ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И УСПЕШНЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ
THE ORETICAL MODELS AND SUCCESSFUL MANAGEMENT PRACTICES

УДК 0049: 336.12

КОМПЛЕКС ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЖБЮДЖЕТНЫХ ОТНОШЕНИЙ НА БАЗЕ СОГЛАСОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ

THE COMPLEX OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS OF THE REGULATION INTER-BUDGETARY RELATIONS ON THE BASIS OF COORDINATION OF REGIONAL AND MUNICIPAL INTERESTS

И.В. Яковенко
I.V. Yakovenko

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Россия, г. Новочеркасск

Southern Russian state polytechnical university (NPI) of M.I. Platov, Russia, Novocherkassk

E-mail: el_strel@mail.ru

Аннотация
Рассматриваются вопросы создания комплекса экономико-математических моделей для принятия решений в стратегической задаче межбюджетного регулирования, касающейся установления величины пропорций распределения налоговых поступлений между регионом и муниципальным образованием. Моделирование поведения ЛПР в процессе принятия решений осуществляется на основе математического аппарата теории стохастических автоматов в случайных средах. Для согласования региональных и муниципальных интересов предложена модель игры стохастических автоматов, решение которой ищется в нечётких стратегиях, сопряжённых со сценариями социально-экономического развития региона и муниципального образования.

Abstract
Examines the creation of the complex of economic-mathematical models for decision-making strategic objective budgetary control, concerning the establishment of values of proportions of distribution of tax revenues between the region and municipality. Modeling the behavior of decision makers in the decision-making process is based on the mathematical apparatus of the theory of stochastic automata in random environments. For coordinating regional and municipal interests of the proposed game model stochastic automata, the solution of which is sought in the unclear strategies associated with scenarios of socio-economic development of the region and of the municipality.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, стохастический автомат, случайная среда, бюджетное регулирование, теоретико-игровая модель, нечёткие стратегии.
Keywords: mathematical model, stochastic automaton, random medium, budget control, game-theoretic model, fuzzy strategy.

Введение

В настоящее время в ситуации выхода России из экономической рецессии, вызванной влиянием введённых западными странами санкций, ключевой проблемой становится обнаружение скрытых резервов территорий и их эффективное использование с целью перехода к положительной динамике в экономическом развитии. К числу таких резервов относится не полностью используемые ресурсы обеспечения конкурентоспособности (финансовые, природные, человеческие), активизация которых во многом интенсифицируется созданием условий заинтересованности властей к развитию инвестиционной деятельности, связанной с воспроизводством различных компонент хозяйственного потенциала на подведомственных им территориях. Вопросы построения инструментария оценки и развития инвестиционной привлекательности проектов, обеспечивающих конкурентоспособность территорий, освещались в научных работах отечественных учёных [Стрельцова Е.Д., Бородин А.И., Фурсов С.В., 2014.; Катков Е.В., 2013.; Ковалёва А.В., 2012]. Результативным драйвером интенсификации развития хозяйственной деятельности, инновационных и инвестиционных инициатив, диверсификации производства является организация эффективных межбюджетных отношений между регионом и муниципальными образованиями, активизирующих стимулирующую функцию межбюджетного регулирования. Теоретико-методологическим проблемам совершенствования управления в сфере межбюджетных отношений посвящены работы [Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2014; Федий В.С. 2005; Богомягкова И.В., 2010]. Выравнивающая функция межбюджетного регулирования, реализуемая посредством трансфертных вливаний, безусловно, позволяет ослабить диспропорции в бюджетной обеспеченности территорий муниципальных образований. Но использование только этого инструмента развивает иждивенчество и отсутствие у местных властей стимулов к развитию налогооблагаемой базы, что в условиях турбулентности протекающих экономических процессов приводит к стагнации их экономики. Эффективным способом развития стимулов для повышения эффективности хозяйственной деятельности муниципальных образований является увеличение налоговой составляющей их доходной базы посредством передачи им части поступлений от уплаты собираемых на данной территории налогов. Выстраивание межбюджетных отношений в таком ракурсе усиливает самостоятельность муниципалитетов и заинтересованность местных властей к увеличению собираемости налогов. В связи с этим возникает проблема определения величин отчислений в местные бюджеты от собираемых на территории муниципальных образований налогов и сборов, обеспечивающих сбалансированность интересов различных субъектов экономики. Эффективным способом решения этой проблемы является разработка и использование экономико-математических моделей, позволяющих дать количественную оценку последствиям полученных результатов.

Основные результаты исследования

В настоящей статье предлагается комплекс экономико-математических моделей для поддержки принятия решений относительно величин нормативов отчислений в бюджеты муниципальных образований от налогов и сборов, полагающихся для зачисления в бюджет субъекта Российской Федерации. Структурная схема комплекса моделей приведена на рис. 1.

Для описания процессов принятия решений при определении пропорций распределения налоговых поступлений в статье предложена модель стохастического автомата, функционирующего в случайных средах. Структура стохастического автомата описывалась ранее в [Богомягкова И.В., 2010; Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010]. Кратко охарактеризуем поведение этой автоматной модели.

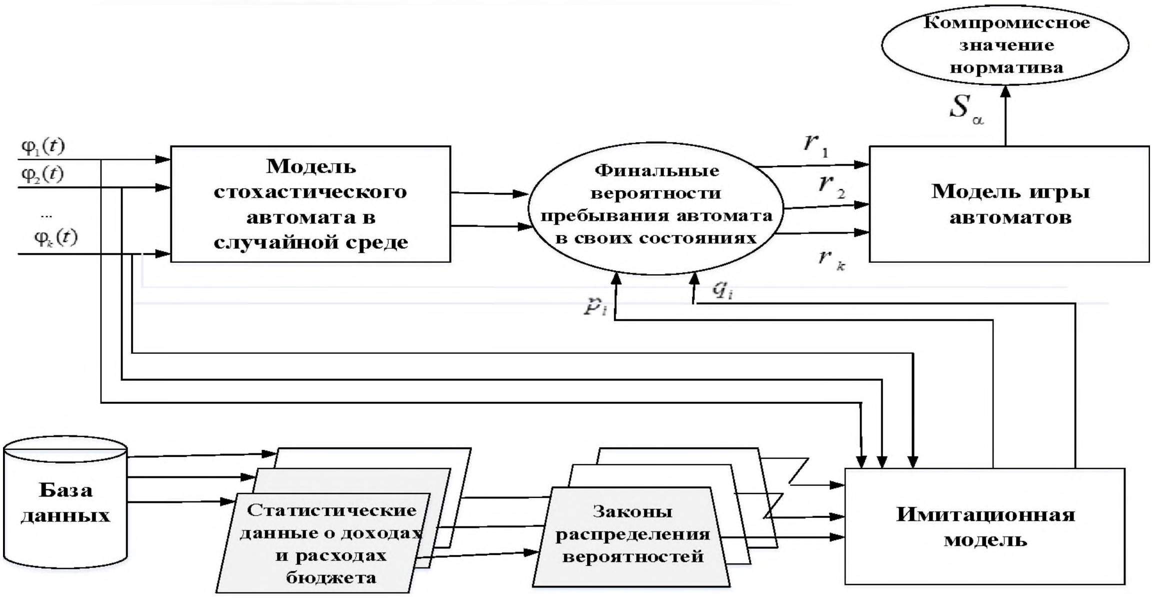

Рис.1. Структурная схема комплекса экономико-математических моделей поддержки принятия решений по установлению нормативов распределения налогов и сборов между уровнями бюджетной системы

Fig. 1. Block diagram of a complex of economic-mathematical models of support of decision-making on establishment of standards of distribution of taxes and fees between levels of the budgetary system

В роли состояний $\Psi_j(t)$, $j=\overline{1,k}$ автомата выступают величины нормативов отчислений от налогов в бюджет муниципального образования в порядке бюджетного регулирования, а в роли случайной среды, в которую погружён автомат, − изменяющиеся случайным образом величины текущих поступлений в бюджет муниципального образования от уплаты налогов и сборов, величины неналоговых доходов, а также величины текущих расходований бюджетных средств. Выбирая состояния $\Psi_j(t)$, $i=\overline{1,k}$, автомат воздействует на ситуацию в бюджете и доводит при этом размер остатков денежных средств до величины, равной $Z(t+1)=Z(t)+\sum_{i=1}^{k}\Psi_i X_{ri}(t)+X_N(t)+\overline{X_N}(t)-R(t)$, где t – момент времени; $R(t)$ – величина расходов бюджета в момент t; $X_N(t)$– поступления от уплаты налогов, не участвующих в долевом распределении; $\overline{X}_N(t)$– неналоговые доходы и сборы, $X_{ri}(t)$– поступления от уплаты налога вида i, участвующих в долевом распределении. При этом в бюджете появляется профицит, когда $Z(t+1)>0$, или дефицит, когда $Z(t+1)<0$. При выборе поведения автомата принято, что если $Z(t+1)>0$ в состоянии $\Psi_i(t)$, $i=\overline{1,k}$, автомат получает поощрение, т. е. выигрывает, а в противном случае, т. е. если $Z(t+1)<0$, автомат получает наказание, т. е. проигрывает. В [Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010] определена тактика поведения автомата, состоящая в том, что при выигрыше автомат не покидает своего состояния $\varphi_j(t)$, а при проигрыше – переходит в любое другое состояние $\Psi_i(t)$, $i\neq j$, $i=\overline{1,(k-1)}$. Для выбранной тактики получены выражения, определяющие предельные вероятности пребывания автомата в своих состояниях [Богомягкова И.В., 2010; Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010]:

$$P_1^{\phi}=\frac{1}{q_1\sum\limits_{i=1}^{k}\frac{1}{q_i}};\ P_2^{\phi}=\frac{1}{q_2\sum\limits_{i=1}^{k}\frac{1}{q_i}};\ \ldots;\ P_k^{\phi}=\frac{1}{q_k\sum\limits_{i=1}^{k}\frac{1}{q_i}},$$

где P_i^{ϕ} – предельная (финальная) вероятность пребывания автомата в состоянии Ψ_i, $i = \overline{1,k}$; p_i, q_i – соответственно вероятности выигрыша и проигрыша автомата в состоянии Ψ_i. Как свидетельствуют доказанные в [Богомягкова И.В., 2010; Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010] теоремы, автомат такой конструкции обладает свойствами целесообразного поведения и асимптотической оптимальности. Критерием целесообразности поведения и асимптотической оптимальности является математическое ожидание выигрыша.

Для определения входящих в выражения P_i^{ϕ} вероятностей выигрышей p_i и проигрышей q_i автомата в каждом состоянии Ψ_j, $j = \overline{1,k}$ предлагается имитационная модель, позволяющая воспроизводить бюджетные потоки. В качестве исходной информации имитационной модели используется накапливаемая в базе данных статистика, характеризующая случайные величины $R(t)$, $X_N(t)$, $\overline{X}_N(t)$, $X_{r_i}(t)$. Построенные вероятностные распределения этих величин позволяют применить метод статистических испытаний для генерации их возможных значений и имитации динамики остатков бюджетных средств $Z(t+1)$ при различных значениях нормативов Ψ_j отчисления от налогов в бюджет муниципального образования, а также для определения величин p_j и q_j. На рис. 2. приведён алгоритм имитационной модели.

Блоки 1-4 алгоритма определяют состояния автомата, исходя из заданного их количества k следующим образом: $\Psi_1 = 0$, $\Psi_2 = \Psi_1 + \Delta$, … $\Psi_{k-1} = \Psi_1 + \dfrac{k-2}{k-1}\Delta, \Psi_k = 1$, где величина Δ определяется как отношение $\Delta = \dfrac{1}{k-1}$. Блоки 5-16 определяют величину остатка денежных средств на конец планируемого периода T исходя из сгенерированных по методу статистических испытаний величин $R(t)$, $X_N(t)$, $\overline{X}_N(t)$, $X_{r_i}(t)$. При этом коэффициенты $\widetilde{K}_1 = \dfrac{1}{2}(1+\dfrac{|z|}{z})$ и $\widetilde{K}_2 = \dfrac{1}{2}(1-\dfrac{|z|}{z})$ принимают значения «1» или «0» в случае возникновения профицита $(\widetilde{K}_1 = 1, \widetilde{K}_2 = 0)$ или дефицита $(\widetilde{K}_1 = 0, \widetilde{K}_2 = 1)$ бюджета и позволяют определить в конце периода исследования T оценки вероятностей профицита $p_j = \dfrac{K_1}{T}$, $K_1 = \sum_{t=1}^{T} \widetilde{K}_1$ и дефицита $q_j = \dfrac{K_2}{T}$, $K_2 = \sum_{t=1}^{T} \widetilde{K}_2$ бюджета, рассматриваемые как оценки вероятностей выигрыша и проигрыша автомата [Богомягкова И.В., 2010; Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010]. В связи с тем, что величины нормативов $\Psi_j(t)$, $j = \overline{1,k}$ расщепления налогов между уровнями бюджетной системы должны выбираться исходя из условия обеспечения согласования интересов между регионом и муниципальным образованием, в статье предлагается экономико-математическая модель коллективного поведения автоматов A_1 и A_2, первый из которых выбирает доли распределения налогов в интересах муниципального образования, а второй – в интересах субъекта РФ. Модель коллективного поведения автоматов рассматривалась в работе [Стрельцова Е.Д., Стрельцов В.С., 2011]. Но полученное выражение для компромиссной величины долей распределения налогов не учитывает сценариев социально-экономического развития территорий. В настоящей статье предложен интеллектуализированный подход к формальному описанию взаимодействия автоматов на основе сочетания математического аппарата теории игр и нечёткой логики.

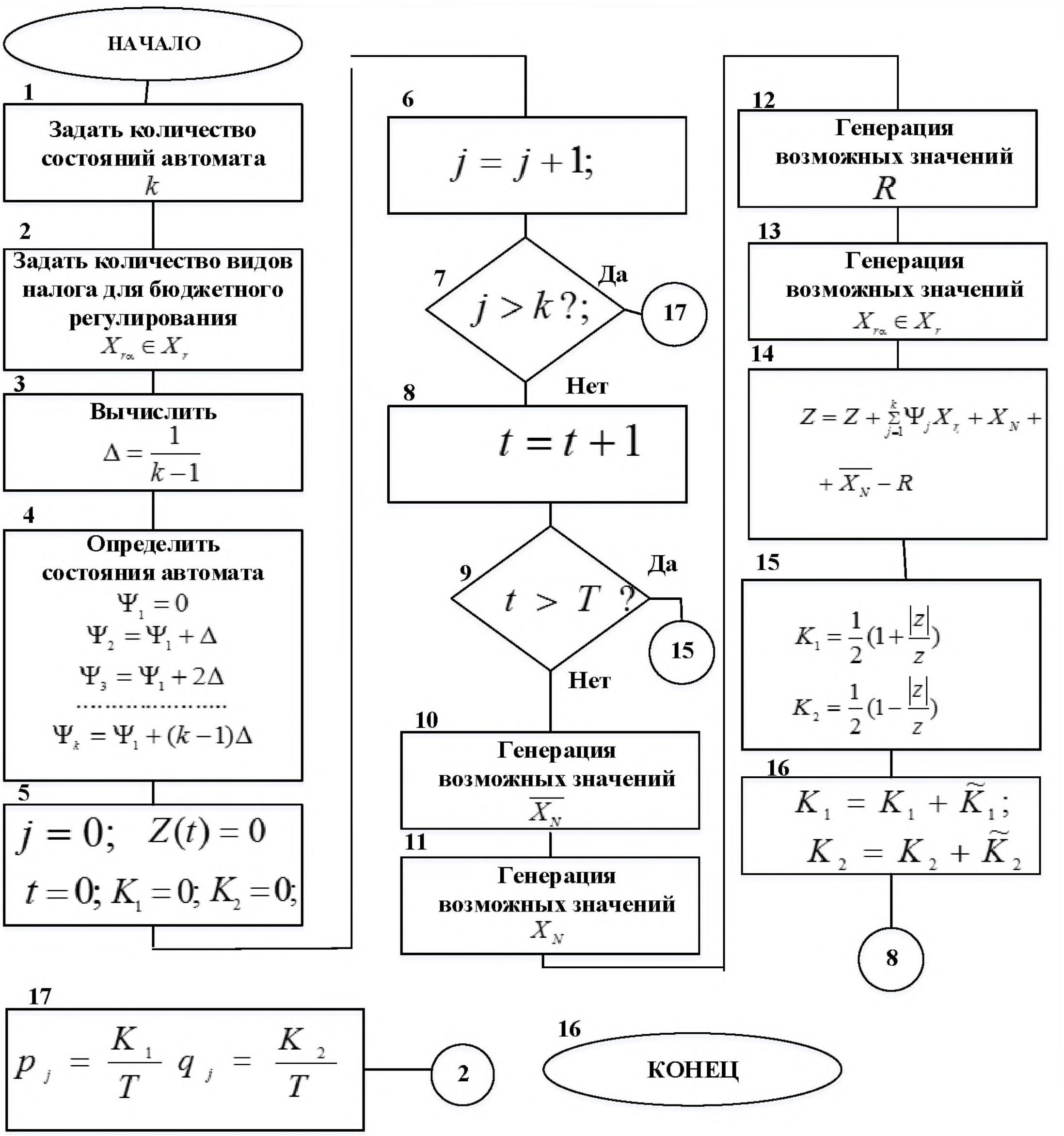

Рис. 2. Алгоритм имитационной модели
Fig. 2. Algorithm of imitating model

Коллективное поведение формально представлено неантагонистической теоретико-игровой моделью G, описанной в нормальной форме кортежем $G = < Players, \Psi, Gain >$, первая компонента которого $Players = \{A_1, A_2\}$ характеризует множество игроков, вторая компонента $\Psi = \{\Psi_i(1)\}_{i \in J, \alpha \in S} \times \Psi_j(2)\}_{j \in J, \alpha \in S}$, $J = \overline{1,k}$ относится к множеству допустимых стратегий, предоставляемых игрокам A_1 и A_2, а третья компонента $Gain = < gain_1, gain_2 >$ формализует выигрыши игроков A_1 и A_2 от применения чистых стратегий $u_{ij} = gain_1 : \{\Psi_i(1)\}_{i \in J, \alpha \in S} \times \{\Psi_j(2)\}_{j \in J, \alpha \in S} \to IR$, $l_{ij} = gain_2 : \{\Psi_i(1)\}_{i \in J, \alpha \in S} \times \{\Psi_j(2)\}_{j \in J, \alpha \in S} \to IR$.

В роли чистых стратегий игры выступают состояния автоматов Ψ_j, $j = \overline{1,k}$. Таким образом, конфликтная ситуация между игроками A_1 и A_2 описывается биматричной неантагонистической игрой с платёжной матрицей, представленной в таблице 1.

Таблица 1.
Table 1.

Матрица $Gain$ игры автоматов
Matrix of a game of automatic machines

	Состояния автомата A_2 в случайной среде α					
Состояния автомата A_1 в случайной среде α		$\Psi_1^\alpha(2)$	$\Psi_2^\alpha(2)$	$\Psi_3^\alpha(2)$	$\cdots$	$\Psi_k^\alpha(2)$
	$\Psi_1^\alpha(1)$				$\cdots$	(u_1^α, l_k^α)
	$\Psi_2^\alpha(1)$			(u_2^α, l_3^α)	$\cdots$	
	$\Psi_3^\alpha(1)$		(u_3^α, l_2^α)		$\cdots$	
	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
	$\Psi_k^\alpha(1)$	(u_k^α, l_1^α)			$\cdots$	

Поведение игроков A_1 и A_2 рассматривается в условиях информационной асимметрии, когда выигрыши игрока A_1 от применения им пары чистых стратегий известны, а выигрыши игрока A_2 неизвестны. Выигрыши игрока A_1 определяются исходя из выражения:

$$gain_1(\Psi_i^\alpha(1), \Psi_j^\alpha(2)) = 0, \text{ если } j \neq k - i + 1;$$

$$gain_1(\Psi_i^\alpha(1), \Psi_j^\alpha(2)) = P_i^\Phi \cdot p_i^\alpha, \text{ если } j = k - i + 1;,$$

В виду отсутствия в игре седловой точки и сложности нахождения смешанных стратегий, в статье предлагается отыскание решения игры в нечётких стратегиях. При этом стратегии, предоставляемые игрокам A_1 и A_2, связываются со сценариями развития муниципалитета и региона, рассматриваемыми как лингвистические переменные $Scenar(A_i) = (T(A_i), U_{A_i}, \mu_{A_i})$, $i = \overline{1,2}$, в состав терм-множества $T(A_i) = (Stagnaz, Inert, SbalRost)$ которых включены такие виды сценариев, как «стагнация», «инертное развитие», «сбалансированный рост». Термы $Stagnaz, Inert, SbalRost$ представлены нечёткими множествами, для которых построен набор функций принадлежности $\mu_{A_i} = \{\mu_{A_i}(x)\}$, $x \in T(A_i)$, заданных на универсуме $U_{A_i} = [0{,}10]$. Решение игры в нечётких стратегиях интерпретируется, как нахождение субъективного распределения возможностей, предоставляемых игроку A_1 играть свои чистые стратегии Ψ_j, $j = \overline{1,k}$, на области определения которых также задана лингвистическая переменная $Normativ = (T(Normativ), U_{Normativ}, \{\mu_{Normativ}\})$. Значениями переменной $Normativ$ является терм-множество $T(Normativ) = (High, Average, Low)$, характеризующее норматив отчисления показателями «высокий», «средний», «низкий». Субъективное распределение предоставления возможностей выбора чистых стратегий при заданном сочетании сценариев развития региона и муниципалитета описывается лингвистической переменной $Strateg = (T(Strateg), U_{Strateg}, \mu_{Strateg})$ с терм-множеством $T(Strateg) = (High, Average, Low)$, функциями принадлежности $\mu_{Strateg} = \{\mu_{High}, \mu_{Average}, \mu_{Low}\}$ и универсумом $U_{Strateg} = [0{,}1]$. Концептуальная модель решения игры $G^\alpha = < Players, \Psi, Gain >$, выполненная с использованием программного продукту Matlab, представлена на рис. 3.

В результате опроса экспертов составлена аппроксимация зависимости $Strateg = f(Scenar(A_1), Scenar(A_2), Normativ)$ в терминах нечёткого вывода, описанная нечёткими продукционными правилами и позволяющая для прогнозируемого сочетания сценариев развития региона и муниципального образования определять субъективную степень возможности $\tilde{\mu}(\Psi_j)$ выбора игроком A_1 своей чистой стратегии исходя из компромисса интересов территорий (рис. 4).

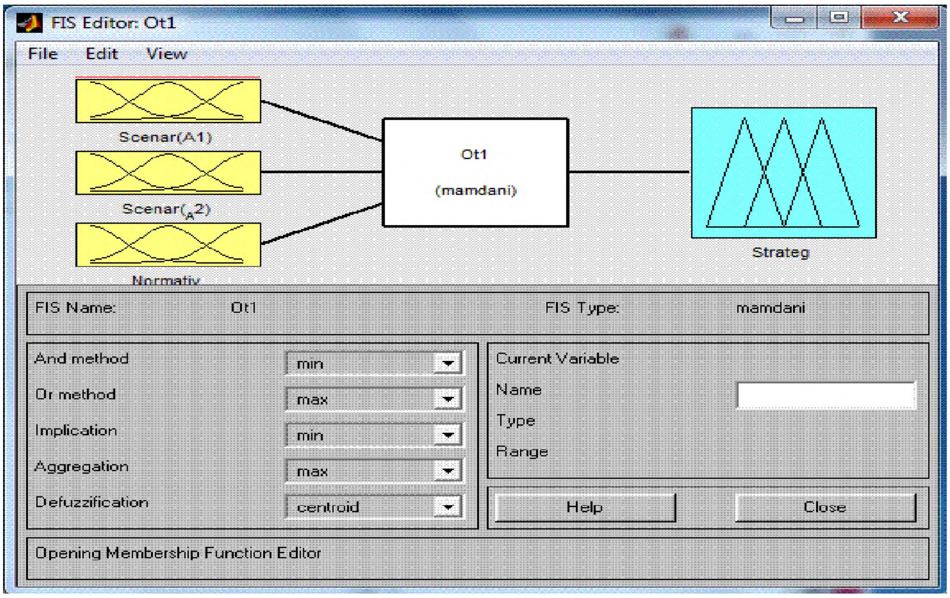

Рис.3. Структура модели решения игры в нечётких стратегиях
Fig. 3. Structure of model of the decision of a game in indistinct strategy

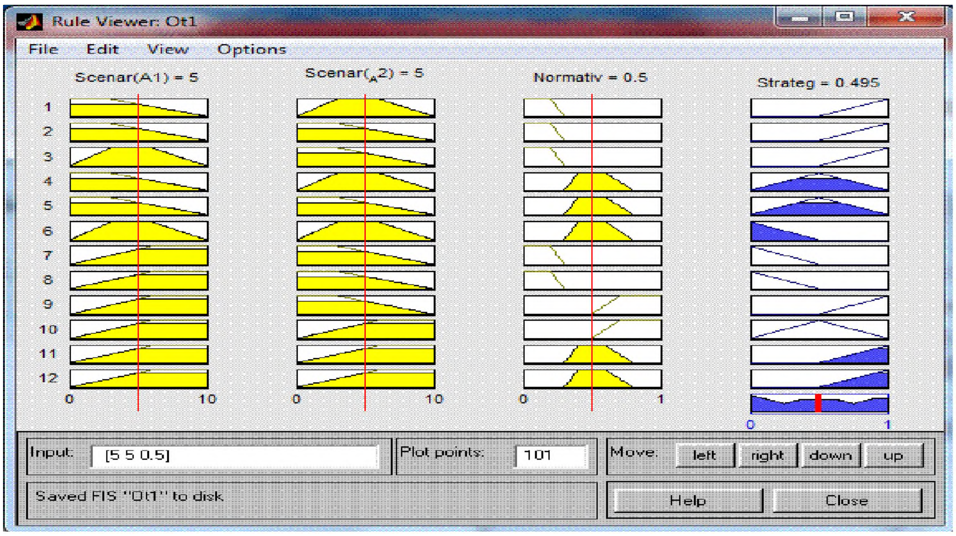

Рис.4. Модель определения субъективной степени возможности играть свою чистую стратегию
Fig. 4. Model of definition of subjective degree of an opportunity to play the clean strategy

Величина норматива отчисления от налога вида α в порядке бюджетного регулирования определяется исходя из выражения

$$S_{kom} = \left(\sum_{i=1}^{k} u_i^{\alpha} \cdot \tilde{\mu}(\Psi_i^{\alpha})\right) / \sum_{i=1}^{k} \tilde{\mu}(\Psi_i^{\alpha}) = \left(\sum_{i=1}^{k} (P_i^{\Phi} \cdot p_i^{\alpha} \cdot \tilde{\mu}(\Psi_i^{\alpha})\right) / \sum_{i=1}^{k} \tilde{\mu}(\Psi_i^{\alpha})$$

Выражение S_{kom} для компромиссного варианта норматива отчисления в бюджет муниципального образования обеспечивает достижение баланса интересов между муниципальным образованием и регионом и используется при составлении алгоритмов для программного исполнения методики по межбюджетному регулированию.

Заключение

В статье получены следующие результаты, обладающие научной новизной.

1. Предложена схема взаимодействия экономико-математических моделей стохастического автомата и имитационной модели в процессе принятия решений по

долевому распределению поступлений от уплаты налогов между бюджетами региона и муниципального образования.

2. Построена модель биматричной игры стохастических автоматов для согласования интересов региона и муниципалитета в процессе принятия решений по межбюджетному регулированию.

3. Разработан метод решения биматричной игры в форме нечётких стратегий при сочетании сценариев развития муниципального образования и региона.

Список литературы
References

1. Стрельцова Е.Д., Бородин А.И., Фурсов С.В., 2014. Инструментарий стратегического управления промышленным предприятием// Прикладная информатика.-2014.-№2(52).-С. 95-100.

Streltsova E.D., Borodin A.I., Fursov S.V., 2014. Tools of strategic management of industrial enterprise// Applied Informatics.-2014.-№2(52).-S. 95-100.

2. Бородин А.И., Стрельцова Е.Д., Катков Е.В., 2013. Оценивание инвестиционной привлекательности инновационных проектов на основе нечёткой логики// Прикладная информатика.-2013.-№4(46).-С. 19-25.

Borodin A.I., Streltsov E.D. Rollers E.V., 2013.Estimation of investment with percent of innovative projects based on fuzzy logic// journal of Applied computer science.-2013.-№4(46).-S. 19-25.

3. Бородин А.И., Стрельцова Е.Д., Ковалёва А.В., 2012. Экономико-математическая модель оценки стратегического риска// Вестник Московского авиационного института.-2012.-Т.19.-№5.-С. 222-232.

Borodin A.I., Streltsov E.D., Kovalev A.V., 2012. Economic and mathematical model of assessment of strategic risks// Vestnik of the Moscow aviation Institute.-2012.-Vol. 19, no.5.-P. 222-232.

4. Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2014.Управление бюджетом на основе нечёткой алгебры//Прикладная информатика.-2014.-№2(50).-С. 109-114.

Streltsova E.D., I.V. Bogomyagkova, Streltsov V.S., 2014. budget Management based on fuzzy algebras//journal of Applied computer science.-2014.-№2(50).-S. 109-114.

5. Стрельцова Е.Д. 2006. Математическое обеспечение межбюджетного регулирования в регионе// Прикладная информатика.-2006.-№2(2).-С. 114-120.

Streltsova E. D. 2006. Software of interbudgetary regulation in the region// journal of Applied computer science.-2006.-№2(2).-P. 114-120.

6. Стрельцова Е.Д., Федий В.С. 2005. Исследование целесообразности поведения и асимптотической оптимальности стохастических автоматов в случайных средах//Известия высших учебных заведений. Электромеханика.-2005.-№3.-С. 67-70.

Streltsova E. D., Fedii V.S., 2005. A feasibility study on the behavior and asymptotic optimality of stochastic automata in random media//news of higher educational institutions. Electrician.-2005.-№3.-S. 67-70.

7. Стрельцова Е.Д., 2002. Применение стохастических автоматов для моделирования сложных систем с изменяющимся во времени характером поведения// Известия высших учебных заведений. Электромеханика.- 2002.-№3.-С. 76-78.

Streltsova E.D., 2002. The Application of stochastic automata for modeling complex systems with time-varying nature of the behavior// proceedings of higher educational institutions. Electrical engineering.- 2002.-No. 3.-S. 76-78.

8. Богомягкова И.В., 2010. Модель долевого распределения налогов в системе поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием//Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика.- 2010.-№1(72).-вып.13/1.-С.112-118.

Bogomyagkova I.V., 2010. Model equity distribution of taxes in the system of decision support for the management of intergovernmental management//Bulletin of Belgorod state University. Ser. History. Political science. Economy. Informatics.- 2010.-№1(72).-vol.13/1.-P. 112-118.

9. Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010. Система автомат-переключаемая среда для моделирования долевого распределения налогов// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика.- 2010.-№19(90).-вып.16/1.-С.127-132.

Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С., 2010. Система автомат-переключаемая среда для моделирования долевого распределения налогов// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика.- 2010.-№19(90).-вып.16/1.-С.127-132.

10. Стрельцова Е.Д., Стрельцов В.С., 2011. Модель коллективного поведения систем «автомат-переключаемая среда» при выборе компромиссной стратегии межбюджетного регулирования// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика.- 2011.-№7(102).-вып.18/1.-С.109-117.

Streltsova E.D., Streltsov V.S., 2011. Model of collective behavior systems "automatic-switching environment" when choosing a compromise strategy of interbudgetary regulation// Bulletin of Belgorod state University. Ser. History. Political science. Economy. Informatics.- 2011.-№7(102).-vol.18/1.-P. 109-117.