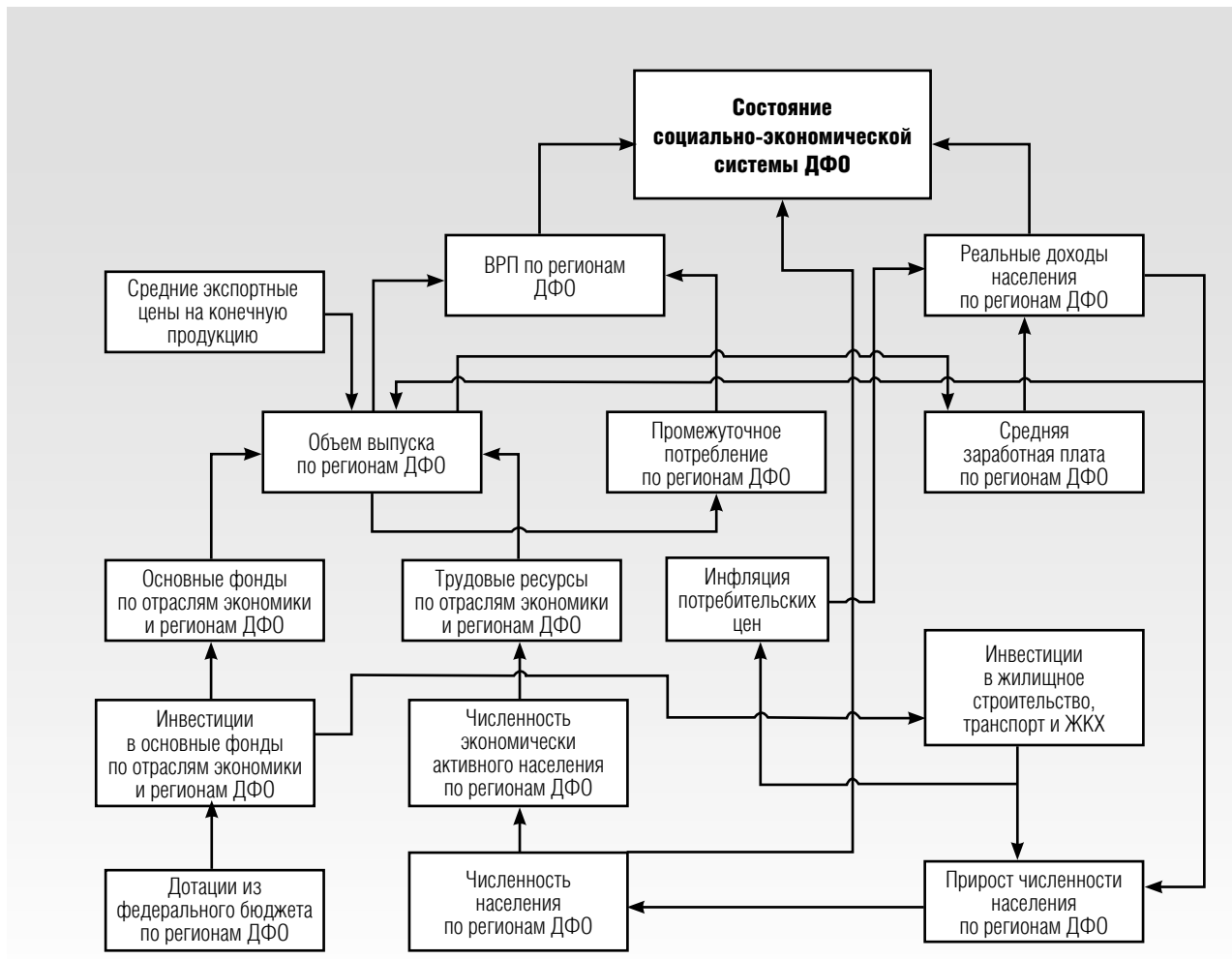


Рис. 1. Концептуальная модель социально-экономической системы ДФО

ные доходы населения. Напомним, что по данным Росстата² темпы падения реальных доходов населения в ДФО составили 0,989 в 2015 году и 0,935 в 2016 году. При этом, индекс потребительских цен составил 112,0 и 105,4 соответственно.

Особенностью предложенной модели является принятие во внимание важных обратных связей в социально-экономических системах ДФО, в частности, определяющих зависимость между инвестициями в жилищное строительство, транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство, реальными доходами населения и приростом численности населения по регионам федерального округа. Низкая плотность населения является одной из ключевых проблем ДФО, что во многом обусловлено неблагоприятным состоянием транспортной и жилищной инфраструктуры. Дефицит транспортных коммуникаций и географическая удаленность ДФО от центральной и западной частей РФ приводит к высокой стоимости фиксированного набора продуктов, которая, по данным за 2016 год, составила 17 650 руб. (для сравнения: в Москве стоимость потребительской корзины в 2016 году составила 20 714 руб., а в Санкт-Петербурге – 15 577,9 руб.)³. Поэтому для регионов ДФО необходимо наращивание инвестиций в основные фонды всех ключевых отраслей экономики, в том числе промышленности, строительства, сельского хозяйства, транспорта и др. При этом экономика регионов ДФО существенно зависит от средних экспортных цен на конечную продукцию, в частности, нефть, уголь, железную руду, продукцию рыболовства и др. В условиях явного дефицита трудовых ресурсов регионам ДФО необходимо развитие фондоемких предприятий с высокой степенью автоматизации основных производственных процессов. Это возможно только при наличии значительных субсидий из федерального бюджета и относительной низкой стоимости заемного капитала (низких ставок по кредитам).

Далее приведем формальное описание разработанной имитационной модели регионов ДФО.

Введем следующие обозначения:

◆ $\tilde{T} \in \{t_1, t_2, \dots, t_T\}$ – набор индексов модельного времени по годам, где T – количество лет, относящих к периоду стратегического планирования (10 лет);

◆ $\tilde{I} \in \{i_1, i_2, \dots, i_I\}$ – набор индексов регионов ДФО, где I – количество регионов ДФО (9);

◆ $\tilde{J}_i \in \{j_1, j_2, \dots, j_{J_i}\}$ – набор индексов отраслей ДФО, где J_i – количество отраслей экономики в каждом i -м регионе ДФО;

◆ \tilde{Z}_i – набор индексов суботраслей ДФО, относящихся к жилищному строительству, транспорту и ЖКХ;

◆ $\{K_{j_i}(t), L_{j_i}(t)\}$ – основные фонды и трудовые ресурсы по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $\{\alpha_{j_i}, \beta_{j_i}\}$ – производственные факторы (эластичности выпуска по основным фондам и трудовым ресурсам) по j_i -м отраслям экономики ДФО; $\alpha_{j_i} + \beta_{j_i} = 1$, $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$;

◆ A_{j_i} – фактор научно-технического прогресса по j_i -м отраслям экономики ДФО, $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$;

◆ $\{Inv_{j_i}(t), \delta Inv_{j_i}(t), \delta B_{j_i}(t), \delta r_i(t)\}$ – инвестиции в основные фонды по j_i -м отраслям экономики ДФО, темпы роста инвестиции (из собственных средств), темпы дотаций из федерального бюджета и темпы снижения ставок по кредитам соответственно в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $\{V_{j_i}(t), \tilde{V}_{j_i}(t)\}$ – объем выпуска в физическом и денежном выражении по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $\{G_{j_i}(t), \tilde{G}_{j_i}(t)\}$ – промежуточное потребление в физическом и денежном выражении по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $g_{u_i, j_i}(t)$ – доля продукта u_i -й отрасли экономики $u_i \in \tilde{J}_i$, необходимая для производства единицы продукции j_i -й отрасли экономики $j_i \in \tilde{J}_i$ (матрица «затраты – выпуск»):

$$\sum_{u_i=1}^{J_i} g_{u_i, j_i}(t) = 1;$$

◆ $\{p_{j_i}(t), h_{j_i}(t)\}$ – средние внутренние цены на конечную и промежуточную продукцию по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $e_{j_i}(t)$ – средние экспортные цены по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i$, $i \in \tilde{I}$, $t \in \tilde{T}$;

◆ $\{Ex_{j_i}(t), \delta ex_{j_i}(t)\}$ – доля экспорта и темпы роста

² Регионы России. Социально-экономические показатели 2017. Статистический сборник

³ Регионы России. Социально-экономические показатели 2017. Статистический сборник

доли экспорта продукции j_i -х отраслей экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i, i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}$;

♦ $\{\inf_{j_i}(t), \delta \inf_{j_i}(t)\}$ – инфляция потребительских цен и темп снижения инфляции по j_i -м отраслям экономики ДФО в момент времени t , $j_i \in \tilde{J}_i, i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}$;

♦ $\{P_i(t), \delta \tilde{P}_i(t), \lambda_i(t)\}$ – общая численность населения, прирост численности экономически активного населения и ее доля в i -х регионах ДФО в момент времени t , $i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}$;

♦ $\{R_i(t), \delta s_i(t)\}$ – реальные доходы населения и темпы роста заработной платы по регионам ДФО в i -х регионах ДФО в момент времени t , $i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}$;

♦ $\{GDP_i(t), ST_i(t)\}$ – ВРП и состояние социально-экономической системы в i -х регионах ДФО в момент времени t , $i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}$;

♦ $\{c_{1j_i}, c_{2j_i}, \dots, c_{Nj_i}\}$ – коэффициенты регрессии, вычисленные с использованием метода наименьших квадратов (МНК), где N – число коэффициентов;

♦ $\{\mu_{1i}, \mu_{2i}\}$ – коэффициенты значимости реальных доходов населения, а также состояния основных фондов в сфере жилищного строительства, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства для прироста численности населения.

Объем выпуска конечной продукции в физическом выражении вычисляется с использованием хорошо известной функции Кобба–Дугласа:

$$V_{j_i}(t) = A_{j_i}(t) (K_{j_i}(t))^{\alpha_{j_i}} (L_{j_i}(t))^{\beta_{j_i}}, \quad (1)$$

$$j_i \in \tilde{J}_i, i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T}.$$

Объем выпуска конечной продукции в денежном выражении:

$$\tilde{V}_{j_i}(t) = p_{j_i}(t) V_{j_i}(t) (1 - Ex_{j_i}(t)) + e_{j_i}(t) V_{j_i}(t) Ex_{j_i}(t). \quad (2)$$

Цены на конечную продукцию с учетом инфляции:

$$p_{j_i}(t) = \inf_{j_i}(t) p_{j_i}(t-1). \quad (3)$$

Доля экспорта:

$$Ex_{j_i}(t) = \delta ex_{j_i}(t) Ex_{j_i}(t-1). \quad (4)$$

Индекс инфляции вычисляется в зависимости от принадлежности j_i -й отрасли к жилищному строительству и транспорту либо к прочим отраслям экономики:

$$\inf_{j_i}(t) = \begin{cases} c_{1j_i} V_{j_i}(t), & \text{если } j_i \in \tilde{Z}_i \\ \delta \inf_{j_i}(t) \inf_{j_i}(t-1), & \text{если } j_i \notin \tilde{Z}_i. \end{cases} \quad (5)$$

Объем промежуточного потребления в физическом и денежном выражении:

$$G_{j_i}(t) = \sum_{u_i=1}^{j_i} V_{u_i}(t) g_{u_i j_i}(t), \quad (6)$$

$$\tilde{G}_{j_i}(t) = h_{j_i}(t) G_{j_i}(t), \quad (7)$$

$$\sum_{u_i=1}^{j_i} g_{u_i j_i}(t) = 1, \\ u_i \in \tilde{J}_i, j_i \in \tilde{J}_i, t \in \tilde{T}.$$

Объем основных фондов, зависящий от темпа роста инвестиций в основные фонды:

$$K_{j_i}(t) = K_{j_i}(t-1) + \frac{1}{\delta r_i(t)} \delta \text{Inv}_{j_i}(t) \delta B_{j_i}(t) \text{Inv}_{j_i}(t-1). \quad (8)$$

Объем трудовых ресурсов, зависящий от прироста численности экономически активного населения:

$$L_{j_i}(t) = L_{j_i}(t-1) + c_{2j_i} \delta \tilde{P}_i(t), \quad (9)$$

Прирост численности экономически активного населения зависит от общей численности населения, динамика которой определяется качеством жизни населения в регионе:

$$\delta \tilde{P}_i(t) = \lambda_i(t) P_i(t), \quad (10)$$

$$P_i(t) = P_i(t-1) + \mu_{1i} P_i(t-1) R_i(t) + \mu_{2i} \tilde{K}_i, \quad (11)$$

$$\tilde{K}_i(t) = \begin{cases} \sum_{j_i}^{j_i} K_{j_i}(t), & \text{если } j_i \in \tilde{Z}_i, \\ 0, & \text{если } j_i \notin \tilde{Z}_i. \end{cases} \quad (12)$$

Реальные доходы населения:

$$R_i(t) = \frac{1}{\inf_{j_i}(t)} \delta s_i(t) R_i(t-1). \quad (13)$$

Валовой региональный продукт по регионам ДФО, определяемый производственным методом:

$$GDP_i(t) = \sum_{j_i=1}^{j_i} \tilde{V}_{j_i}(t) - \tilde{G}_{j_i}(t). \quad (14)$$

Значение интегрального показателя, определяющего состояние социально-экономических систем регионов ДФО:

$$F_i(t) = w_1 \frac{GDP_i(t)}{\sum_{i=1} GDP_i(t)} + w_2 \frac{P_i(t)}{\sum_{i=1} P_i(t)} + w_3 \frac{R_i(t)}{\sum_{i=1} R_i(t)}, \quad (15)$$

$$i \in \tilde{I}, t \in \tilde{T},$$

где $\{w_1, w_2, w_3\}$ – коэффициенты, определяющие значимость соответствующих показателей для лица, принимающего решения.

Состояние социально-экономических систем регионов ДФО определяется на основе оценки значения интегрального показателя:

$$ST_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } F_i(t) \geq \underline{F}, \\ 2, & \text{если } \underline{F} \leq F_i(t) < \overline{F}, \\ 3, & \text{если } F_i(t) < \underline{F}, \end{cases} \quad (16)$$

где $\{\underline{F}, \overline{F}\}$ – пороговые значения для интегрального показателя, определяемые лицом, принимающим решения.

При этом управляющими параметрами модели являются следующие: $\delta Inv_j(t), \delta B_j(t), \delta r_j(t), \delta inf_j(t), \delta ex_j(t), \delta s_j(t)$. Значения остальных характеристик, в частности, экспортных цен являются экзогенными (внемодельными), и могут рассматриваться как сценарные параметры.

2. Результаты имитационного моделирования

Разработанная модель социально-экономической системы ДФО (1)–(16) реализована в системе имитационного моделирования AnyLogic, позволяющей комбинировать методы системной динамики и агентного моделирования в рамках одной модели. Это позволило спрогнозировать и визуализировать состояния агентов-регионов в зависимости от оценки значения интегрального показателя (14). При этом, актуальные состояния агентов-регионов отображаются на карте России (рисунки 2).

При этом поддерживается механизм типа «drill-down», позволяющий проанализировать динамику индивидуальных состояний каждого конкретного региона ДФО, например, Хабаровского края (рисунки 3).

Далее были исследованы следующие возможные сценарии развития социально-экономической системы ДФО:

♦ **Сценарий 1:** реалистичный, предполагающий стабилизацию цен на основные энергоносители (в том числе, нефть, газ, уголь) и полезные ископаемые с одновременным ростом инвестиций основные фонды;

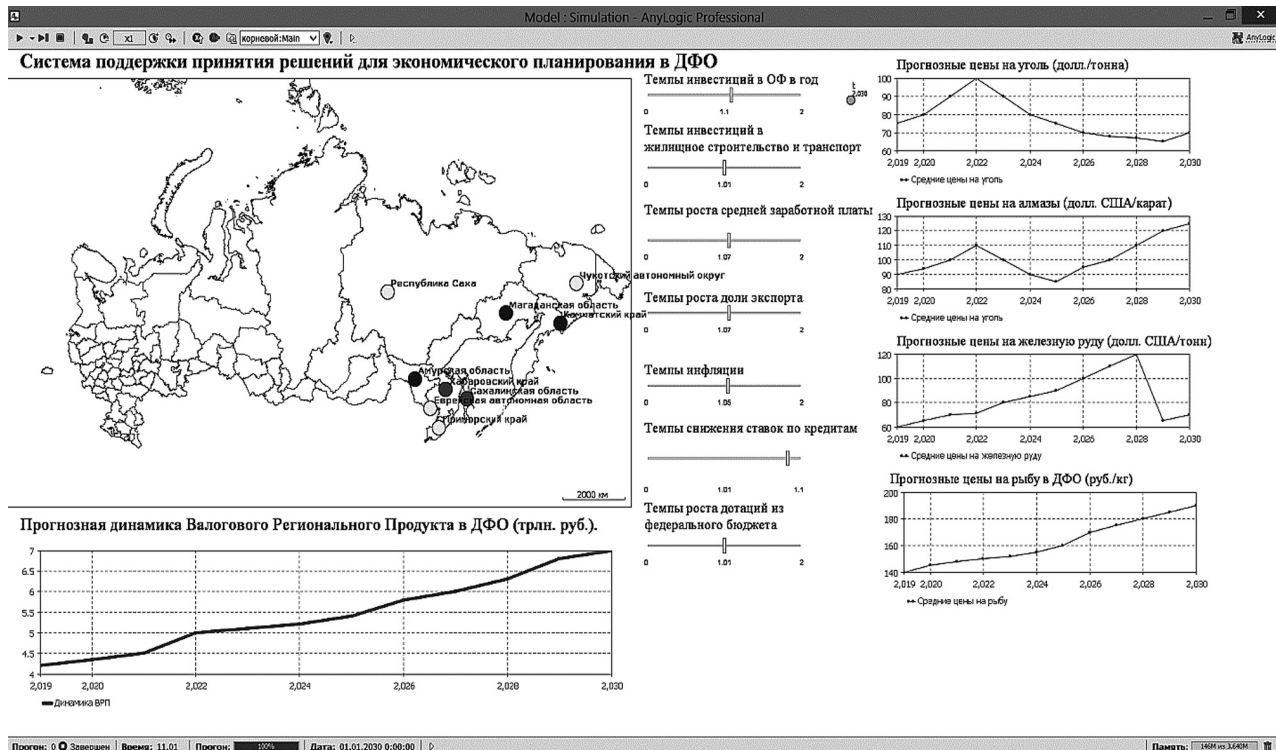


Рис. 2. Имитационная модель социально-экономической системы ДФО в AnyLogic

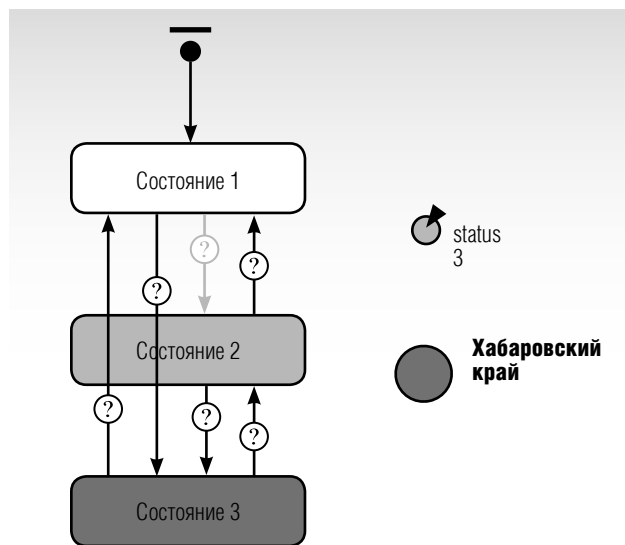


Рис. 3. Визуализация состояния выбранного региона (на примере Хабаровского края)

◆ **Сценарий 2:** пессимистический, обусловленный падением цен энергоносителя, алмазы, продукцию рыболовства и др. и дальнейшим сокращением численности экономически активного населения ДФО;

◆ **Сценарий 3:** оптимистический, предполагающий устойчивый рост спроса и цен на продукцию всех ключевых отраслей экономики ДФО при сохранении текущих темпов роста в промышленности и сельском хозяйстве.

Результаты прогнозирования динамики ВРП ДФО для рассмотренных сценариев представлены на рисунке 4. Отметим, что все три рассматриваемых сценария обеспечивают устойчивый рост ВРП ДФО, в основном за счет наращивания производственной базы, увеличения темпов роста инвестиций в основные фонды, снижения уровня инфляции и ставок по кредитам. Подобные условия позволяют достичь роста ВРП даже в условиях снижения экспортных цен и спроса на продукцию основных отраслей экономики ДФО. При этом возможно даже некоторое увеличение численности населения, при условии, что реальные доходы и качество жизни населения будут расти.

Заключение

Таким образом, в статье представлена разработанная система поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа (ДФО). Предложена экономико-математическая и имитационная (реализованная в AnyLogic) модель социально-экономической системы ДФО, отличительной особенностью которой является учет важнейших обратных связей между ключевыми характеристиками региональных социально-экономических систем, в частности, определяющих зависимость между инвестициями в жилищное строительство, транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство, реальными доходами населения и приростом численности на-

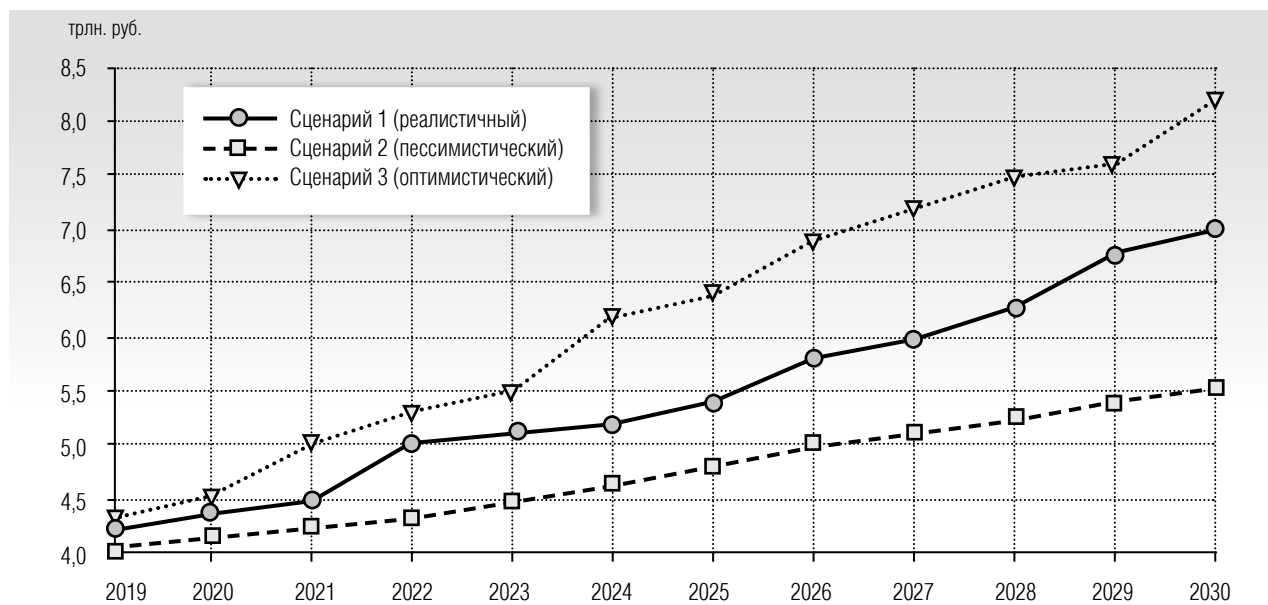


Рис. 4. Прогнозная динамика валового регионального продукта в ДФО, полученная с помощью предложенной имитационной модели

селения по регионам федерального округа.

Разработанная система позволяет варьировать значения множественных управляющих параметров, например, темпов роста инвестиций в основные фонды, темпов роста средней заработной платы, темпов роста дотаций из федерального бюджета и др., а также визуализировать актуальное состояние агентов-регионов на карте России.

С помощью предложенной модели получена прогнозная динамика ВРП ДФО при различных сце-

нариях: реалистичном, пессимистичном и оптимистичном.

Разработанная система поддержки принятий (СППР) может быть использована для моделирования и анализа характеристик других субъектов Российской Федерации. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку СППР для всех регионов РФ, а также моделирование соответствующих взаимосвязей между ними – торговых, миграционных, финансовых и др. ■

Литература

1. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. Модели производственного потенциала и оценки технологической эффективности регионов РФ с учетом структуры производства // Экономика и математические методы. 2016. Т. 52. № 1. С. 28–44.
2. Кравченко Т.К., Исаев Д.В. Системы поддержки принятия решений. М.: Юрайт, 2017.
3. Акопов А.С. Имитационное моделирование. М.: Юрайт, 2016.
4. Forrester J.W. Urban dynamics. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1969.
5. Forrester J.W. Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers // Harvard Business Review. 1958. Vol. 36. No. 4. P. 37–66.
6. Meadows D.H., Randers J. Meadows D.L. Limits to growth: The 30 year update. London: Earthscan, 2005.
7. Meadows D.H. Limits to growth: A Report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. N.Y.: Universe Books, 1972.
8. Сидоренко В.Н. Системная динамика. М.: ТЕИС, 1998.
9. Акопов А.С., Хачатрян Н.К. Системная динамика. М.: ЦЭМИ, 2014.
10. Akopov A.S. Designing of integrated system-dynamics models for an oil company // International Journal of Computer Applications in Technology. 2012. Vol. 45. No. 4. P. 220–230.
11. Акопов А.С. Системно-динамическое моделирование стратегии банковской группы // Бизнес-информатика. 2012. № 2 (20). С. 10–19.
12. Акопов А.С. Системно-динамический подход в управлении инвестиционной деятельностью нефтяной компании // Аудит и финансовый анализ. 2006. № 2. С. 165–200.
13. Schelling T.C. Dynamic models of segregation // Journal of Mathematical Sociology. 1971. Vol. 1. No. 2. P. 143–186.
14. Axelrod R. The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration. Princeton: Princeton University Press, 1997.
15. Акопов А.С., Хачатрян Н.К. Агентное моделирование. М.: ЦЭМИ, 2016.
16. Akopov A.S., Beklaryan L.A., Saghatlyan A.K. Agent-based modelling for ecological economics: A case study of the Republic of Armenia // Ecological Modelling. 2017. No. 346. P. 99–118.
17. Beklaryan A.L., Akopov A.S. Simulation of agent-rescuer behaviour in emergency based on modified fuzzy clustering // Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems (AAMAS'16). Singapore, 9–13 May 2016. Richland: IFAAMAS, 2016. P. 1275–1276.
18. Modeling the development of regional economy and an innovation space efficiency / V. Makarov [et al.] // Foresight and STI Governance. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 76–90.
19. Бахтизин А.Р., Бухвальд Е.М., Кольчугина А.В. Экономическая дифференциация регионов России: новые оценки и закономерности // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2017. № 1. С. 41–56.
20. Бекларян Г.Л. Укрупненная имитационная модель внешнеэкономической деятельности РФ // Экономическая наука современной России. 2018. № 4. С. 50–65.
21. Akopov A.S., Beklaryan G.L. Modelling the dynamics of the “Smarter Region” // Proceedings of 2014 IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics (CIFEr). London, 27–28 March 2014. P. 203–209. 1972.
22. Акопов А.С., Бекларян Г.Л., Бекларян Л.А. Сравнительный анализ производственных и инвестиционных характеристик нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей экономики по регионам РФ, а также нефтяных компаний // Аудит и финансовый анализ. 2005. № 1. С. 67–72.
23. Акопов А.С., Бекларян Г.Л. Анализ эффективности регулирующей политики государства с помощью региональной SSE модели поведения естественных монополий (на примере электроэнергетики) // Экономическая наука современной России. 2005. № 4 (31). С. 130–139.
24. Бекларян А.Л., Акопов А.С. Имитационная модель оптимального распределения потока кредитных заявок для межрегионального центра андеррайтинга коммерческого банка // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 11 (173). С. 46–56.
25. Бекларян А.Л. Имитационная модель поведения толпы в среде разработки AnyLogic // Вестник Бурятского государственного университета. 2015. № 9. С. 40–53.

Decision support system for sustainable economic development of the Far Eastern Federal District

Gayane L. Beklaryan

Senior Researcher

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences

Address: 47, Nakhimovsky Prospect, Moscow, 117418, Russia

E-mail: glbeklaryan@gmail.com

Abstract

In this paper we present a decision support system for the sustainable economic growth of the Far Eastern Federal District (FEFD) of the Russian Federation that consists of several regions. Using system dynamics and agent-based modeling methods, a simulation model of the FEFD economy is developed. The model is implemented in the AnyLogic system; it makes it possible to investigate the influence of multiple factors influencing the FEFD economy, for example, increasing rates of investment in fixed assets, average wages rates, subsidies from the federal budget, the forecasted price trends of oil, gas, carbon, diamonds and fishing industry products. One feature of the model is the possibility to analyze the dynamics of development of all regions of the FEFD, as well as taking into account the influence of external macroeconomic factors.

The decision support system we designed allows us to visualize important characteristics of the FEFD subjects using the map of Russia (GIS) and to save the results of the simulation modelling to the system database. At the same time, we have the possibility of forecasting the dynamics of the Gross Regional Product (a geographic information system) of the Federal District depending on values of the control parameters.

Different scenarios of the FEFD development are investigated. The realistic scenario assumes stabilization of prices for the main energy resources (oil, gas, coal) and minerals with simultaneous growth of investments in fixed assets. The pessimistic scenario assumes falling prices for energy, diamonds, fishing products, etc., as well as the reduction in the numbers of the economically active population in the Far Eastern Federal district. The optimistic scenario assumes stable increasing demand and prices for the products of all main sectors of the economy of the Federal District, maintaining current growth rates in industry and agriculture.

Key words: decision support system; regional economy; Far Eastern Federal District; simulation modeling; AnyLogic.

Citation: Beklaryan G.L. (2018) Decision support system for sustainable economic development of the Far Eastern Federal District. *Business Informatics*, no. 1 (43), pp. 66–75. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.66.75

References

1. Aivazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2016) Modeli proizvodstvennogo potentsiala i otsenki tekhnologicheskoy effektivnosti regionov RF s uchetom struktury proizvodstva [Models of productive capacity and technological efficiency evaluations of regions of the Russian Federation concerning the output structure]. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 52, no. 1, pp. 28–44 (in Russian).
2. Kravchenko T.K., Isaev D.V. (2017) *Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy* [Decision support systems]. Moscow: Urait (in Russian).
3. Akopov A.S. (2016) *Imitatsionnoe modelirovanie* [Simulation modeling]. Moscow: Urait (in Russian).
4. Forrester J.W. (1969) *Urban dynamics*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
5. Forrester J.W. (1958) Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, vol. 36, no. 4, pp. 37–66.
6. Meadows D.H., Randers J. Meadows D.L. (2005) *Limits to growth: The 30 year update*. London: Earthscan.
7. Meadows D.H. (1972) *Limits to growth: A Report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. N.Y.: Universe Books.
8. Sidorenko V.N. (1998) *Sistemnaya dinamika* [System dynamics]. Moscow: TEIS (in Russian).
9. Akopov A.S., Khachatryan N.K. (2014) *Sistemnaya dinamika* [System dynamics]. Moscow: CEMI (in Russian).
10. Akopov A.S. (2012) Designing of integrated system-dynamics models for an oil company. *International Journal of Computer Applications in Technology*, vol. 45, no. 4, pp. 220–230.
11. Akopov A.S. (2012) Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie strategii bankovskoy gruppy [System dynamics modeling of banking group strategy]. *Business Informatics*, no. 2 (20), pp. 10–19 (in Russian).
12. Akopov A.S. (2006) Sistemno-dinamicheskiy podhod v upravlenii investitsionnoy deyatelnost'yu neftyanoy kompanii [System dynamic approach in management of a petroleum company's investment activity]. *Audit and Financial Analysis*, no. 2, pp. 165–200 (in Russian).
13. Schelling T.C. (1971) Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 1, no. 2, pp. 143–186.
14. Axelrod R. (1997) *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton: Princeton University Press.

15. Akopov A.S., Khachatryan N.K. (2016) *Agentnoe modelirovanie* [Agent-based modeling]. Moscow: CEMI (in Russian).
16. Akopov A.S., Beklaryan L.A., Saghatlyan A.K. (2017) Agent-based modelling for ecological economics: A case study of the Republic of Armenia. *Ecological Modelling*, no. 346, pp. 99–118.
17. Beklaryan A.L., Akopov A.S. (2016) Simulation of agent-rescuer behaviour in emergency based on modified fuzzy clustering. Proceedings of the 2016 *International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems (AAMAS'16), Singapore, 9–13 May 2016*. Richland: IFAAMAS, pp. 1275–1276.
18. Makarov V., Ayvazyan S., Afanasyev M., Bakhtizin A., Nanavyan A. (2016) Modeling the development of regional economy and an innovation space efficiency. *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no. 3, pp. 76–90.
19. Bakhtizin A.R., Bukhwal'd E.M., Kolchugina A.V. (2017) Ekonomicheskaya differentsiatsiya regionov Rossii: novye otsenki i zakonomernosti [Economic differentiation of regions of Russia: New estimates and patterns]. *ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice*, no. 1, pp. 41–56 (in Russian).
20. Beklaryan A.L. (2018) Uklupnennaya imitatsionnaya model' vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti RF [Aggregated simulation model of foreign economic activity of the Russian Federation]. *Economic Science of Modern Russia*, no. 4, pp. 50–65 (in Russian).
21. Akopov A.S., Beklaryan G.L. (2014) Modelling the dynamics of the “Smarter Region”. Proceedings of 2014 *IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics (CIFER), London, 27–28 March 2014*, pp. 203–209.
22. Akopov A.S., Beklaryan G.L., Beklaryan L.A. (2005) Sravnitel'nyy analiz proizvodstvennykh i investitsionnykh harakteristik nefteobrabatovayushchey i neftepererabatyvayushchey otrasley ekonomiki po regionam RF, a takzhe neftyanykh kompaniy [Comparative analysis of industrial and investment characteristics of oil extracting and oil refining industries of regions of the Russian Federation, and also petroleum companies]. *Audit and Financial Analysis*, no. 1, pp. 67–72 (in Russian).
23. Akopov A.S., Beklaryan G.L. (2005) Analiz effektivnosti reguliruyushchey politiki gosudarstva s pomoshch'yu regional'noy SSE modeli povedeniya estestvennykh monopoliy (na primere elektroenergetiki) [Analysis of efficiency of adjusting policy of the state by means of regional CCE model of natural monopolies behavior (on the example of electric power industry)]. *Economic Science of Modern Russia*, no. 4 (31), pp. 130–139 (in Russian).
24. Beklaryan A.L., Akopov A.S. (2018) Imitatsionnaya model' optimal'nogo raspredeleniya potoka kreditnykh zayavok dlya mezhtsemyon'nogo tsentra anderraytinga kommercheskogo banka [Simulation model of the optimal allocation of credit applications for interregional underwriting center of a commercial bank]. *Herald of Computer and Information Technologies*, no. 11 (173), pp. 46–56 (in Russian).
25. Beklaryan A.L. (2015) Imitatsionnaya model' povedeniya tolpy v srede razrabotki AnyLogic [Simulation model of crowd behavior in the IDE AnyLogic]. *Bulletin of Buryat state University*, no. 9, pp. 40–53 (in Russian).