

Д. Ц. Будаева, И. С. Гусева, С. Н. Насатуева

Влияние инвестиций и прямых инновационных затрат на оптимальные стратегии развития региона

Аннотация. В настоящее время по имеющейся статистике проблематично оценивать инновационные процессы в регионе в терминах «затраты-результаты», что затрудняет стратегическое планирование развития. В статье предлагается нормативный подход к этой проблеме с использованием концептуальной модели региона — определять приемлемые значения важнейших инновационных параметров путем организации целенаправленных вычислительных экспериментов с этой моделью. Это наглядно демонстрируется на агрегированной версии модели.

Ключевые слова и фразы: стратегии развития, инновации, инвестиции, инновационные затраты.

Введение

В настоящее время инновационная деятельность представляет собой важнейший фактор развития, который должен находить отражение во всех расчетах, связанных со стратегическим планированием. Однако по имеющейся официальной статистике практически невозможно оценивать инновационные процессы в регионе в терминах «затраты-результаты», что необходимо для подобных расчетов. В типичных официальных документах, отражающих инновационную деятельность в том или ином регионе РФ, она оценивается в таких показателях, как «количество инновационно активных предприятий с общей численностью персонала», «объем инновационной продукции», «процент инновационной продукции, осваиваемой промышленностью», «затраты на инновации разных видов» (технологические, маркетинговые, организационные) (см., например, [1]), что больше

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект 11-02-00171).

© Д. Ц. БУДАЕВА, И. С. ГУСЕВА, С. Н. НАСАТУЕВА, 2012

© БУРЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ИМ В.Р.ФИЛИПОВА, 2012

© БУРЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2012

© **ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ**, 2012

подходит для качественной оценки картины, чем для конкретных прогнозных и оптимизационных расчетов. Более полезными в этом плане могли бы быть отчеты предприятий о проведенных инновационных мероприятиях, однако систематизированной информации по ним нет, а изучение разрозненных случайных источников с этой точки зрения требует трудоемких исследовательских работ, тем более что пока не существует общепринятых измерителей инновационной деятельности и даже установившейся терминологии в этой области.

Это затрудняет стратегическое планирование развития даже в чисто экономическом плане, не говоря уже об устойчивом развитии с обоснованным учетом экологических и социальных факторов. В статье предлагается своего рода нормативный подход к этой проблеме с использованием концептуальной модели региона [2, 3]. Он состоит в том, что по имеющимся надежным эмпирическим оценкам одних параметров и балансовым и оптимизационным соотношениям модели получить оценки предельных значений других параметров.

Модель отражает инновации через видоизменение созданной ранее, в каком-то смысле традиционной, модели региона [4] путем дополнения ее специальным блоком, описывающим инновационные процессы. При этом понятие «инновация» трактуется формально как любое целенаправленное изменение параметров исходной модели, которые прежде рассматривались как константы. Такая схема была предложена в работе [5] и успешно использована при практическом моделировании развития ряда конкретных регионов [2].

Конкретно предлагается определять предельные значения важнейших параметров, относящихся к инновационным процессам, или их приемлемые диапазоны путем организации целенаправленных вычислительных экспериментов с этой моделью. Ее специфика позволяет получить путем специальных преобразований простые соотношения, что важно при проведении серийных расчетов. Эта процедура применяется к агрегированной версии модели [6], которая, с одной стороны, вполне отвечает поставленной цели, а с другой — достаточно наглядна. Однако при естественных предположениях она может быть распространена на региональные модели того же типа любой размерности.

1. Агрегированная модель и магистральное решение

Рассматривается модель с инновационным блоком, которая выражается следующими соотношениями:

$$(1) \quad c = (1 - A)y - Bu - A^z z - A^d kd,$$

$$(2) \quad \dot{k} = u - \delta k, \quad 0 \leq y \leq g(k, L),$$

$$(3) \quad \dot{r} = \dot{\bar{r}} + N(r - \bar{r}(t)) - Cy + z,$$

$$(4) \quad \dot{\theta} = (d + H \frac{u}{k})(\bar{\theta}(t) - \theta), \quad \theta(0) = 0.$$

Здесь y , z , d — соответственно выпуск продукции, темп активного природовосстановления и темп активных инноваций; c — конечное потребление; k , $g(k, L)$, u , δ — соответственно основные фонды, мощность, инвестиции и темп амортизации; L — население (предполагается, что трудовые ресурсы, от которых фактически зависит мощность, пропорциональны населению); A , A^z , A^d — соответственно коэффициенты прямых затрат в производственном, природовосстановительном и инновационном секторах; B — коэффициент фондообразующих затрат; r — индекс состояния природной среды и ресурсов; $\bar{r}(t)$ — заданная функция (опорная), например, получаемая из статистического прогноза; N , C — коэффициенты самовосстановления и прямого воздействия экономики на природную подсистему; θ — инновационный индекс, имеющий смысл среднего процента инновационных изменений некоторой группы параметров (в данном случае A и C) относительно их значений в начальный момент времени; $\bar{\theta}(t)$ — значение θ , соответствующее мировому уровню в данный момент; H — коэффициент, отражающий влияние инвестиций, связанных с расширением производства.

Его смысл легко выясняется, если положить $d = 0$. Это процентное изменение в среднем рассматриваемой группы параметров при изменении основных фондов на 1%. Аналогично выясняется смысл величины d как скорости процентного изменения рассматриваемой группы параметров при отсутствии инвестиций и затем — параметра A^d как затрат на 1% инновационных изменений, приходящихся на единицу основных фондов.

Предполагается, что $g(k, L)$ — классическая вогнутая производственная функция, а коэффициент прямых затрат A может быть снижен за счет инноваций (роста θ) вместе с другим важным параметром — коэффициентом C , т.е. будем эти коэффициенты

рассматривать как функции $A(\theta)$ и $C(\theta)$ с указанными свойствами. Учитывается удорожание инвестиций с ростом их «инновационности» посредством возрастающей зависимости $B(H)$. Остальные коэффициенты для простоты принимаются константами.

Предполагается также, что природо-восстановительная и текущая инновационная деятельность ведется на существующих мощностях и требует лишь дополнительных текущих затрат. При этом переменные y , u , z и d рассматриваются как управления, подчиненные ограничениям

$$(5) \quad \dot{k} \geq 0, \quad \dot{r} \geq 0, \quad 0 \leq y \leq g(k, L), \quad d \geq 0.$$

В качестве критерия оптимальности (называемого *функционалом благосостояния*) рассматривается максимум накопленного регионального дохода за вычетом штрафа $s(r)$ за экологические нарушения на заданном временном интервале при заданных начальных условиях:

$$(6) \quad \Pi = \int_0^{t_F} (pc - s(r))dt, \quad k(0) = k_0, \quad r(0) = r_0, \quad \theta(0) = 0,$$

где p — прогнозируемая цена (ценовая поправка). Величина штрафа характеризует предпочтения в критерии благосостояния.

В [6] находится магистральное решение как простое идеализированное при указанных предположениях, которое затем и исследуется в вычислительных экспериментах. Приведем кратко процедуру его нахождения.

Для удобства θ заменяется новой переменной $\gamma = H \ln k + \ln(\bar{\theta} - \theta)$, тем самым упрощается связь (4):

$$(7) \quad \dot{\gamma} = -(d + H\delta), \quad \gamma(0) = H \ln k_0 + \ln(\bar{\theta}).$$

Вначале получается семейство решений при любых фиксированных конечных значениях $k(t_F) = k_F$, $r(t_F) = r_F$, $\gamma(t_F) = \gamma_F = H \ln k_F + \ln(\bar{\theta} - \theta_F)$, а затем варьируются эти значения, и тем самым находится окончательное решение. В силу заданных дифференциальных связей и ограничений получаются естественные верхняя $()_u$ и нижняя $()_l$ границы изменения искомых функций $k(t)$, $r(t)$ и $\gamma(t)$ (рис. 1):

$$k_u = k_F \geq k(t) \geq k_l = k_0, \quad r_u = r_F \geq r_l = r_0, \\ \gamma_u = \gamma_0 - H\delta t \geq \gamma(t) \geq \gamma_l = \gamma_F - H\delta(t - t_F).$$

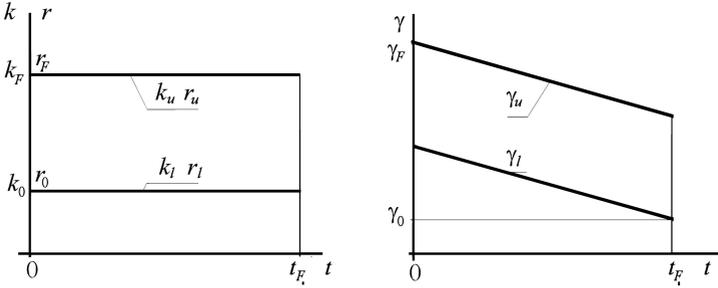


Рис. 1. Границы изменения функций $k(t)$, $r(t)$ и $\gamma(t)$

В соответствии с теорией вырожденных задач [7] управления u , z принимаются неограниченными и производится двукратный переход к эквивалентной производной задаче первого порядка о максимуме функционала Π_F с использованием преобразований $x = \Pi + p(A^z r + Bk)$, $\xi = x - pA^d k_0 \gamma$. Функционал максимизируется вначале при любых фиксированных граничных значениях k_F , r_F , и γ_F , а затем дополнительно максимизируется по этим значениям.

Коэффициенты A , B и C задаются следующим образом:

$$A = (1 - a\theta)A_0, \quad C = (1 - (1 - a)\theta)C_0, \quad 0 \leq a \leq 1,$$

a выбирается из условия максимума Π_F , $B = B_0 + b_1 H$. Предполагается $L = \text{const}$, при этом $g(k, L) = qk^\alpha$ (это известная функция Кобба–Дугласа), $s(r) = s(r - \bar{r})^2$, $\bar{\theta} = \text{const}$, $p = \text{const} = 1$. С учетом этих предположений и при естественном условии рентабельности экономики дело сводится к задаче максимизации выражения

$$(8) \quad \Pi_F = t_F(\kappa_1 q k^\alpha - B\delta k) - B(k - k_0) + \mu q k^{\alpha-H} e^{\gamma} \frac{1 - e^{H\delta t_F}}{H\delta} + \\ + A^d k_0(\gamma - \gamma_0 + H\delta t_F) + t_F(A^z N(r - \bar{r}) - s(r - \bar{r})^2) - A^z(r - r_0)$$

при условиях $k \geq k_0$, $r \geq r_0$, $\gamma \leq \gamma_0 - H\delta t_F$ относительно k , r и γ , которые в данном случае обозначают конечные значения k_F , r_F и γ_F (индекс F для краткости опущен). Здесь $\kappa_1 = \lambda + \mu\bar{\theta}$, $\lambda = 1 - A_0 - A^z C_0$, $\mu = \max(A_0, A^z C_0)$.

ТАБЛИЦА 1.

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
t_F	20	p	1	A_0	0.5
$A(\theta)$	$(1 + \theta)A_0$	C_0	$0.7 * 10^{-5}$	$C(\theta)$	$(1 + \theta)C_0$
B_0	1	A^z	8000	δ	0.05
k_0	400	k_F	800	θ_0	0
θ_F	0.75	$\bar{\theta}$	0.8	r_0	0.8
r_F	0.9	\bar{r}	1	N	-0.001
s	100, 1200, 1500	α	0.5, 0.7, 0.8	q	10, 2.2, 1.1

Максимум по r достигается в точке

$$r_{F_*} = r_* = \max \left(r_0, \bar{r} + \frac{A^z(t_F N - 1)}{2t_F s} \right).$$

В общем случае решение нетрудно получить численно перебором по двум переменным.

2. Вычислительные эксперименты

Расчеты проводились для условного региона со значениями параметров, генерированными по данным Байкальского региона (таблица 1). Рассчитывались максимальные значения Π_F при различных значениях параметров A^d , H , b_1 нескольких вариантов параметров экономики (α) и штрафа s . Расчеты проводились с помощью программного пакета Maple 13 на ПК с 64-разрядным ЦП с частотой 2.3 Гц, ОЗУ 4 Гб. Время расчета одной зависимости $\Pi_F(A^d)$ по значениям $H = [0, 1]$ с максимизацией по двум переменным k и γ составило в среднем 4 сек. Результаты вначале представлялись в форме семейств зависимостей $\Pi_F(A^d)$ с параметром H (рис. 2–3), а затем делались «срезы» этих семейств при избранных значениях A^d в форме зависимостей $\Pi_F(H)$ (рис. 4–5).

Из результатов, представленных на рис. 2–3 видно, что:

- (1) определяются предельные значения удельных текущих инновационных затрат A^d , при превышении которых инновационная деятельность становится неэффективной и прекращается (функционал благосостояния не меняется);

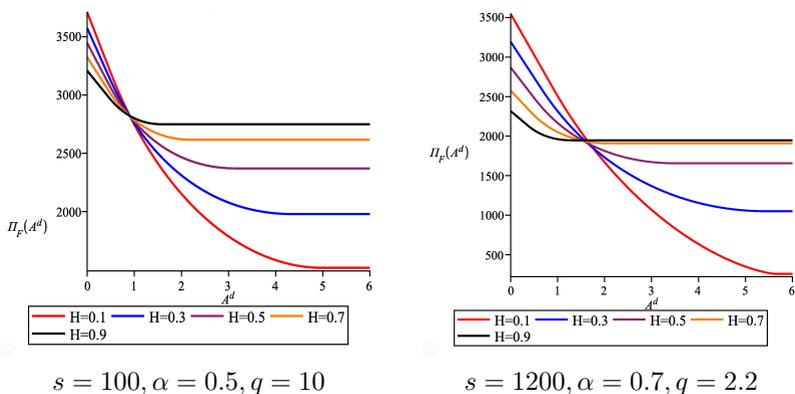


Рис. 2. Семейство зависимостей $\Pi_F(A^d)$

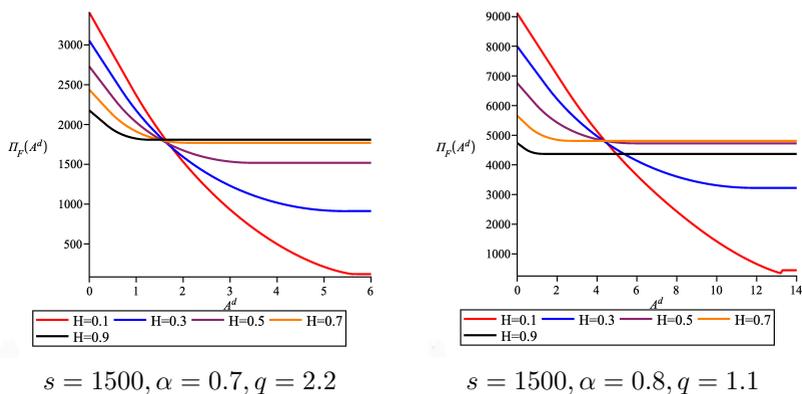
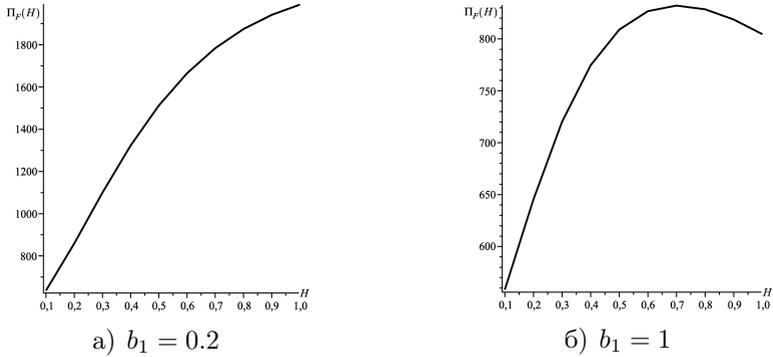
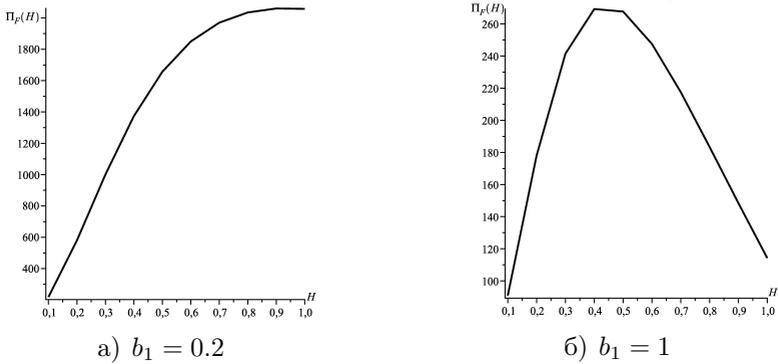


Рис. 3. Семейство зависимостей $\Pi_F(A^d)$

- (2) приемлемые значения лежат в пределах от 3 до 10 в принятых единицах (млрд руб.), существенно зависят от фондоотдачи, характеризуемой параметром (α) и мало зависят от коэффициента s , характеризующего предпочтения в критерии благосостояния;
- (3) существует критическое значение A^d (единое для всего семейства как точка пересечения соответствующих графиков), ниже которого более выгодна текущая инновационная деятельность, а выше — инновационная деятельность, связанная с

Рис. 4. Зависимость $\Pi_F(H)$ при $s = 1200, \alpha = 0.5, q = 10$ Рис. 5. Зависимость $\Pi_F(H)$ при $s = 1200, \alpha = 0.7, q = 2.2$

инвестициями.

Из результатов на рис. 4–5 можно сделать вывод: зависимость максимума функционала благосостояния от инновационности инвестиций $\Pi_F(H)$ может быть монотонно возрастающей при слабом удорожании инновационных инвестиций (малое значение b_1) или немонотонной при достаточно резком их удорожании, что указывает на необходимость более тщательного изучения этой эмпирической зависимости.

Заключение

В целом можно утверждать, что предложенный нормативный подход к оценке экономической эффективности инновационных процессов себя оправдал. При этом важную роль играет именно наиболее агрегированная версия региональной модели, в которой матричные коэффициенты, содержащие большое число параметров, сводятся к числовым коэффициентам, допускающим достаточно простую содержательную интерпретацию.

Другой важный методический аспект — возможность получения простых расчетных соотношений для быстрых серийных вычислительных экспериментов исходя из специфики рассматриваемой задачи как вырожденной задачи оптимального управления. Соответствующая процедура преобразований непосредственно распространяется на многокомпонентные модели любой размерности, что дает возможность получить эффективный инструментарий для более детальных оценок с использованием данного (первого и успешного) опыта.

Список литературы

- [1] Регионы России. Социально-экономические показатели. М. : Росстат, 2011. — 990 с. ↑
- [2] Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / изд. Гурман В. И., Рюмина Е. В. М. : Наука, 2001. — 175 с. ↑
- [3] Расина И. В., Блинов А. О., Гусева И. С. *Магистрالی в задаче оптимизации стратегии развития региона на многокомпонентной модели* // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика, 2011, № 6, с. 36–42 ↑
- [4] Модели управления природными ресурсами / изд. Гурман В. И. М. : Наука, 1981. — 264 с. ↑
- [5] Gurman V. I. *Modeling and Optimization Sustainable Strategies on Regional Level* // Proceedings of LI Int. Conference Econometrics of Environment and Transdisciplinarity. — Lisbon, Portugal, April 1996. Vol. 5 ↑
- [6] Гурман В. И., Ухин М. Ю. *Магистральные решения в задачах оптимизации стратегий развития регионов* // Автоматика и телемеханика, 2004, № 4, с. 108–117 ↑, 1
- [7] Гурман В. И. *Вырожденные задачи оптимального управления*. М. : Наука, 1977. — 304 с. ↑

Рекомендовал к публикации

Программный комитет Молодёжной школы-семинара

Модели и методы исследования гетерогенных систем

Об авторах:



Должит Цырендондоковна Будаева

Кандидат экономических наук, доцент Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова

e-mail: dolgit2006@yandex.ru



Ирина Сергеевна Гусева

Аспирант Бурятского Государственного Университета по направлению «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

e-mail: ig_19@mail.ru



Соелма Номтоевна Насатуева

Аспирант Бурятского Государственного Университета по направлению «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», магистр прикладной математики Бурятского государственного университета

e-mail: soelmann@mail.ru

Образец ссылки на эту публикацию:

Д. Ц. Будаева, И. С. Гусева, С. Н. Насатуева. *Влияние инвестиций и прямых инновационных затрат на оптимальные стратегии развития региона* // Программные системы: теория и приложения : электрон. научн. журн. 2012. Т. 3, № 5(14), с.23–32.

URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2012_5_23-32.pdf

D.T. Budaeva, I.S. Guseva, S. N. Nasatueva. *Influence of investment and direct innovative costs on optimal development strategies of a region.*

ABSTRACT. Currently it is difficult to estimate from available statistics innovative processes in the region in terms of “expenditures-results”, which impedes strategic planning of development. The paper proposes a kind of regulatory approach to this problem with the use the conceptual model of the region, that is to determine the limit values of most important innovative parameters by properly oriented computational experiments with this model. It is clearly demonstrated on an aggregated version of the model. (in Russian).

Key Words and Phrases: development strategies, innovations, investment, innovative costs.