УДК 336.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ БЮДЖЕТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МЕЖБЮДЖЕТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Яковенко Ирина Владимировна — кандидат экономических наук, доцент, кафедры «Управление социальными и экономическими системами», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (346411, Россия, г. Новочеркасск, Просвещения 132). E-mail: el_strel@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена проблеме разработки инструментария поддержки принятия решений по межбюджетному регулированию, направленных на усиление его активной составляющей. Инструментарий основан на предложенной в статье экономико-математической модели коллективного поведения стохастических автоматов, функционирующих в случайных средах. Взаимодействие автоматов формально описывается в виде антагонистической игры с равновесием Фон Неймана. В статье математически строго выведены аналитические выражения для определения компромиссных вариантов решений относительно долей распределения налоговых поступлений между бюджетами по вертикали, обеспечивающих достижение баланса интересов бюджетов различных уровней. Структура участвующих в игре автоматов, обладающих целесообразностью поведения и асимптотической оптимальностью, взята из ранних публикаций автора, на которые приведены соответствующие ссылки. Построенная игровая модель встроена в инструментарий поддержки принятия решений по межбюджетному регулированию, структурная схема которого приведена в статье.

Ключевые слова: *межбюджетное регулирование, экономико-математическая модель, стохастический автомат, теоретико-игровая модель.*

Рыночные отношения, флуктуации макроэкономической среды, изменения институциональной структуры общества обусловили применение новых социально-экономических подходов к управлению бюджетной системой Российской Федерации. С одной стороны, новые подходы сгенерированы функционирующей на территории России новой системой местного самоуправления, предполагающей выполнение принципа самостоятельности местных бюджетов. В противовес этому, на основе конституционно-правового статуса местного самоуправления муниципальные образования включены в целостную систему государственного управления. Встроенные в единую государственную систему механизмы местного самоуправления предопределили сочетание системно-ориентированных подходов к управлению с новыми подходами эволюционного управления, направленными на самоорганизацию [1–5]. В такой системе ключевым вопросом жизнедеятельности является обеспечение её финансовыми ресурсами. Эта проблема стоит на повестке дня не только в Российской Федерации. Вопросы достаточности бюджетных средств для поддержания функционирования государственного управления с встроенным в неё местным самоуправлением стоит в центре внимания любой страны.

Право органов местного самоуправления на самостоятельность, как формирования, так и исполнения местного бюджета определено Конституцией Российской Федерации. В соответствии с Конституцией РФ органом местного самоуправления дано право и на установление местных налогов и сборов. Но, наряду с этим, Конституцией Российской Федерации запланирована возможность участия органов государственной власти в процессах принятия решений по муниципальным финансам, особенно в ситуациях дефицита местных бюджетов. В условиях дефицита местных бюджетов определяющую роль играют механизмы регулирования отношений между бюджетами Федерального, регионального и местного уровней бюджетной системы Российской Федерации, управляющие процессами перечисления бюджетных средств в бюджеты различных уровней.

Постановка проблемы. В статье предложено использование концепции управления сложной бюджетной системой на основе композиции двух подходов: системно ориентированного и эволюционного [5]. Сочетание этих подходов обусловили применение двух полярных способов структуры: иерархического и гетерархического. При иерархическом способе построения структуры системы процесс функционирования всех её элементов определён инструкциями в системе отношений строгой подчинённости. При гетерархическом способе элементы системы при соблюдении общих правил могут брать на себя инициативу управления, соблюдая интересы всей структуры [5]. Полученная в результате гибридная структура отличается поведенческой сложностью, отличающейся чередованием сменяющих друг друга поведений. Рассматривая динамику бюджетного фонда подобной гибридной структуры, можно заключить, что в её характере протекания можно наблюдать смену режимов функционирования, вызванную изменением состава налогов, расщепляемых между бюджетами различных уровней бюджетной системы по установленным нормативам. Такой мультирежимный процесс порождает проблемы постановки задач управления и их формального описания, т.к. при этом необходимо отображать процессы изменяющихся взаимодействий между бюджетами различных уровней, а также механизмы приспосабливаемости законов функционирования к вариациям режимов. В [5] приведены методологические аспекты решения проблемы моделирования процессов функционирования таких сложных систем и управления ими. Бюджетные потоки, проходящие через подобные системы, абстрактно представлены сложной системой в виде взаимодействующих динамических систем Σ_1 и Σ_2, где Σ_1 – континуальная динамическая система, Σ_2 –дискретная динамическая система. Динамическая система Σ_1 воспроизводит динамику бюджетных потоков, циркулирующих в бюджетной системе, а также динамику запаса бюджетных средств посредством построенной имитационной системы. Имитационная система формирует случайную среду для дискретной динамической системы Σ_2. Дискретная динамическая система Σ_2 формализует действия ЛПР в процессе выбора решений по межбюджетному регулированию, в частности, при установлении долей расщепления налоговых поступлений по вертикали, и создана в виде игры стохастических автоматов A_1 и A_2, погружённых в случайные среды. Модели стохастических автоматов A_1 и A_2 приведены в [5,6,7,8], где предложена конструкция автоматов, обладающих свойством целесообразности поведения и асимптотической оптимальности. Состояния $S_i =< S_{i1}, S_{i2}, \ldots, S_{ik} >$ автоматов отождествлены с величинами долей распределения поступлений по $i-му$ налогу. В процессе своего функционирования автоматом A_1 будут выбираться такие состояния $S_{i1} \in S_i$, которые обеспечат увеличение нормативов поступления налоговых доходов в регулируемый бюджет. В противовес этому, действия автомата A_2 направлены на увеличение долей отчисления в регулирующий бюджет вышестоящего уровня. В связи с этим принимаемые по межбюджетному регулированию решения должны обеспечивать достижение баланса интересов бюджетов различных уровней бюджетной системы Российской Федерации.

Методы решения. Для согласования интересов бюджетов по вертикали в статье предложена математическая модель коллективного поведения автоматов A_1 и A_2, при котором компромиссные значения долей $S_i =< S_{i1}, S_{i2}, \ldots, S_{ik} >$ распределения налоговых поступлений по налогу вида i определяются посредством решения некоторой игры $Game$ в смешанных стратегиях на основе равновесия по Фон Нейману. Величины $S_i =< S_{i1}, S_{i2}, \ldots, S_{ik} >$, являющиеся состояниями автоматов A_j, $j = \overline{1,2}$, представляют собой чистые стратегии игры $Game$. При этом в каждый момент времени $t \in T$ автоматы выбирают свою чистую стратегию $S_{i1} \in S_i$. Участники игры A_1 и A_2, выбирая стратегии $S_{i1} \in S_i$, ведут себя целесообразно с точки зрения максимизации благоприятных реакций внешней среды на их действия, о чём доказаны соответствующие теоремы [6,7,8,9]. В [6,7,8,9] получены математические выражения для финальных r_i вероятностей выбора автоматами своих состояний S_{ij} [6,7,8,9]. Игра $Game$ формально представляется последовательностью партий, которые играются автоматами A_1 и A_2. Под партией S , которые разыгрываются участниками A_1 и A_2 игры $Game$ в момент времени t, понимается набор стратегий $S=(S_k,S_\ell)$, $k=\overline{1,n}$, $\ell=\overline{1,n}$. Будем считать, что исход $\mu_i(t+1)$ партии (S_k,S_ℓ) определяется набором $(\mu_k^{(1)}(t+1),\mu_\ell^{(2)}(t+1)$ выходных сигналов автоматов A_1 и A_2, компоненты которого принимают значение «единица» $\mu_k^{(j)}(t+1)=1$ при выигрыше автомата A_j и получают значение «ноль» при его проигрыше. Под выигрышем автомата в состоянии S_{i1} понимается появление в бюджете профицита, под проигрышем – появление дефицита. Вероятности выигрышей автомата в своих состояниях описываются вектором $p^{(i)}=(p_1^{(i)},p_2^{(i)},\dots,p_n^{(i)})$, а вероятности проигрышей – вектором $q^{(i)}=(q_1^{(i)},q_2^{(i)},\dots,q_n^{(i)})$ [5]. Вектор $p^{(i)}=(p_1^{(i)},p_2^{(i)},\dots,p_n^{(i)})$ количественно описывает случайную среду, в которую погружён стохастический автомат.

Игра $Game$ автоматов A_1 и A_2 определяется заданием вероятностей исходов $p\ (\mu_i^{(1)}(t+1)\cdot\mu_i^{(2)}(t+1))$, $i=\overline{1,n}$ партий, разыгрываемых участниками игры. Каждая партия (S_k,S_ℓ) игры $Game$ автоматов A_1 или A_2 заканчивается тем, что один из автоматов выигрывает, а другой проигрывает, что позволяет сделать вывод о том, что вероятности $p\ (\mu_i^{(1)}t+1),\mu_i^{(2)}(t+1))$ исходов $\mu_i(t+1)=(\mu_i^{(1)}(t+1),\mu_i^{(2)}(t+1))$ при $\mu_i^{(1)}(t+1)=\mu_i^{(2)}(t+1)$ являются невозможными событиями, т.е. вероятности этих исходов равны нулю. Обозначая переменными γ_i и $\overline{\gamma_i}$ результаты соответственно выигрыша и проигрыша автомата A_i, $i=\overline{1,2}$ при выборе стратегии $S_j(t)$, запишем множество всех возможных исходов партии $S_i(t)=(S_i\ (t),S_i\ (t))$:

$$\{(\mu_i^{(1)}(t+1),\mu_i^{(2)}(t+1)\}=\{(\gamma_1,\overline{\gamma_2}),(\overline{\gamma_1},\gamma_2),(\gamma_1,\gamma_2),(\overline{\gamma_1},\overline{\gamma_2})\}.$$

Исходя из этого равенства, можно выразить вероятность исхода $\mu_i(t+1)$ партии $(S_i\ (t),S_i\ (t))$:

$$p\ (\mu_i(t+1))=p(\mu_i^{(1)}(t+1)\cdot\mu_i^{(2)}(t+1))=p_i(\gamma_1\cdot\overline{\gamma}_2)+p(\overline{\gamma}_1\cdot\gamma_2)+$$
$$p(\overline{\gamma}_1\cdot\overline{\gamma}_2)+p(\gamma_1\cdot\gamma_2).$$

Является очевидным, что $p\ (\mu_i\ (t+1))=1$. Следовательно, в игре $Game$ автоматов A_1 и A_2 разыгрывается последовательность партий $S_i(t)=(S_i\ (t),S_i\ (t))$, $i=\overline{1,n}$. Исходы $\mu_i(t+1)=(\mu_i^{(1)}(t+1),\mu_i^{(2)}(t+1))$ партии $S_i(t)=(S_i\ (t),S_i\ (t))$ определяются вероятностями $p\ (\mu_i^{(1)}(t+1)\cdot\mu_i^{(2)}(t+1))$. Для автомата A_1 вероятность выигрыша в партии $(S_i\ (t),S_i(t))$ запишется, как

$$p\ (\gamma_1\cdot\overline{\gamma_2})=p\ (\gamma_1)\cdot p(\overline{\gamma_2}/\gamma_1),$$

а вероятность его выигрыша от выбора стратегии с номером i определиться выражением $\omega_{ij} = r_i \cdot p(\gamma_1) \cdot p(\overline{\gamma_2}./\gamma_1) = r_i \cdot q_i^{(1)}$. Выигрыши рассматриваются в качестве элементов квадратной матрицы платежей $\|\omega_{ij}\|$ (Таблица 1).

Равновесие интересов вышестоящего и нижестоящего уровней бюджетной системы ищется в виде решения игры $Game$ в смешанных стратегиях $R_1 = (g_1, g_2, ..., g_n)$, $R_2 = (\tilde{g}_1, \tilde{g}_2, ..., \tilde{g}_n)$ с вероятностями $g_i, \tilde{g}_i$ выбора автоматами A_1, A_2 стратегии $(S_i\ , S_i\ )$. Для нахождения решения игры $Game$ в форме смешанных стратегий поставлена задача линейного программирования:

$$\begin{cases} g_1 \cdot \omega_{11} + 0 \cdot g_2 + ... + 0 \cdot g_m \ge C; \\ 0 \cdot g_1 + g_2 \cdot \omega_{22} + ... + 0 \cdot g_m \ge C; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ 0 \cdot g_1 + 0 \cdot g_2 + ... + g_n \cdot \omega_{nn} \ge C; \end{cases}$$

$$x_1 + x_2 + ... + x_m \Rightarrow \min .$$

Таблица 1

Платёжная матрица игры $Game$ автоматов $\boldsymbol{A}_1$ и $\boldsymbol{A}_2$.

Стратегии автомата $\boldsymbol{A}_2$

Стратегии автомата $\boldsymbol{A}_1$

1 / 2	S_1	S_2	S_3	...	S_m
S_1	ω_{11}	0	0	...	0
S_2	0	ω_{22}	0	...	0
S_3	0	0	ω_{33}	...	0
...	...	...	...	...	...
S_m	0	0	0	...	ω_{nn}

В ограничениях поставленной задачи линейного программирования переменной C обозначена величина минимального выигрыша первого игрока. После ввода обозначений $x_1 = \frac{g_1}{\xi}$, $x_2 = \frac{g_2}{\xi}$, ... $x_m = \frac{g_m}{\xi}$, система ограничений запишется в виде:

$$\begin{cases} x_1 \cdot \omega_{11} + 0 \cdot v_{12} + ... + 0 \cdot v_{1n} \ge 1; \\ 0 \cdot \omega_{11} + x_2 \cdot \omega_{22} + ... + 0 \cdot v_{1n} \ge 1; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ 0 \cdot \omega_{11} + 0 \cdot \omega_{12} + ... + x_n \omega_{nn} \ge 1, \end{cases}$$

где $\sum_{i=1}^{n} g_i = 1$, $\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{C}$.

Выражения для смешанной стратегии автомата A_1

$$g_1 = x_1 \cdot \xi = \frac{x_1}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\ ;\ g_2 = x_2 \cdot \xi = \frac{x_2}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\ ; .....;\ g_m = x_m \cdot \xi = \frac{x_m}{\sum_{i=1}^{n} x_i},$$

полученные в результате решения задачи линейного программирования используются как коэффициенты для компромиссного решения $S^k = \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot g_i$.

Предложенная модель согласования интересов бюджетов различных уровней доведена до программного исполнения и встроена в инструментарий поддержки принятия решений по межбюджетному регулированию. Структурная схема инструментария представлена на рис. 1.

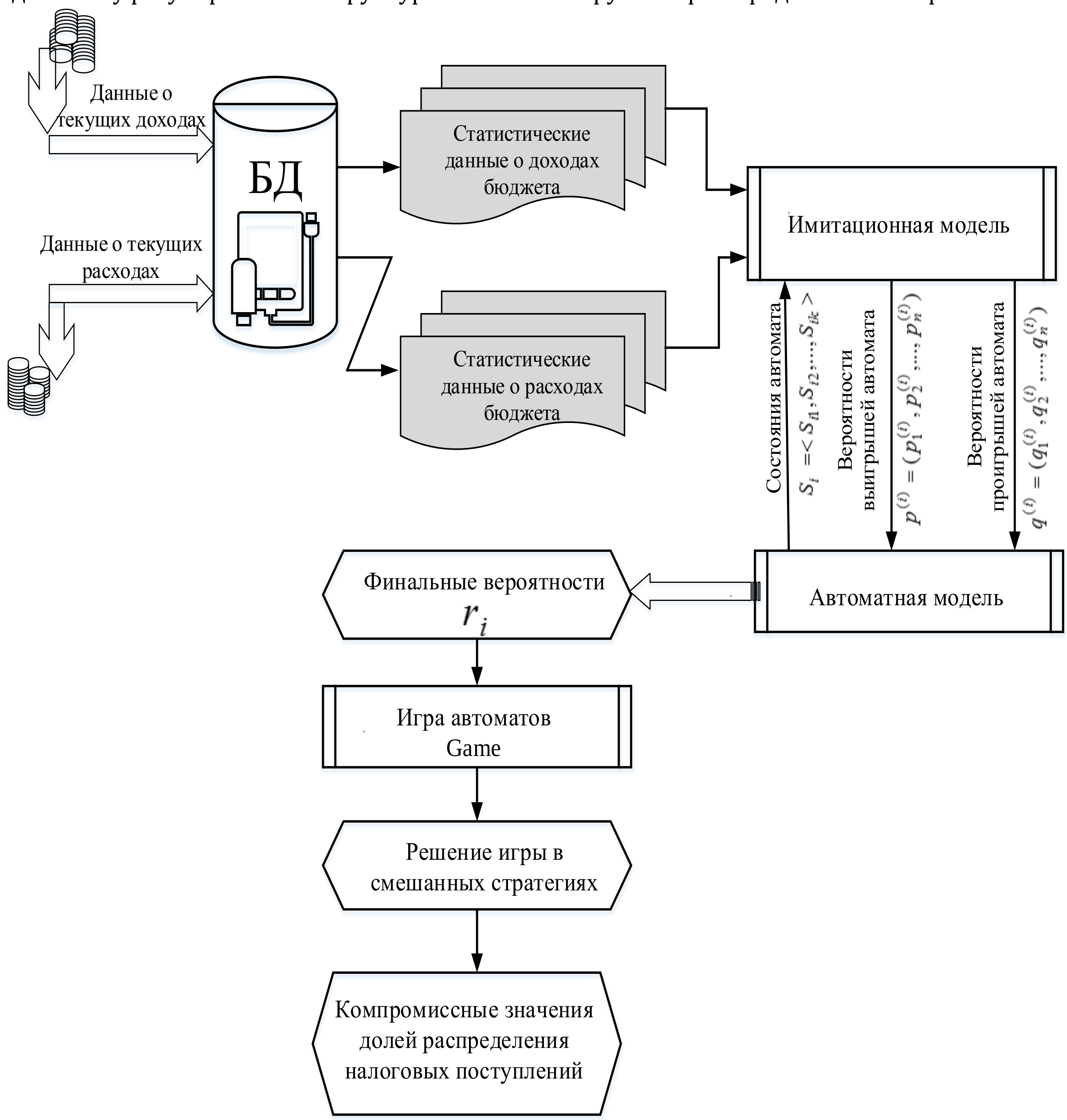

Рис. 1. Структурная схема инструментария поддержки принятия решений по межбюджетному регулированию

Модель игры автоматов взаимодействует с построенной автоматной моделью и имитационной системой, формирующей случайную среду, в которую погружён автомат. Исходными данными для работы инструментария поддержки принятия решений является реальная информация о поступлении и расходовании бюджетных средств, накапливаемая в базе данных (блок БД). Эта информация группируется в файлы, содержащие статистические данные о текущих налоговых и неналоговых доходах, а также о текущих расходах бюджета. С использованием сформированных статистических данных на имитационной модели проводятся имитационные эксперименты при взаимодействии с моделью стохастического автомата. Результатом такого взаимодействия является определение вероятностей выигрышей $p^{(i)} = (p_1^{(i)}, p_2^{(i)}, \dots, p_n^{(i)})$ и проигрышей $q^{(i)} = (q_1^{(i)}, q_2^{(i)}, \dots, q_n^{(i)})$ автомата в каждом его состоянии, отражающем нормативы распределения налоговых поступлений между бюджетами по вертикали. Функционируя в такой случайной среде, автоматной моделью определяются финальные вероятности выбора своих состояний, используемые для определения элементов платёжной матрицы игры Game. Нахождение решения игры виде вероятностного распределения её чистых стратегий (смешанные стратегии) позволяет определить компромиссные значения долей распределения налоговых поступлений между бюджетами по вертикали, обеспечивающие баланс их интересов.

Использование предлагаемого инструментария ориентирует процесс управления межбюджетным регулированием на усиление его активной составляющей, состоящей в замещении трансфертных вливаний отчислениями от налогов с целью повышении заинтересованности властей в наращивании налогового потенциала подведомственной территории и, тем самым, в развитии хозяйственной деятельности.

Выводы

В статье получены следующие научные результаты:

1. Предложена экономико-математическая модель определения долей расщепления налоговых поступлений между уровнями бюджетной системы, основанная на математическом аппарате теории игр.

2. Получены математические выражения для определения нормативов распределения налоговых поступлений между бюджетами по вертикали, обеспечивающие согласование их финансовых интересов, посредством решения игры в форме смешанных стратегий.

3. Предложена структура инструментария поддержки принятия решений при замене финансовой помощи на отчисления от налогов.

Литература

1. *Игнатова Т.В., Калинина А.Г.* Технологии учета экономических предпочтений населения в государственном управлении // Вестник Северо-Осетинского государственного университета. 2015. № 1. С. 163–169.
2. *Игнатова Т.В., Мартыненко Т.В.* Потенциал местного самоуправления в управлении государственно собственности на территории// Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2015. №4(59). С. 36-39.
3. *Матвеева Л.Г., Никитаева А.Ю., Чернова О.А.* Перспективы и потенциал развития районов юга России в условиях антироссийских экономических санкций// Региональная экономика: теория и практика. 2015. №17(932). С. 2-12.
4. *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.
5. *Стрельцова Е.Д., Матвеева Л.Г., Богомягкова И.В.* Концепция координатно-структурного управления при моделировании долевого распределения налогов // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2016. № 4. С. 55-64.
6. *Богомягкова И.В.* Модельный инструментарий поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2013. № 2(13). С. 8-12.
7. *Богомягкова И.В.* Применение аппарата стохастических автоматов для принятия решений по долевому распределению налогов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Экономические науки. 2010. № 1(92). С. 194-198.

8. *Стрельцова Е.Д.* Применение стохастических автоматов для моделирования сложных систем с изменяющимся во времени характером поведения// Изв. вузов. Электромеханика. 2002. № 3. С. 76-78.
9. *Стрельцова Е.Д., Богомягкова И.В., Стрельцов В.С.* Модельний інструментарій міжбюджетного регулювання для шахтарських територий // Науковий вісник національного гірничого універсітету. № 4. 2016. С. 123-129.

Yakovenko Irina Vladimirovna, Candidate of economic Sciences, associate Professor, Professor of chair "Management of social and economic systems"; South-Russian state Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov (132, Prosvescheniya, Novocherkassk, 346411, Russian Federation). E-mail: el_strel@mail.ru

MATHEMATICAL MODEL OF COORDINATION OF INTERESTS OF BUDGETS IN THE MANAGEMENT OF INTER-BUDGETARY REGULATION

Abstract

The article is devoted to the development of decision support on interbudgetary regulation aimed at strengthening its active component. Instrumentation based on suggested in the article the economic-mathematical models of collective behavior of stochastic automata operating in random environments. The interaction of automata is formally described in the form of a zero-sum game with equilibrium Von Neumann. The article is strictly mathematically derived analytical expressions for the trade-offs of decisions regarding the proportional distribution of tax revenues between the budgets vertically, ensuring the achievement of balance of interests of budgets of various levels. The structure involved in the game machines with the expediency of behavior and asymptotic optimality, taken from earlier publications of the author, which lists the corresponding references. Built game model is built into the Toolkit of decision support on interbudgetary regulation, structural diagram of which is shown in the article.

Keywords: *inter-budget regulation, mathematical model, stochastic automaton, a game-theoretic model.*