

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ВЕРСИИ СЦЕНАРИЯ ГОУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ЭКОНОМИКИ

А.А. Ашимов, Ю.В. Боровский, О.П. Волобуева
*Институт информатики и проблем управления НАН,
Республика Казахстан, Алматы*
olvo@kazntu.sci.kz

Как известно, в странах рыночной экономики государство активно влияет на развитие экономических процессов, участвуя в формировании таких экономических параметров как норма резервирования, различные кредитные и налоговые ставки и др. [3-6]. Поэтому важной задачей является оценка возможности выбора версии сценария государственного регулирования механизма рыночной экономики на базе её математической модели.

В работе предложен один из рациональных подходов к выбору версий сценария проведения государственной политики.

Описание развивающейся экономики (открытой неравновесно развивающейся экономической системы) требует выделения экономических агентов, деятельность и отношения которых определяют структуру изучаемой экономики и её эволюцию. Экономические агенты, обычно, – это не столько лица или организации, сколько социальные группы и структуры, которым в рамках описания (модели) приписаны определенные функции в экономике и определенные интересы (или стратегии поведения). Деятельность экономических агентов сводится к производству материальных благ, обмену или их перераспределению; эти стороны деятельности естественным образом выражаются через условия материальных балансов.

Кредитно-финансовая система обеспечивает контроль и согласование деятельности экономических агентов через доходов, расходов, сбережений и ссуд и т.д.

Для описания развивающейся экономики выделены следующие экономические агенты: “производство”, “население”, “государство” и “банковская система” [1,2].

Экономический агент “производство”.

Производство выпускает однородный продукт – валовой внутренний продукт, затрачивая единственный ресурс – однородную рабочую силу и используя в процессе производства основные фонды.

Динамика основных фондов экономики страны описывается следующим соотношением:

$$(1) X(k+1) = X(k) - mX(k) + I(k),$$

где m – коэффициент выбытия основных фондов; $k = 1, 2, \dots$, – дискретные периоды времени; $X(k)$ – объем основных фондов в периоде k ; $I(k)$ – инвестиция в основные фонды.

Выпуск продукции в определяется стандартной производственной функцией Кобба-Дугласа.

Динамика изменения задолженности производства по внутренним кредитам описывается следующим соотношением:

$$(2) \Phi^k(k+1) = \Phi^k(k) + \bar{\Phi}^k(k) - p(1+r)\Phi^k(k).$$

Динамика изменения внешней инвестиции представляется таким образом:

$$(3) D_i^B(k+1) = D_i^B(k) - p_i(1+r_i)D_i^B(k) + D_i^k(k),$$

где $D_i^k(k)$ – внешние инвестиции, привлекаемые на развитие производства; $\bar{\Phi}^b(k)$ – банковская ссуда производству; p, p_i – доли возвращаемых банковской ссуды и внешней инвестиции соответственно; r_i, r – ставки процента по внешним инвестициям и ссудного процента соответственно.

Средства, направляемые на развитие основных фондов, определяются выражением $I(k) = \Phi^l(k) \frac{v}{a+v+d}$, где a, v, d – коэффициенты материалоёмкости, фондоёмкости и трудоёмкости соответственно; $\Phi^l(k)$ – денежные средства, направляемые на развитие производства.

Динамика депозитов производственной сферы представляется следующим выражением:

$$(4) D^{GD}(k+1) = D^{GD}(k) + D_k^G(k) - a_1(1+r_G)D^{GD}(k),$$

где $D^t(k)$ – прибыль производственной сферы; d_t – доля средств производственной сферы; r_2 – ставка процента по банковским вкладам.

Экономический агент “население”.

Население в данном рассмотрении делится на возрастные группы, а работающие – на, соответственно, работающих в сферах производства, банковской системы и в сфере производства.

Динамика возрастного состава населения представляется следующим разностным уравнением:

$$(5) N(k+1) = N(k) + AN(k),$$

где $N(k) = (N_1(k), N_2(k), \dots, N_n(k))$ – вектор численности населения по возрастным группам, А

$$= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1,n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & a_{n-1,n-1} & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & a_{n,n-1} & a_{nn} \end{pmatrix} - \text{матрица интенсивности}$$

рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции в возрастных группах; $a_{1j} (j = 2, 3, \dots, n)$ – интенсивности рождаемости в возрастных группах; $a_{jj} (j = 1, 2, \dots, n-1)$ – интенсивность иммиграции; $a_{j+1,j} = 1 - m_j - m_j$, ($j = 1, 2, \dots, n-1$); m_j и m_j – соответственно интенсивность смертности и эмиграции в j -й возрастной группе; a_{nn} – интенсивность иммиграции, эмиграции и смертности для n -й возрастной группы; для первой возрастной группы интенсивность рождаемости с учетом гипотезы о репродуктивном периоде равняется нулю.

Динамика трудовых ресурсов в производстве определяется по уравнению:

$$(6) L_1(k+1) = L_1(k) + \Phi^l(k) d / ((a + v + d)W_1),$$

где $L_1(k)$ – численность работающих в производстве; W_1 – средняя заработная плата.

Динамика банковских вкладов населения представляется выражением:

$$(7) H_n(k+1) = (1-c)(1+r_2)H_n(k) + (1-c)D^H(k) = (1-c)[(1+r_2)H_n(k) + D^H(k)],$$

где $H_n(k)$ – денежные вклады населения в банке; $D^H(k)$ – суммарные денежные средства населения без банковских вкладов; c – коэффициент склонности населения к потреблению.

Экономический агент “государство”.

Государство собирает налоги и получает займы от банковской системы. Из собранных средств оно оплачивает государственное и общественное потребление, выплачивает деньги населению и погашает (с процентом) ранее полученные займы.

Доход государства, в основном, определяется из следующих налоговых и неналоговых поступлений:

$$(8) D(k) = N_p(k) + N_H(k) + N_{\text{ндс}}(k) + N_a(k) + N_s(k) + R^\phi(k) + N_g(k) + ДП(k) + D^{u/u}(k) + V_T^0(k) + D_{aa}(k).$$

К налоговым поступлениям относятся:

$N_p(k)$ – корпоративный налог на доход производства; $N_H(k)$ – подоходный налог с физических лиц; $N_{\text{нб}}(k)$ – налог на добавленную стоимость; $N_a(k)$ – акцизные сборы;

$N_z(k)$ – налог на землю; $R^\phi(k)$ – социальный налог; $N_b(k)$ – налог на прибыль банковской системы; ДП(k) – доходы от продажи акций и капитала; $D^{H/H}(k)$ – другие неналоговые доходы; V_T^0 – трансфертные поступления; $D_{aa}(k)$ – налог на имущество.

Расходы государство в k -м периоде определяются следующим выражением:

$$(9) G^P(k) = I^G(k) + G^C(k) + G^D(k),$$

где $I^G(k)$ – государственные инвестиции из бюджета в производственную сферу экономики; $G^C(k)$ – государственные потребления; $G^D(k)$ – обслуживание государственного долга.

Динамика долга государства представляется соотношением:

$$(10) D^{GD}(k+1) = D^{GD}(k) + D_k^G(k) - a_1(1+r_G)D^{GD}(k),$$

где $D^{GD}(k)$ – величина государственного долга.

Экономический агент “банковская система”.

Банковская система при известных ставках процента за кредит и процента по депозитам дает возможность экономическим агентам делать сбережения и использовать заемные средства. Банковская система имеет возможность восполнять недостаток платежных средств эмиссией, а избыток сокращать изъятием банкнот из обращения. Основная функция банковской системы – собирать сбережения платя за них процент по депозитам, и представлять их наряду с собственными средствами в кредит под проценты. Изменение собственного капитала банковской системы выражает баланс операций, создающих её собственные средства, и операций, использующих собственные средства. Взимание по долгам увеличивает собственный капитал, а выплата процентов по депозитам его уменьшает.

Уравнение изменения собственного капитала банка имеет вид:

$$(11) D_B^c(k+1) = D_B^c(k) + r_c D^{GD}(k) + r \Phi(k) - r_2 H(k) + IH(k) - h_0 I^B(k) - (1 + g_1) W^0 L^0,$$

где $IH(k)$ – прирост собственного капитала при создании резерва; I – норма резервирования; r_c , h_0 – ставки на кредит и налога на прибыль соответственно; g_1 – доля прибыли; $D^{GD}(k)$ – величина государственного долга; W^0 , L^0 – средняя заработная плата банковских служащих и их численность соответственно.

Масса денег в обращении определяется следующим соотношением:

$$(12) M(k+1) = (1 - I)H(k) + qy(k) + K_3 M(k),$$

где K_3 – коэффициент эмиссии денег; K_3 – коэффициент изъятия денег из обращения (реэмиссия); $q < 1$ – величина, обратная количеству оборотов денежной единицы в единицу времени; $y(k)$ – общий объём выпуска продукции.

Общее потребление в k -м периоде равно

$$C(k) = \Phi^u(k) + C^r(k) + C^l(k),$$

где $\Phi^H(k)$ – потребительские расходы населения; $C^r(k)$ – суммарные расходы государства на потребление; $C^l(k)$ – суммарные расходы производства на покупку сырья.

Общие сбережения внутренней экономической системы равны $S^B(k) = y(k) + \text{Im}(k) - \text{Ex}(k) - C(k)$, где $\text{Im}(k)$, $\text{Ex}(k)$ – импорт и экспорт товаров соответственно; $y(k)$ – общий выпуск продукции.

Предложение денег на рынке товаров равно: $S(k) = S^B(k) + D_I^B(k)$, где $D_I^B(k)$ – величина внешней инвестиции в производство.

Динамика изменения уровня цен на рынке товаров определяется следующим выражением:

$$(13) P(k+1) = P(k) \frac{M(k)}{\tilde{y}(k)},$$

где $P(k)$ – цена товара k -го периода; $\tilde{y}(k)$ – общий объём предложений на рынке товаров.

Учитывая, что предложенная математическая модель развивающейся экономики представляет собой систему разностных и алгебраических уравнений, моделирующий алгоритм информационной системы имитационного моделирования укрупненно представляется по шагам:

Шаг 1. Задание для момента $k=0$ начальных значений переменных разностных уравнений.

Шаг 2. Вычисление значений неизвестных переменных алгебраических уравнений и выражений по начальным значениям переменных разностных уравнений.

Шаг 3. Вычисление для момента $k=1$ значений переменных разностных уравнений.

Шаг 4. Вычисление значений неизвестных переменных алгебраических уравнений и выражений для момента $k=1$ по значениям переменных разностных уравнений для момента $k=1$.

Шаг 5. Вычисление для момента $k=2$ значений переменных разностных уравнений и так далее.

Неизвестные параметры математической модели развивающейся экономики оценивались поисковым методом в смысле минимума суммы квадратов невязок

$$\sum_{j=1}^N \left(\frac{Y_{jn} - Y_{jp}}{Y_{jn}} \right)^2 + \left(\frac{L_{1jn} - L_{1jp}}{L_{1jn}} \right)^2,$$

где Y_{jn} , Y_{jp} , L_{1jn} , L_{1jp} – соответственно наблюдаемые и модельные (расчетные) значения выпуска внутреннего валового продукта и численности работающих в производстве; N – число наблюдений [7].

Относительная величина среднеквадратического отклонения расчетных значений переменных от соответствующих наблюдаемых составила менее 10%, что иллюстрируется на части охваченных параметрической идентификацией наблюдений в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение переменной Годы	Y_{jp} млрд. тенге	Y_{jn} млрд. тенге	L_{1jp} млрд. тенге	L_{1jn} млрд. тенге
1996	1427,8	1415,7	4875,2	4868,3
1997	1585,6	1672,1	4891,1	5098,8
1998	1675,1	1717,7	4793,3	4709,0

Найденные оценки неизвестных параметров математической модели представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Обозначение	Значение
Ставка налога на прибыль банк. системы	h_0	0,3
Норма резерва банк. системы	l	0,204
Вел-на, обратная кол-ву оборотов ден.ед. в ед. времени	q	0,420
Коэффициент эмиссии денег	k_s	0,0137
Ставка процента по внешним инвестициям	r_i	0,015

Наименование	Обозначение	Значение
Ставка ссудного кредита	r	0,373
Ставка налога на землю	z_3	0,018
Ставка акцизного сбора	z_a	0,132
Доля акцизных товаров в ВВП	k_a	0,051
Ставка на кредит гос-ва	r_G	0,015
Доля обучающихся в ВУЗах и СУЗах	b_1	0,067
Ставка процента по банк. вкладам	r_2	0,012
Коэффициент склонности населения к потреблению	c	0,83
Ставка подоходного налога с физ. лиц в банк. сфере	x_0^H	0,150
Ставка подоходного налога с физ. лиц в производств. сфере	x_1^H	0,13
Ставка подоходного налога с физ. лиц в бюджетной. сфере	x_c^H	0,12
Коэффициент выбытия осн. фондов	m	0,0016
Коэффициент материалоемкости	a	0,229
Коэффициент трудоемкости	d	0,37
Коэффициент фондоемкости	b	1,13
Ставка социального налога	g_1	0,3
Ставка налога на добавленную стоимость	$h_{\text{ндс}}$	0,2
Ставка корпоративного подоходного налога	h	0,33
Норма амортизационных отчислений	m^*	0,012
Параметры производственной функции	a	0,831
Параметры производственной функции	g	0,154
Параметры производственной функции	b	0,169

Наименование	Обозначение	Значение
Доля возвращаемой банковской ссуды	p	0,1
Доля возвращаемой внешним инвестором	p_1	0,5
Доля средств производственной сферы, направляемые на развитие производства	d_t	0,5
Доля трудоспособного населения	Ω	0,93
Коэффициент определяющий верхний предел получение кредита	b_1	0,5
Доля возвращаемой государственного кредита	a_1	0,1

Элементы матрицы A в разностном уравнении динамики возрастного состава населения в математической модели развивающейся экономики вычислены на основе данных таблице 3.

Таблица 3

Возрастные группы	Численность (тыс/чел)	Рождаемость	Иммиграция	Эмиграция	Смертность
1	264,3 (1)	0	0	0	0,0061
2-4	400,5 (3)	0	0	0,16	0,0061
5-9	338,9 (5)	0	0,00408	0,16	0,00049 2
10-14	314,8 (5)	0	0,00408	0,16	0,00055 44
15-19	286,3 (5)	0,04464	0,00408	0,16	0,0012
20-24	257,6 (5)	0,15	0,00408	0,16	0,00252
25-29	230,9 (5)	0,1164	0,00408	0,16	0,00312
30-34	251,6 (5)	0,084	0,00408	0,16	0,00408
35-39	246,6 (5)	0,0264	0,00408	0,16	0,00555 6
40-44	202,1 (5)	0,006	0,00408	0,16	0,0078
45-49	161,1 (5)	0,0006	0,00408	0,16	0,01128
50-54	92,5 (5)	0	0,00408	0,16	0,162
55-59	155,8 (5)	0	0,00408	0,16	0,01812
60-64	86,9 (5)	0	0,00408	0,16	0,03312
65-70	180,8 (5)	0	0	0	0,04656

Одну из версий алгоритма выбора сценария(ев) проведения государственной экономической политики можно укрупненно представить следующими шагами:

Шаг 1. Оценка влияний выбранных параметров государственной экономической политики на поведение экономической системы через определения соответствующих функций чувствительности на базе информационной системы имитационного моделирования.

Шаг 2. Выбор рекомендуемых значений параметров государственной экономической политики путем численного решения соответствующих экстремальных задач на информационной системе имитационного моделирования.

Предложенную версию выбора сценария(ев) проведения государственной экономической политики проиллюстрирована на примере оценки чувствительности параметров следующих параметров: $h_{ндс}$ – ставка налога на добавленную стоимость, r – ставка ссудного процента.

Оценки функций чувствительности по указанным параметрам, найденные на базе информационной системы имитационного моделирования развивающейся экономической системы, имеет вид:

$$\frac{\Delta Y}{\Delta h_{ндс}} = -87,9; \quad \frac{\Delta X}{\Delta h_{ндс}} = -120,8; \quad \frac{\Delta L_1}{\Delta h_{ндс}} = -5,9; \quad \frac{\Delta Y}{\Delta r} = -2,162;$$

$$\frac{\Delta X}{\Delta r} = -20; \quad \frac{\Delta L_1}{\Delta r} = -2,3.$$

Приведенные оценки функций чувствительности качественно корреспондируется с известными положениями о ролях ставки налога на добавленную стоимость и ставки ссудного процента [4].

Выбор рекомендуемых значений параметров экономической политики проиллюстрируем на примере выбора рекомендуемого значения ставки ссудного процента.

Выбор рекомендуемого параметра r , с учетом полученных оценок функций чувствительности, можно осуществить на основе решения следующей экстремальной задачи на информационной системе имитационного моделирования:

$$\max_r Y(k)$$

при $0,37 \leq r \leq 0,259$; $X(k) \geq X_{зад}(k)$; $L_1(k) \geq L_{1зад}(k)$,

где $X_{зад}(k)$, $L_{1зад}(k)$ – соответственно заданные модельные траектории изменения основных фондов и численности работающих в производстве, найденные при решении задач параметрической идентификации; $X(k)$, $L_1(k)$ – модельные (расчетные) траектории соответствующих переменных при решении рассматриваемой задачи оптимизации.

Результаты численного решения сформулированной задачи оптимизации приведены в таблицах 4-6.

Таблица 4

Значения процента кредитной ставки r^*	1996	1997	1998
	Y	Y	Y
0,37	1239,04	1445,44	1531,32
0,333	1239,34	1445,52	1531,67
0,296	1239,61	1445,61	1531,89
0,259	1239,72	1445,89	1532,11

Таблица 5

Значения процента кредитной ставки r^*	1996	1997	1998
	X	X	X
0,37	2271,80	2345,23	2798,32
0,333	2272,21	2345,97	2798,12
0,296	2273,30	2346,11	2799,31
0,259	2274,98	2346,89	2799,85

Таблица 6

Значения процента кредитной ставки r^*	1996	1997	1998
	L1	L1	L1
0,37	4875687	4912145	3875887
0,333	4875773	4912267	3875912
0,296	4875812	4912345	3876012

0,259	4875845	4912489	3876234
-------	---------	---------	---------

Анализ данных таблиц 4-6 дает возможность выбрать в качестве рекомендуемого значения параметра – ставки ссудного процента следующую величину, а именно: $r_{рек} = 0,259$.

В заключение следует отметить, что в процессе проведения данной работы :

1. Предложена первая версия нелинейной математической модели развивающейся экономики (открытой неравновесно развивающейся экономической системы), описывающей взаимодействие экономических агентов: “производства”, “населения”, “государства” и “банковской системы”.

2. Разработаны моделирующий алгоритм и программный комплекс моделирования развивающейся экономики. Решена задача параметрической идентификации математической модели развивающейся экономики.

3. Разработана первая версия алгоритма исследования влияний и выбора рекомендуемых значений параметров государственной экономической политики на базе имитационной системы моделирования развивающейся экономики.

В настоящее время продолжают исследования по выбору законов параметрического регулирования механизмов развивающейся экономики и качественные исследования математических моделей развивающейся экономики с синтезированными законами параметрического исследования. Надеемся, что результаты этих исследований будут доложены на следующих форумах после их завершения.

Литература

- Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.
- Макконнелл К.Р., Брю С.Л.. Экономикс. Принципы, проблемы и политика, том 1, 2. М.: Республика, 1992.
- Ашимов А.А., Сакабеков А.С., Боровский Ю.В., Волобуева О.П. Качественное исследование динамических свойств модели взаимо-

связанных рынков экономической системы. Алматы: ДАН РК, 2001, №6. С. 26-31.

4. *Ашимов А.А., Сакабеков А.С., Боровский Ю.В., Волобуева О.П.* Качественный анализ математических моделей и имитационное моделирование экономических систем //Матер. 2-го Межд. Конгресса “Нелинейный динамический анализ” (NDA'2). М.: МАИ, 2002. С. 10.

5. *Ашимов А.А., Боровский Ю.В., Волобуева О.П.* Параметрическое регулирование рыночных механизмов воспроизводства //Вычислительные технологии , т.7, Вестник КазНУ №4 (32) совмест. выпуск по матер. межд. конф. “Вычислительные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании”, ч.1. Новосибирск – Алматы, 2002. С. 282 – 288.

6. *Ашимов А.А., Боровский Ю.В., Волобуева О.П.* О выборе законов параметрического регулирования механизмов в рыночной экономике // Сб. научных трудов межд. конф. “Современные сложные системы управления” (СССУ/HTCS'2003), т.1. Воронеж, 2003. С. 246 – 248.

7. Сборник статистических данных. Алматы: Госкомстат, 1998.