УДК 338

*И.В. Богомягкова**

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МЕЖБЮДЖЕТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

В статье предложена имитационная модель для принятия решений по управлению межбюджетным регулированием, использующая в качестве входных параметров качественные характеристики доходов и расходов, формально описанные лингвистическими переменными. Построена контекстно-свободная грамматика, порождающая структурированные термы лингвистических переменных, рассматриваемых как нечеткие множества, используемые для постановки имитационных экспериментов.

Ключевые слова: бюджетное регулирование, имитационная модель, нечеткие множества, лингвистическая переменная, контекстно-свободная грамматика, правила вывода.

На современном этапе хозяйственного развития страны в качестве базовых проблем выдвигается проблема экономического подъема муниципальных образований, т. к. создание в них надежной экономической базы является основной предпосылкой повышения благосостояния граждан, процветания городов и, следовательно, необходимым условием для ускоренного социально-экономического развития страны. В связи с этим наряду с другими антикризисными мерами в настоящее время особенно важное значение приобретают вопросы стабилизации финансового положения муниципального образования. В этом аспекте перед муниципальным образованием стоят серьезные экономические проблемы, связанные с трудностями рыночных отношений, медленным реформированием местного самоуправления. Основная часть доходов в бюджет муниципального образования поступает за счет средств бюджетного регулирования. Все это приводит к большому бюджетному дефициту, не позволяющему полностью и своевременно обеспечить решение задач местного самоуправления, возрастанию зависимости от централизованной власти. Такие условия влекут усложнение процессов принятия решений по управлению бюджетом муниципального образования и требуют применения методов компьютерного моделирования для количественной оценки их результатов.

Для принятия решений предлагается имитационная модель W, воспроизводящая процесс изменения величины остатков денежных средств в условиях, когда доходы и расходы бюджета описываются лингвистическими переменными. Структурная схема имитационной модели представлена на рис. 1.

Входами модели W являются законы распределения случайных величин X_r, $\overline{X_N}$, X_N, R, где $X_r = (x_{r1}, x_{r2}, ..., x_{rk})$ – налоговые доходы, подлежащие зачислению в бюджет вышестоящего уровня бюджетной системы РФ, для которых определяются проценты отчисле-

---

Богомягкова Ирина Владимировна (el_strel@mail.ru), кафедра экономики производства Южно-Российского государственного технического университета (НПИ), 346428, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

ний в бюджет нижестоящего уровня при долевом распределении налогов; $\overline{X_N}$ – неналоговые доходы, поступающие в бюджет нижестоящего уровня бюджетной системы; X_N – поступления в бюджет нижестоящего уровня бюджетной системы РФ от уплаты налогов, не участвующих в долевом распределении; R – расходы бюджета нижестоящего уровня, U – управляющие переменные. В роли управляющих переменных $U=(u_1,u_2,...,u_k)$ при управлении межбюджетным регулированием выступают нормативы отчислений $u_i, i=\overline{1,k}$ от налоговых доходов. В качестве выхода $Z(t)$ рассматривается уровень остатков денежных средств в бюджете, динамика которого описывается уравнением

$$Z(t+1)=Z(t)+U\cdot X_r(t)+X_N(t)+\overline{X}(t)-R(t).$$

Создание имитационной модели требует формального описания доходов X_r, $\overline{X_N}$, X_N и расходов R бюджета.

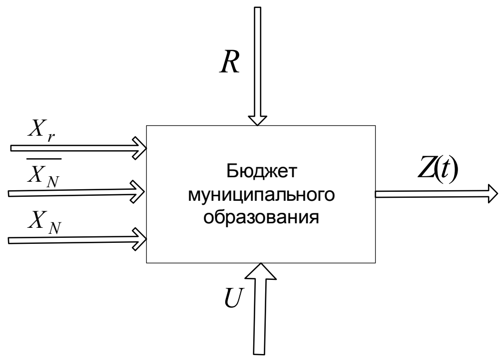

Рис. 1. Имитационная модель

Но для задач управления бюджетом характерна неопределенность, заключающаяся в том, что далеко не во всех случаях предоставляется возможность формального описания процессов поступления и расходования бюджетных средств в течение планируемого периода в классе детерминированных или вероятностных моделей. В подавляющем большинстве случаев работники финансовых управлений оперируют нечеткими знаниями о характеристиках этих процессов, выраженными не в количественном, а в качественном виде. Формализация этих знаний на основе использования традиционного математического аппарата является неразрешимой задачей. Управление бюджетом характеризуется наличием лингвистической неопределенности, при которой фигурируют качественные оценки состояний доходов и расходов денежных средств, необходимые для планирования. Эти оценки описываются обычно в терминологии предметной области, выраженной в форме логических структур естественного языка (например, доход большой, малый, очень малый и т. д.) [1]. Для оперирования качественными характеристиками автором предлагается создание нечеткой системы управления, функционирование которой базируется на применении формального аппарата нечеткой алгебры. Преимущество нечеткой системы заключается в том, что характеристики процессов управления представляются в форме терминов, которыми оперирует управленческий персонал. Нечеткие знания о доходах и расходах бюджета описываются с помощью лингвистических моделей. Описание лингвистической переменной требует создания синтаксического правила, порождающего простые и составные термы. Синтаксическое правило G определяет тезаурус вербальных переменных значений признаков, исходя из потребностей их применения с учетом лексических особенностей принятого в рамках решаемой задачи бюджетного регулирования профессионально-ориентированного языка. Синтаксическое правило G представляет собой порождающую контекстно-свободную грамматику [2, с. 156], задаваемую математически кортежем $G = < V_T, V_N, \delta, P >$, где $V_T = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10,} a_{11}\}$ – конечный основной терминальный алфавит; $V_N = \{\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4\}$ – конечный вспомогательный (нетерминальный) алфавит; $\delta \in V_N$ – начальный (нетерминальный) символ $\delta = \Psi_1$, представляющий собой аксиому грамматики; $P = \{\Psi_i \to u_i \,/\, i = \overline{1,k}\}$ – набор правил вывода, представляющий собой конечную систему подстановок.

В правилах вывода P переменные Ψ_i, $i = \overline{1,11}$ представляют собой нетерминальные символы $\Psi_i \in V_N$, а $u_i \in F$ – цепочки, где $F = (V_T \bigcup V_N, \bullet)$ – полугруппа с операцией конкатенации (символом "$\bullet$" обозначена операция конкатенации) [3, с. 174]. Таким образом, автором предлагается контекстно-свободная грамматика, порождающая термы $t_i \in T(X)$. Элементами терминального множества V_T являются: $a_1 = \textit{очень}$; $a_2 = \textit{большой}$; $a_3 = \textit{весьма}$; $a_4 = \textit{не}$; $a_5 = \textit{малый}$; $a_6 = \textit{средний}$; $a_7 = \textit{и}$; $a_8 = \textit{или}$; $a_9 = \textit{существенно}$; $a_{10} = \textit{более или менее}$; $a_{11} = \textit{вполне}$. Множество терминальных символов V_T декомпозировано на два подмножества $V_T = T_a \bigcup T_P$, где $T_a = \{a_2, a_5, a_6\}$ – атомарные термы, $T_P = \{a_3, a_4, a_7, a_8, a_9, a_{10,} a_{11}\}$ – подтермы. Подтермы служат для образования составных термов из атомарных термов и в дальнейшем играют роль модификаций, т. е. операций над нечеткими множествами, в которых атомарные термы служат нечеткой переменной. Автором разработана система правил вывода P, в которую включены следующие продукции:

$P_1 : \delta \to a_2$; $P_2 : \delta \to a_1\Psi_2$; $P_3 : \Psi_2 \to a_2$; $P_4 : \Psi_2 \to a_1\Psi_2$;

$P_5 : \delta \to a_3\Psi_2$; $P_6 : \delta \to a_4\Psi_2$; $P_7 : \Psi_2 \to a_4\Psi_3$; $P_8 : \Psi_3 \to a_2$;

$P_9 : \Psi_2 \to a_5$; $P_{10} : \Psi_3 \to a_5$; $P_{11} : \Psi_2 \to a_6$; $P_{12} : \Psi_3 \to a_6$;

$P_{13} : \Psi_2 \to a_2\Psi_4$; $P_{14} : \Psi_4 \to a_7\Psi_2$; $P_{15} : \Psi_4 \to a_8\Psi_2$; $P_{16} : \Psi_1 \to a_9\Psi_2$;

$P_{17} : \Psi_3 \to a_1\Psi_3$; $P_{18} : \delta \to a_5$; $P_{19} : \delta \to a_6$; $P_{20} : \Psi_2 \to a_3\Psi_2$.

Язык L, порождаемый грамматикой G, представляет собой множество слов ω в алфавите $V_T \bigcup V_N$, получаемых из стартового символа $\delta = \Psi_1$, $\delta \in V_N$: $L(G) = \{\omega \,/\, \omega \in (V_T \bigcup V_N)^*\}$. Для построения языка $L(G)$, порождаемого грамматикой G, автором построена следующая система выводов. Из стартового символа δ в соответствии с продукциями P_1, P_{18}, P_{19} можно вывести простые слова (цепочки) $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^* a_2$; $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^* a_5$; $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^* a_6$; $\underset{P_1}{\overset{\delta}{\uparrow}} \underset{G}{\Rightarrow} a_2$; $\underset{P_{18}}{\overset{\delta}{\uparrow}} \underset{G}{\Rightarrow} a_5$; $\underset{P_{19}}{\overset{\delta}{\uparrow}} \underset{G}{\Rightarrow} a_6$. Деревья выводов простых термов a_2, a_5, a_6 приведены на рис. 2.

Далее приводятся выводы составных термов, порождаемых грамматикой G. Так, составные термы «очень большой» (a_1a_2), «очень очень большой» ($a_1a_1a_2$) доход (расход) бюджета порождаются посредством системы выводов $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_2, \delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1a_2$:

$$\underset{P_2}{\underset{\uparrow}{\delta}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{P_3}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_2; \quad \underset{P_2}{\underset{\uparrow}{\delta}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{P_4}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1 \underset{P_3}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_2.$$

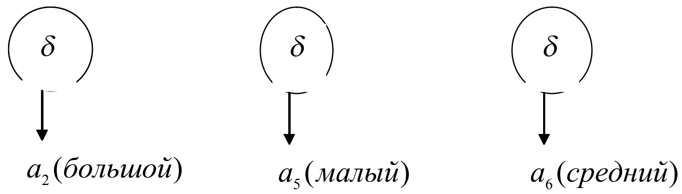

Рис. 2. Деревья выводов простых термов a_1, a_5, a_6

Деревья выводов составных термов a_1a_2 и $a_1a_1a_2$ приведены на рис. 3. Составные термы a_1a_5 (очень малый) и $a_1a_1a_5$ (очень очень малый) могут быть выведены в предложенной грамматике G из аксиомы δ ($\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1a_2$) аналогично:

$$\underset{P_2}{\underset{\uparrow}{\delta}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{P_9}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_5; \quad \underset{P_2}{\underset{\uparrow}{\delta}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{P_4}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1 \underset{P_9}{\underset{\uparrow}{\Psi_2}} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_5.$$

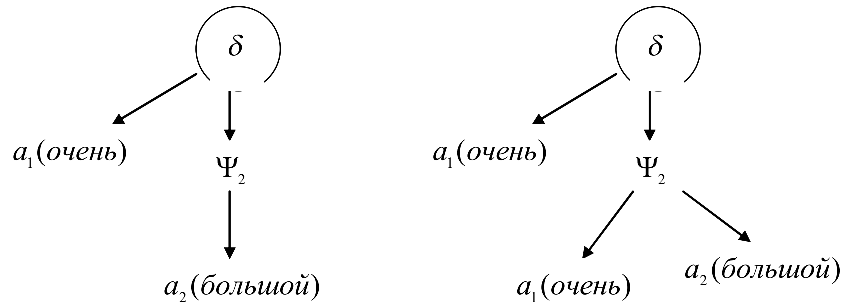

Рис. 3. Деревья выводов составных термов a_1a_2 , $a_1a_1a_2$

Грамматика G позволяет получить и более сложные составные термы, такие как $a_1a_1a_1a_2$, ... $a_1a_1...a_1a_2$, $a_1a_1a_1a_5$, ... $a_1a_1...a_1a_5$ и т. д.: $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1a_1a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1...a_1a_2, \delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1a_1a_5$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_1...a_1a_5$. В предложенной грамматике G могут быть выведены и другие составные термы, использующие союзы, например: $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_5$ (весьма большой и весьма малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_9a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_3a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_3a_5$ (весьма весьма большой и весьма весьма малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_9a_5$ (существенно большой и существенно малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_{11}a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_{11}a_5$ (более или менее большой и более или менее малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_{12}a_2$, $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_{12}a_5$ (вполне большой и вполне малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_6$ (весьма средний), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_3a_3a_6$ (весьма весьма средний), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_4a_2$

(не большой), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_4a_5$ (не малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_4a_1a_2$ (не очень большой), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_4a_1a_5$ (не очень малый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_4a_2$ (очень небольшой), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_1a_4a_5$ (очень немалый), $\delta \underset{G}{\Rightarrow}^{*} a_4a_1a_2a_7a_4a_1a_5$ (не очень большой и не очень малый) и т. д. Ниже приведены выводы этих составных термов в системе продукций P грамматики G: $\underset{\uparrow P_{5}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_3 \underset{\uparrow P_{3}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_2$ (весьма большой), $\underset{\uparrow P_{5}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_3 \underset{\uparrow P_{3}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_5$ (весьма малый), $\underset{\uparrow P_{5}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_3 \underset{\uparrow P_{20}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_3 \underset{\uparrow P_{8}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_3a_2$ (весьма весьма большой), $\underset{\uparrow P_{5}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_3 \underset{\uparrow P_{20}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_3 \underset{\uparrow P_{8}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_3a_3a_5$ (весьма весьма малый), $\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{3}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_2$ (небольшой), $\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{3}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_5$ (не малый), $\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{4}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1 \underset{\uparrow P_{3}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2$ (не очень большой), $\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{4}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1 \underset{\uparrow P_{9}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_5$ (не очень малый), $\underset{\uparrow P_{2}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_4 \underset{\uparrow P_{8}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_4a_2$ (очень небольшой), $\underset{\uparrow P_{2}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_4 \underset{\uparrow P_{10}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_4a_5$ (очень немалый), $\underset{\uparrow P_{2}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{\uparrow P_{2}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_4 \underset{\uparrow P_{8}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_4a_2$ (очень очень небольшой) $\underset{\uparrow P_{2}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_1 \underset{\uparrow P_{2}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_4 \underset{\uparrow P_{10}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_1a_1a_4a_5$ (очень очень немалый), $\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{13}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_2 \underset{\uparrow P_{14}}{\Psi_4} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_2a_7 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_2a_7a_4 \underset{\uparrow P_{10}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_2a_7a_4a_5$ (небольшой и немалый),

$\underset{\uparrow P_{6}}{\delta} \underset{G}{\Rightarrow} a_4 \underset{\uparrow P_{4}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1 \underset{\uparrow P_{13}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2 \underset{\uparrow P_{14}}{\Psi_4} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2a_7 \underset{\uparrow P_{7}}{\Psi_2} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2a_7a_4 \underset{\uparrow P_{17}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow}$

$\underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2a_7a_4a_1 \underset{\uparrow P_{10}}{\Psi_3} \underset{G}{\Rightarrow} a_4a_1a_2a_7a_4a_1a_5$ (не очень большой и не очень малый).

Таким образом, автором определен контекстно-свободный язык, задаваемый в виде бесконечного множества терминальных цепочек, выводимых из начального символа δ грамматики G:

$$L(G) = \{a_2, a_5, a_6, a_1a_2, a_1a_1a_2, a_1a_1a_1a_2, ..., a_1a_5, a_1a_1a_5, a_1a_1a_1a_5, ...,$$

$$a_3a_2, a_3a_3a_2, a_3a_3a_3a_2, a_3a_5, a_3a_3a_5, a_3a_3a_3a_5, ..., a_3a_6, a_3a_3a_6, a_3a_3a_3a_6, ...$$

$$a_4a_2, a_4a_5, a_4a_1a_2, a_4a_1a_5, a_1a_4a_2, a_1a_4a_2, a_1a_1a_4a_2, a_1a_1a_1a_4a_2, ...$$

$$a_1a_4a_5, a_1a_4a_5, a_1a_1a_4a_5, a_1a_1a_1a_4a_5, ..., a_4a_2a_7a_4a_5, a_4a_1a_2a_7a_1a_4a_5, ...\}.$$

Полученные с помощью построенной формальной грамматики простые и составные термы $t_i \in T(X)$, описывающие качественные характеристики лингвистических переменных X_r, $\overline{X_N}$, X_N, R, представляют собой названия нечетких переменных, принимающие значения из универсального множества U, для каждой из которых определяется семантическое правило. Семантическое правило каждой нечеткой переменной ставит в соответствие нечеткое множество . Функции принадлежности нечетких множеств рассматриваются как распределения возможностей нечетких переменных, являющихся исходными данными при построении распределений вероятностей, необходимых для проведения имитационных экспериментов. Для перехода от распределения возможностей к распределению вероятностей автором построена и программно реализована модель дефазификации нечетких множеств, соответствующих качественным оценкам лингвистической неопределенности. Построенные модели прошли апробацию и включены в состав системы поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием.

В результате проведенных исследований получены новые научные результаты:

1. Предложен лингвистический подход к формальному описанию бюджетных потоков финансового управления, позволяющий обрабатывать на ЭВМ качественные характеристики бюджета.

2. Построено синтаксическое правило лингвистических переменных в виде контекстно-свободной грамматики, позволяющей порождать простые и составные термы, характеризующие с качественной точки зрения бюджетные потоки.

3. Сконструирована имитационная модель для принятия решений по межбюджетному регулированию, использующая в качестве исходных данных качественные характеристики доходов и расходов бюджета, формально представленные лингвистическими переменными.

Библиографический список

1. Эволюция подходов к определению денежных потоков предприятия / А.И. Бородин [и др.] // Вестник СамГУ. 2013 № 1(102). С. 125–131.

2. Люис Ф., Розенкранц Д., Стирнз Р. Теоретические основы проектирования компиляторов. М.: Мир, 1979. 654 с.

3. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. Киев: Наук. думка, 1978. 317 с.

I.V. Bogomyagkova*

SIMULATION OF UNCERTAINTY IN THE MANAGEMENT OF INTERBUDGETARY MEANS

This paper presents a simulation model for decision-making on management of inter-budgetary means, using as in parameters qualitative characteristics of income and expenses that are formally described by linguistic variables. A context-free grammar generating structured terms of linguistic variables considered as fuzzy sets that are used for the production of simulation experiments is built.

Key words: budget regulation, simulation model, fuzzy sets, linguistic variable, context-free grammar, rules of inference.

* *Bogomyagkova Irina Vladimirovna* (el-strel@mail.ru), the Dept. of Economy of Production, South Russian State Technical University (NPI), Novocherkassk, 346428, Russian Federation.