

УДК 519.865.7

*И.В. Яковенко***МОДЕЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ <ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ>↔<СТОХАСТИЧЕСКИЙ АВТОМАТ> В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО МЕЖБЮДЖЕТНОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ**

Представлена разработка инструментария поддержки принятия решений в структуре <федеральный бюджет>↔<региональный бюджет>↔<местный бюджет>, применяемого при решении проблем межбюджетных отношений для усиления активной составляющей межбюджетного регулирования. Усиление этой составляющей осуществляется посредством замены финансовой помощи отчислениями в местный бюджет от федеральных и региональных налогов по установленным нормативам. Поставлена и формально описана задача управления межбюджетным регулированием, определены выражения для целевых функций. Для решений поставленной задачи автором статьи предложена модельная конструкция <имитационная модель>↔<стохастический автомат>, использование которой позволяет количественно оценивать принимаемые решения о величине этих нормативов. Модели построенной имитационной системы взаимодействуют с моделью обучающегося стохастического автомата, функционирующего в случайных средах. Состояния автомата отражают нормативы распределения налогов в процессе межбюджетного регулирования. Взаимодействующий с имитационной системой стохастический автомат является обучающимся и обладает свойствами целесообразности поведения и асимптотической оптимальности. Имитационная система создаёт вероятностную среду, в которую погружён стохастический автомат, и определяет характеристики реакций случайной среды на оказываемые на неё воздействия со стороны автомата. Автомат оказывает на случайную среду воздействия посредством своих состояний. Случайная среда отвечает на эти состояния и формирует благоприятные реакции (оценку вероятности выигрыша) и неблагоприятные реакции (оценку вероятности проигрыша) на действия автомата в каждом его состоянии. Автомат выигрывает, если своими воздействиями он приводит к появлению профицита запаса бюджетных средств и проигрывает в противном случае. Имитационная система определяет величины оценок вероятностей выигрыша и проигрыша автомата. Имитационная система реализована в программном продукте ИМИТ. Приведены интерфейсы программного продукта, базирующегося на алгоритмах, включённых в имитационную систему моделей.

*Ключевые слова:* межбюджетное регулирование, имитационная модель, стохастический автомат, лингвистическая переменная.

Финансовая стабильность является основой для развития любой страны, что требует высокой ответственности и профессионализма менеджеров общественных финансов. Обеспечение стабильности финансовой системы России приобретает особую значимость в настоящее время, когда экономика страны находится в сложных макроэкономических условиях санкционных воздействий со стороны западно-европейских стран. В этой ситуации бюджетная политика на всех уровнях власти как никогда должна обеспечить сбалансированное развитие экономики, создать условия для стимулирования её развития. Следовательно, проблема эффективного распределения и использования бюджетных средств в сфере государственных и муниципальных финансов в настоящее время является одной из актуальнейших задач российской экономики. При этом особенно остро стоит вопрос управления долевым распределением налоговых поступлений между уровнями бюджетов по вертикали в процессе межбюджетного регулирования. Этот инструмент межбюджетного регулирования усиливает мотивацию властей к наращиванию своей налогооблагаемой базы и, следовательно, к развитию инновационной деятельности [1-5].

Сложность решения вопросов определения нормативов распределения налоговых поступлений обуславливает необходимость применения экономико-математических методов и компьютерного моделирования. В настоящее время среди отечественных и зарубежных исследователей широкое применение находят системы имитационного моделирования для решения задач управления хозяйствующими субъектами. Анализ предметной области показал, что для исследования поведения бюджетной системы под воздействием решений по межбюджетному регулированию этот метод является особенно эффективным [6-10]. Автором статьи предложены результаты создания и программной реализации имитационной модели, воспроизводящей бюджетные процессы при количественно и качественно выраженных исходных данных.

Общая постановка задачи управления межбюджетным регулированием формулируется следующим образом [11-13]: имеется динамический объект, представляющий собой бюджетную систему структуры <федеральный бюджет>↔<региональный бюджет>↔<муниципальный бюджет>, в которой исследуются процессы межбюджетного регулирования (рис. 1). Формирование бюджета муниципального образования происходит под действием потоков денежных средств  $DF_1, DF_2, \dots, DF_f$ ,

$DR_1, DR_2, \dots, DR_r, DM_1, DM_2, \dots, DM_m, R$ , где

$DF_1, DF_2, \dots, DF_f$  – федеральные налоговые доходы, участвующие в долевом распределении между уровнями бюджетной системы;

$DR_1, DR_2, \dots, DR_r$  – региональные налоговые доходы, участвующие в долевом распределении;

$DM_1, DM_2, \dots, DM_m$  – местные налоговые и неналоговые доходы и сборы;

$R$  – расходы бюджета.

На приведённой схеме налоговые доходы, не участвующие в долевом распределении между бюджетами, неналоговые доходы федерального и регионального бюджетов, а также их расходы не указаны, так как в формировании бюджета муниципального образования они не участвуют.

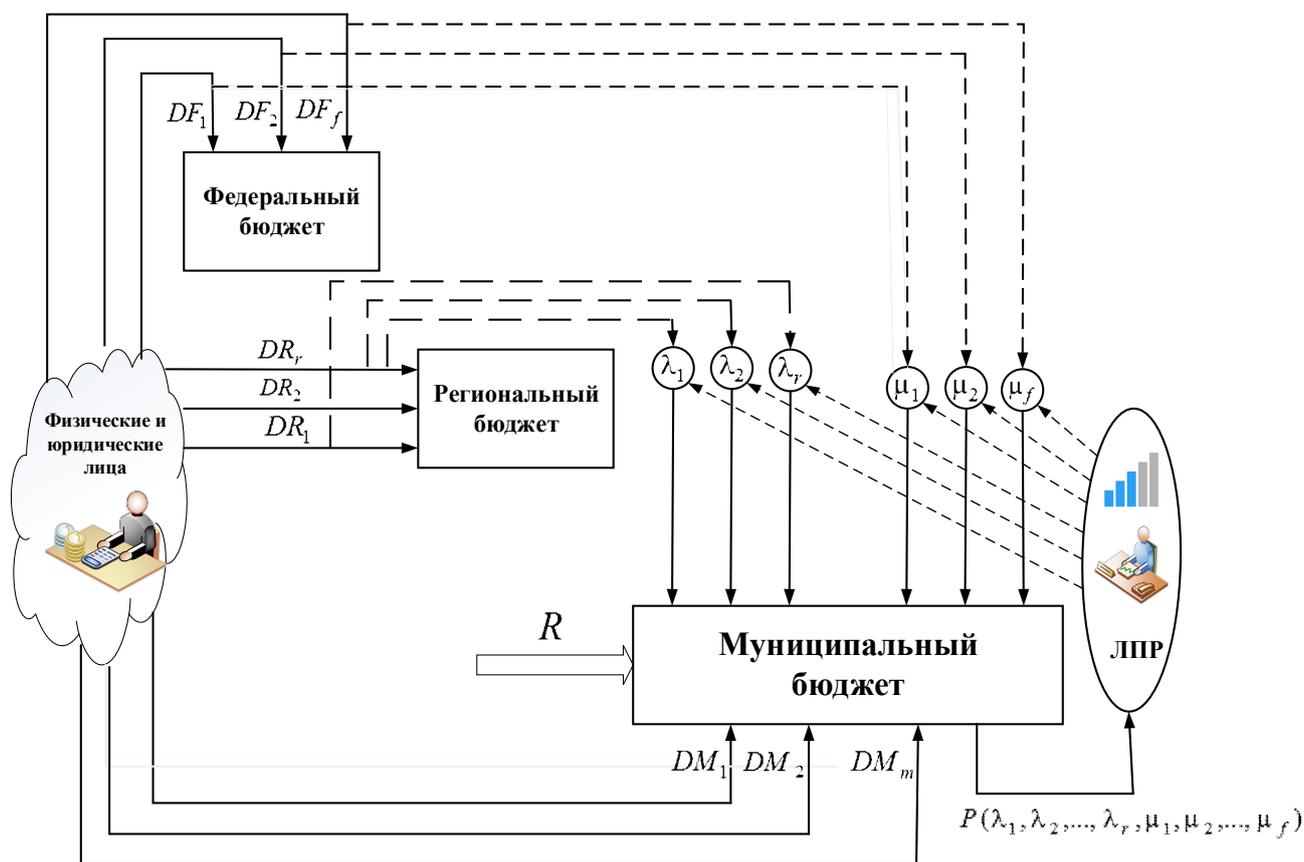


Рис. 1. Концептуальная модель межбюджетного регулирования

Если обозначить через  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f)$  и  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$  векторы, компоненты которого отражают доли отчислений в бюджет муниципального образования соответственно от федеральных и региональных налогов вида  $i = \overline{1, f}$ ,  $i = \overline{1, r}$ , то доход местного бюджета от перечислений налоговых поступлений в порядке бюджетного регулирования составит

$$\sum_{i=1}^f \mu_i \cdot DF_i + \sum_{i=1}^r \lambda_i \cdot DR_i$$

Тогда динамика остатков  $Z(t+1)$  денежных средств бюджета микроуровня опишется уравнением:

$$Z(t+1) = Z(t) + \sum_{i=1}^f \mu_i \cdot DF_i + \sum_{i=1}^r \lambda_i \cdot DR_i - R(t),$$

где  $t$  – момент времени.

Объектом принятия решений на этой схеме являются величины долей  $\mu_i, i = \overline{1, f}, \lambda_j, j = \overline{1, r}$  отчислений денежных средств в местный бюджет от уплаты налогов, включённых в список межбюджетного регулирования. Объектом управления в процессе принятия решений по межбюджетному регулированию является бюджет муниципального уровня бюджетной системы РФ. В работах [11-13] поставлена задача межбюджетного регулирования, заключающаяся в нахождении значений  $\mu_i, i = \overline{1, f}, \lambda_j, j = \overline{1, r}$ , приводящих к оптимуму целевой функции  $P(S_1, S_2, \dots, S_k)$ , формально представленная выражением:

$$\begin{aligned} & \forall \mu_i, i = \overline{1, f}, \forall \lambda_j, j = \overline{1, r}, \exists \tilde{\mu}_i, \exists \tilde{\lambda}_j / \\ & P(\tilde{\mu}_1, \tilde{\mu}_2, \dots, \tilde{\mu}_f, \tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \dots, \tilde{\lambda}_r) = \\ & = \text{opt}P(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r) \end{aligned}$$

В роли целевой функции  $P(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$  выступает вектор  $P(\cdot) = ((P_1(\cdot), P_2(\cdot)))$  с компонентами, отражающими оценку вероятности дефицита в бюджете муниципального уровня

$$P_1(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N K_2(t),$$

$$K_2(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{|Z(t)|}{Z(t)}\right), & \text{если } Z(t) \neq 0; \\ 0, & \text{если } Z(t) = 0; \end{cases}$$

и оценку вероятности профицита

$$P_2(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N K_1(t),$$

$$K_1(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(1 + \frac{|Z(t)|}{Z(t)}\right), & \text{если } Z(t) \neq 0; \\ 0, & \text{если } Z(t) = 0; \end{cases}$$

где  $N$  – период исследования. Для управления величинами  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f)$  и  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$  в рамках поставленной задачи предложена модель интеллектуального агента.

В работах [11;12] предложено формальное описание поведения лица, принимающего решение и рассмотрение его как интеллектуального агента. Поведение интеллектуального агента описано в классе функций переходов и выходов стохастического автомата, функционирующего в случайной среде, создаваемой поступлениями от уплаты налогов. При этом стохастический автомат представлен абстрактным адаптивным обучающимся устройством, погружённым во внешнюю среду, создаваемую поступлениями денежных средств в бюджет муниципального уровня бюджетной системы от уплаты налогов. В роли состояний  $\varphi_i(t) = \{\varphi_1^i(t), \varphi_2^i(t), \dots, \varphi_k^i(t)\}, \varphi_j(t) = \{\varphi_1^j(t), \varphi_2^j(t), \dots, \varphi_k^j(t)\}$  автомата выступают различные доли отчислений  $\mu_i, i = \overline{1, f}, \lambda_j, j = \overline{1, r}$  этих средств от конкретного налога в порядке бюджетного регулирования. Автомат переходит из состояния  $\varphi_\alpha(t), \alpha = \overline{1, k}$  в состояние  $\varphi_\beta(t), \beta = \overline{1, k}$  под влиянием реакций внешней среды. В работах [12-15] принято, что реакция внешней среды заключается в оценке действий  $\varphi_\alpha(t)$  автомата на материальную составляющую  $Z(t)$  бюджета посредством сигналов, которые разбиты на два класса: «поощрение» и «наказание». Автомат поощряется в состоянии  $\varphi_\alpha(t)$ , если его значение вызывает возникновение в бюджете те-

кущего профицита  $Z(t) > 0$ . Значение  $Z(t) < 0$  вызывает реакцию «наказание» автомата. В работах [11; 12] выбрана структура автомата и получены выражения для финальных вероятностей  $P_i^\Phi, i = \overline{1, k}$  выбора автоматом своих состояний:

$$P_1^\Phi = \frac{1}{q_1 \sum_{i=1}^k \frac{1}{q_i}}; \quad P_2^\Phi = \frac{1}{q_2 \sum_{i=1}^k \frac{1}{q_i}}; \quad \dots; \quad P_k^\Phi = \frac{1}{q_k \sum_{i=1}^k \frac{1}{q_i}},$$

где величины  $p_\alpha$  и  $q_\alpha$  представляют собой соответственно оценки вероятностей реакций «поощрение» и «наказание» автомата в состоянии  $\varphi_\alpha(t), \alpha = \overline{1, k}$  и определяются исходя из выражений:

$$p_\alpha = P_1(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r), \quad q_\alpha = P_2(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r).$$

В работах [13-15] доказано, что автомат предложенной структуры обладает свойством целесообразности поведения и асимптотической оптимальности. Поэтому, если разыгрывать его состояния в соответствии с финальными вероятностями, то этот автомат будет вести себя подобно естественному интеллекту, которому заранее известны финальные вероятности состояний. Для определения входящих в выражения для финальных вероятностей  $P_i^\Phi, i = \overline{1, k}$  величин выигрышей  $p_i$  и проигрышей  $q_i$  автомата в состояниях  $\varphi_i(t)$  автором предложена имитационная модель *IMIT*. Структура имитационной модели представлена на рис. 2.

Имитационная модель включает в себя два блока и описывается кортежем  $IMIT = \langle W_1, W_2 \rangle$ ,

где  $W_1$  – блок генерации возможных значений случайной величины по заданному закону распределения;

$W_2$  – блок изменения величины остатков денежных средств при случайном характере изменения доходов и расходов бюджета.

В основу функционирования блока  $W_1$  положен метод статистических испытаний Монте-Карло. Исходными данными модели  $W_1$  являются законы распределения случайных величин  $DF_i, i = \overline{1, f}, DR_j, j = \overline{1, r}, DM_k, k = \overline{1, m} R$ .

Принятие решений в процессе межбюджетного регулирования осуществляется как в условиях риска, так и в условиях лингвистической неопределённости. В случае наличия статистических данных об уплате налогов, участвующих в долевом распределении между уровнями бюджетной системы, база законов распределения случайных величин  $DF_i, i = \overline{1, f}, DR_j, j = \overline{1, r}, DM_k, k = \overline{1, m} R$  пополняется в соответствии со структурной схемой, представленной на рис. 2. В случае отсутствия статистических данных задача рассматривается в условиях лингвистической неопределённости и величины  $DF_i, i = \overline{1, f}, DR_j, j = \overline{1, r}, DM_k, k = \overline{1, m} R$  принимаются за лингвистические переменные, индуцируемые на базе созданной формальной грамматики и распознаваемые конечным автоматом. В работе [14] описан программный комплекс АВТОМАТ, осуществляющий синтаксический и семантический анализ составных термов, характеризующих состояние бюджета, в виде логических конструкций естественного языка. Построенное в результате работы программного продукта АВТОМАТ семантическое дерево позволяет породить функцию принадлежности составной лингвистической переменной как распределение возможностей с последующей её трансформацией при дефазификации в распределение вероятностей, используемое для генерации возможных значений характеристик бюджета.

Имитационная модель *IMIT* реализована в программном продукте и позволяет проводить эксперименты при различных значениях состояний  $\varphi_i(t)$  автомата для получения величин  $p_i$  и  $q_i$ . Окно главного интерфейса имитационной модели приведено на рис. 3.

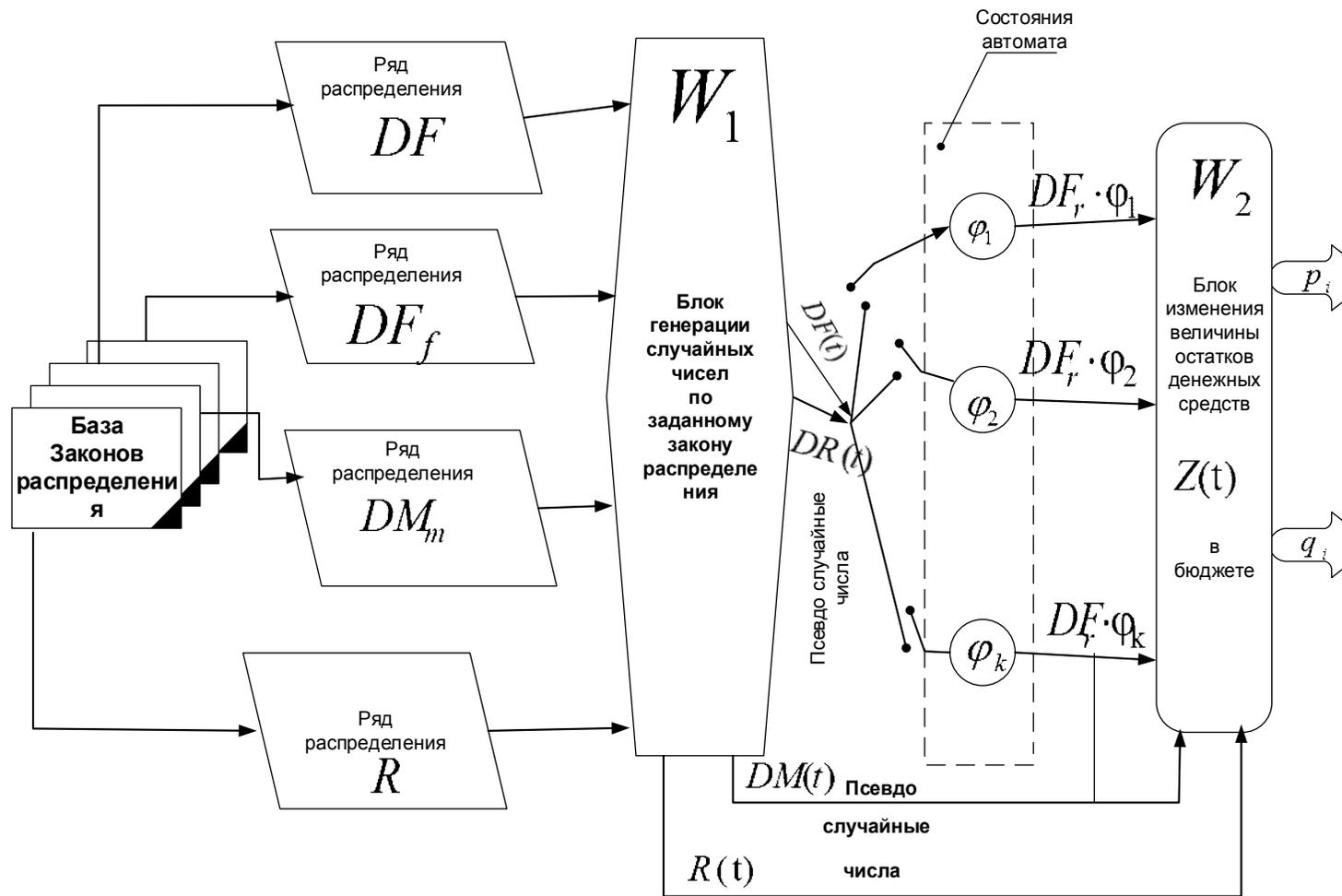


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели ИМИТ

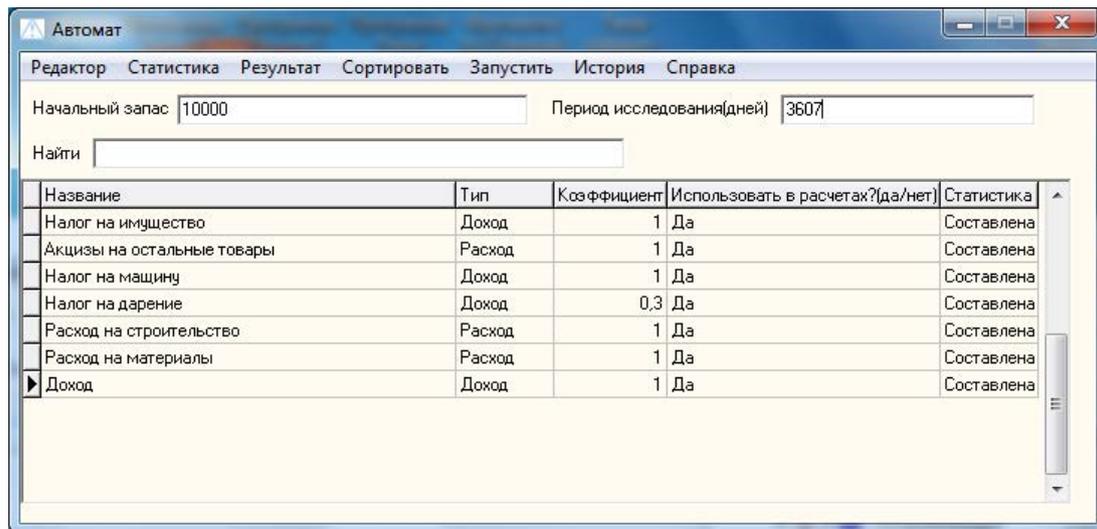


Рис. 3. Окно главного интерфейса программного продукта ИМИТ

Пункт меню «Статистика» позволяет вводить исходные данные о доходах или расходах бюджета в форме количественно и качественно определённых характеристик посредством переключения в режимы, соответствующие условиям стохастической и лингвистической неопределённости. Величины  $\varphi_i(t)$ , отражающие доли отчислений в бюджет мезоуровня поступлений для каждого вида налога, устанавливаются в столбце «Козфициент». В режиме стохастической неопределённости в модель вводятся статистические данные, характеризующие доходы и расходы бюджета, используемые для построения их законов распределения. Режим лингвистической неопределённости предусматривает обработку качественных характеристик бюджета в виде простых и составных термов, семантический анализ которых и его программная реализация, являющаяся компонентом имитационной системы ИМИТ, приведены в ранних публикациях [14].

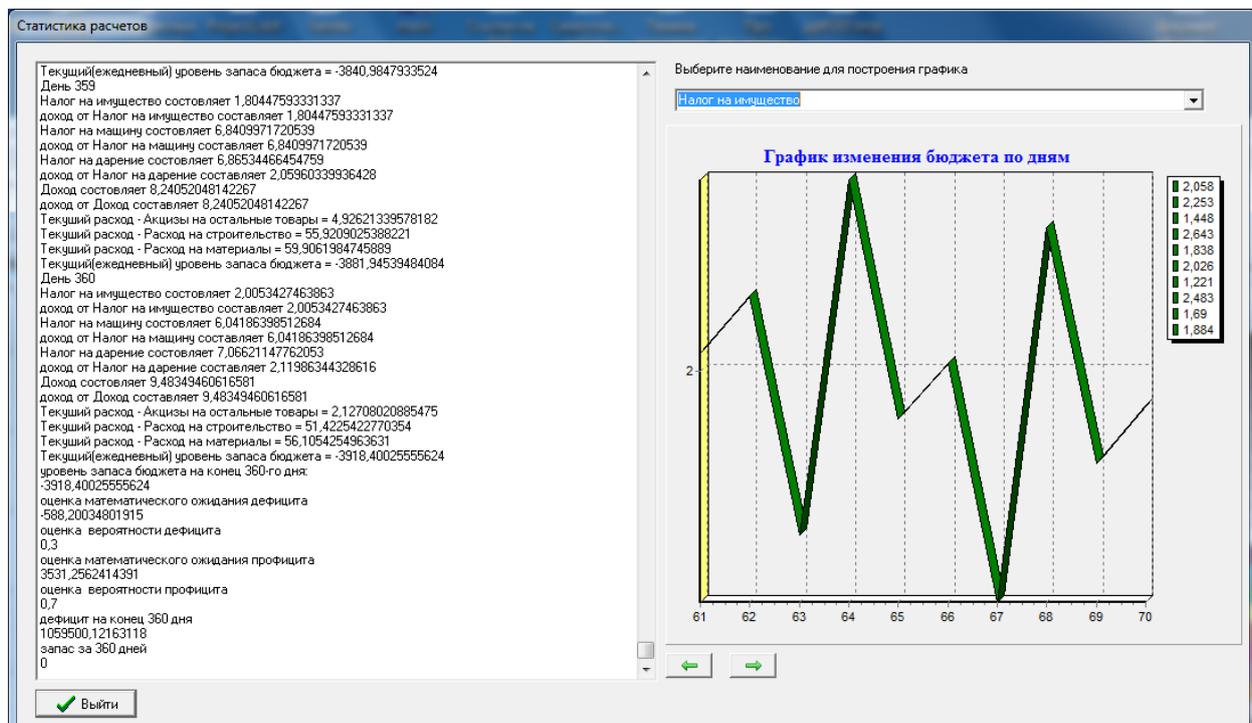


Рис.4. Результат функционирования имитационной системы ИМИТ

Запуск программы после ввода начальных условий в полях «Начальный запас» и «Период исследования» позволяет получить значения величин  $p_i$  и  $q_i$  для каждого состояния автомата  $\varphi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, k}$ , а также оценить уровень запаса бюджетных средств на конец периода исследования (рис. 4).

Программный продукт ИМТ позволяет получить количественную информацию об изменении поступлений от уплаты налогов, расходов, а также о текущих остатках денежных средств за каждый день исследуемого планируемого периода. Для повышения наглядности результатов имитационного моделирования активизируется окно инфографики, в котором по запросу пользователя отображается графическая информация изменения доходов по каждому виду налога, расходов бюджета, а также остатков бюджетных средств.

Внедрение построенной имитационной системы позволит повысить степень обоснованности принимаемых решений по долевого распределению налогов между уровнями бюджетной системы. В результате проведенных исследований авторами статьи получены следующие научные результаты:

1) поставлена и формально описана задача определения нормативов распределения налоговых поступлений между бюджетами по вертикали;

2) предложен подход взаимодействия обучающегося автомата с имитационной моделью, позволяющий дать количественную оценку решениям, принимаемым по долевого распределению налогов при межбюджетном регулировании;

3) построена имитационная система, осуществляющая интеграцию функционирования обучающегося стохастического автомата с моделированием процессов, протекающих в бюджете муниципального образования при межбюджетном регулировании;

4) осуществлена программная реализация имитационной системы, воспринимающей количественную и качественно выраженную информацию о доходах и расходах бюджета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатова Т.В., Черкасова Т.П. Институциональные концепции экономического роста и их модернизации // Государственное и муниципальное управление. Уч. зап. СКАГС. 2011. № 2. С. 57.
2. Игнатова Т.В., Мартыненко Т.В. Потенциал местного самоуправления в управлении государственной собственности на территории // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2015. № 4 (59). С. 36-39.
3. Юрьев В.Н. Факторный анализ инновационного развития в субъектах РФ // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. тр. XX Междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 212-218.
4. Юрьев В.Н., Дыбок Д.М., Изотов А.В. Анализ факторов, влияющих на инновационное развитие регионов Российской Федерации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского гос. политехн. ун-та. Экономические науки. 2016. № 4 (246). С. 98-108.
5. Матвеева Л.Г., Чернова Л.Г. Моделирование управления ресурсными потоками в целях развития периферийных территорий // Terra Economicus. 2013. Т.11, №3-2. С. 84-88.
6. Шаш Н.Н., Бородин А.И. Приоритеты бюджетной политики России и проблемы регионов// Вестн. Удм. ун-та. Сер. Экономика и право. 2014. Вып. 1. С. 116-123.
7. Шаш Н.Н., Бородин А.И. Повышение эффективности управления государственными программами: федеральный и региональный аспекты// Вестн. Удм. ун-та. Сер. Экономика и право. 2014. Вып. 4. С. 96-106.
8. Шаш Н.Н., Бородин А.И., Татуев А.А. Проблемы перехода на программный бюджет: новые вызовы бюджетной политики России // Terra economicus. 2013. Т. 11, № 4-2. С. 145-152.
9. Бородин А.И., Сорочайкин А.Н. Социально-экономическое развитие регионов: концепция, механизм, управление // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 5. С. 4-11.
10. Бородин А.И., Конорев В.В. Методология определения ценности информации в региональных задачах принятия управленческих решений в условиях неопределённости // Вестн. Калмыцкого ин-та гуманитарных исследований РАН. 2013. № 2. С. 96-103.
11. Стрельцова Е.Д., Богоягкова И.В., Стрельцов В.С. Модельный инструментарий системы поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием // Государственное и муниципальное управление. Уч. зап. СКАГС. 2014. № 2. С. 76-85.
12. Стрельцова Е.Д., Богоягкова И.В., Стрельцов В.С. Агентно-ориентированные модели в системе поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием // Економічний вісник Національного гірничого університету. 2014. № 2. С. 108-113.
13. Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С. Система «Автомат-переключаемая среда» для моделирования долевого распределения налогов // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 2010. № 19 (90), вып. 16/1. С. 127-132.

14. Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С. Модель распознающего автомата в системе поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та, Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. № 1 (144), вып. 25/1. С. 157-163.
15. Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С. Модель поведения автоматов в переключаемых случайных средах для принятия решений по межбюджетному регулированию // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. Сер. Экономика и управление. 2014. № 1 (16). С. 71-74.

Поступила в редакцию 17.03.17

*I.V. Yakovenko*

**MODEL STRUCTURE <SIMULATION MODEL>↔<STOCHASTIC MACHINE> IN THE SYSTEM OF DECISION SUPPORT ON INTERBUDGETARY REGULATION**

The article is devoted to the development of a Toolkit of decision support in the structure <Federal budget>↔<regional budget>↔<local budget> used while solving the problems of intergovernmental relations with the aim of enhancing the active component of the interbudgetary regulation. Strengthening of this component is carried out by replacing the financial assistance by payments to local budgets from Federal and regional taxes according to the established standards. The article raises and formally describes the task of managing inter-budget regulation, determines expressions for the objective functions. To solve these tasks the author proposes a model structure <simulation model>↔<stochastic machine>, the use of which allows to quantitatively evaluate decisions on the value of these standards. Models of the simulation system interact with the model of a learning stochastic machine operating in random environments. States of the machine reflect the norms of distribution of taxes in the process of budgetary control. The stochastic machine interacting with the simulation system is a learned automation and has the properties of the appropriateness of behavior and asymptotic optimality. Simulation system creates a probabilistic environment that surrounds the stochastic machine, and determines the characteristics of the reactions of random environment provided by its exposure to the machine. The machine has effect on random environment via its states. The environment meets that condition and generates a favorable reaction (the estimated probability of winning) and adverse reactions (an assessment of the likelihood of loss) to the actions of the machine in every condition. The machine wins if its impacts lead to a surplus stock of budgetary funds, and loses otherwise. Simulation system determines the magnitude of the estimates of the probabilities of winning and losing machine. Simulation system is implemented in a software product IMIT. The article presents the interfaces of the software product based on the algorithms included in simulation models.

*Keywords:* inter-budget regulation, simulation model, stochastic machine, linguistic variable.

Яковенко Ирина Владимировна,  
кандидат экономических наук, доцент  
ФБГОУ ВО «Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова»  
346400, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
E-mail: Irinayakovenco@bk.ru

Yakovenko I.V.,  
Candidate of Economics, Associate Professor  
South-Russian State Polytechnic University (NPI)  
Prosveshcheniya st., 132, Novocherkassk, Russia, 346400  
E-mail: Irinayakovenco@bk.ru