

Ю. К. Машунин, И. А. Машунин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЦ «ЗАТРАТЫ – ВЫПУСК»¹

В статье представлена практическая технология прогнозирования развития экономики региона, включающая постановку проблемы, построение математической модели и ее реализацию. При построении модели использованы стандартные статистические данные за прошлый период (2011 г.), на основе которых построены таблицы «затраты – выпуск». Добавлен блок выпуска продукции конечного спроса, полученной за счет инвестиций. В итоге получена модель экономики региона, выполненная в виде векторной задачи математического программирования, учитывающая инвестиционные процессы в регионе, целью которой является максимизация продукции конечного спроса региона (всех отраслей региона) с учетом ограничений межотраслевого баланса, инвестиционных вложений, ресурсных затрат и мощностей. Для решения векторной задачи линейного программирования использованы методы, основанные на нормализации критериев и принципе гарантированного результата. Векторная задача решается в динамике на заданное количество лет. Вводятся коэффициенты, учитывающие темп роста: валовых объемов (ресурсов), конечного спроса, инвестиций в каждую отрасль региона. Численная реализация прогнозирования показана на тестовом примере моделирования экономики Приморского края, включающего пятнадцать отраслей на трехлетний период в соответствии с требованиями бюджетного кодекса. Результаты решения включают основные экономические показатели региона: валовой объем, валовой региональный продукт (ВРП), инвестиции (в том числе разбитые по отраслям), а также фонд заработной платы, налоги и прочие. Все эти экономические показатели служат основой для формирования доходной части бюджета региона.

Ключевые слова: прогнозирование, экономика региона, статистика, таблица «затраты – выпуск», инвестиции, векторная оптимизация

Проблеме разработки и реализации устойчивого социально-экономического развития общества уделяется достаточно большое внимание, как на общенациональном, региональном уровне, так и на уровне организации, фирмы. На уровне региона решение этой проблемы связано, во-первых, с созданием качественной системы прогнозирования и стратегического планирования социально-экономического развития региона, реализация которого находит отражение в бюджете, а в дальнейшем в организации управления регионом, в соответствии с разработанным бюджетом [1], во-вторых, в кардинальном улучшении инвестиционной деятельности, направленной, прежде всего, на создание новых производственных процессов [8] (и, как следствие, предоставление новых рабочих мест, улучшения социальной сферы региона), в-третьих, создание инструментария, позволяющего моделировать развитие экономики региона, учитывающей инвестиционную деятельность в ту или иную отрасль региона. Действующие нормативно-правовые документы по составлению прогнозов развития экономики и социальной

сферы регионов достаточно широко представлены в работе [9].

Построение математической модели, определяющей динамику развития экономики региона, с учетом межотраслевого баланса (модели «затраты – выпуск» [4]), и инвестиционных процессов направлены работы [2, 5-7]. Реализация математической модели социально-экономического развития региона, представленной в [7], требует определенной информационной (программной) и математической поддержки принятия решений. Актуальность данной проблемы определяется также тем, что распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2009 г. № 201-р, подписанного В. В. Путиным, начата разработка базовых таблиц «затраты – выпуск» за 2011 год. В настоящее время создано Руководство пользователя программно-технологических средств заполнения респондентами форм статистических наблюдений (для формирования таблиц «затраты – выпуск») и внедрения их в практику управления регионом [11].

Целью работы является решение практических задач (технологий), возникающих при прогнозировании развития экономики региона на основе математических моделей, учи-

¹ © Машунин Ю. К., Машунин И. А. Текст. 2014.

тывающих таблицы «затраты — выпуск» и инвестиционные процессы. Модель экономики региона направлена на увеличение объемов конечного использования (спроса) продукции всех отраслей в регионе, при этом она учитывает ограничения межотраслевого баланса, ресурсных затрат и мощностей в динамике. Результаты моделирования служат основой для принятия решений по дальнейшему развитию экономики (прогнозу) и, как следствие, целевых программ развития и доходной части бюджета региона.

Для реализации поставленной цели и автоматизации расчетов экономических показателей, коэффициентов развития экономики региона в работе построена дискретно-динамическая модель, представленная векторной задачей математического программирования, в которой ограничения сформированы в три блока: 1) межотраслевой баланс, 2) блок воспроизводства на основе инвестиций, 3) блок — ограничений, накладываемых на ресурсные, производственные мощности региона. Решение таких задач основано на нормализации критериев и принципе гарантированного результата [6]. Технология моделирования развития региональной экономики показана на примере моделирования экономики региона (Приморского края): сначала анализируются статистические данные экономики региона, включающие стандартные для статистики пятнадцать отраслей по состоянию на 2011 г., на основе которых строится численная модель, затем расчет этой модели в динамике на трехлетний период в соответствии с Бюджетным кодексом Российской Федерации.

Постановка проблемы прогнозирования развития экономики региона связана с организацией управления. Исследование организации управления экономикой региона и межотраслевых связей, проведенное с позиции системного подхода и теории управления [6], показало, что управление регионом осуществляется на двух уровнях: экономики (управление предприятием, отраслью) и бюджетной сферы [7], и представлено на рисунке 1.

На первом уровне — экономики региона — регулирование определяется рынком: план производства того или иного товара определяется самими производителями и, соответственно, они же управляют объемами производства с учетом возможного спроса, конкурируя между собой. Государство не оказывает влияния на номенклатуру и объемы выпускаемой продукции, то есть со стороны государства осуществляется децентрализованное управле-

ние. Управление каждым предприятием и отраслью как объединениями предприятий, выполняется самостоятельно, все вместе они образуют контур рыночного управления экономикой региона, что показано в нижнем блоке схемы организации управления регионом рисунке 1. Объединение всех отраслей производства и реализации продукции представляет экономику региона, управление которой, как и экономикой предприятия, на сегодняшний момент децентрализовано. Но децентрализация не является полной, так как государство формирует налоговую политику, тем самым определяя линию поведения каждого предприятия — это результат влияния государства на децентрализацию управления. Таким образом, в основе управления номенклатурой и объемами производства всех товаров, циркулирующих в регионе, а также стремлением производителей получить насколько возможно более высокую прибыль от реализации этих объемов товара лежит механизм рыночной конкуренции.

На втором уровне — бюджета региона — осуществляется управление социально-экономическим развитием региона, в рамках которого формируются доходная и расходная части бюджета (верхний блок рис. 1), при этом считается, что такое управление и есть управление экономикой региона, хотя это есть лишь управление только бюджетной составляющей.

Два уровня управления экономикой и бюджетом взаимосвязаны.

Влияние экономики на бюджет определяется тем, что при производстве и реализации товаров, произведенных в регионе, формируются налоговые отчисления, которые являются основой доходной части бюджета региона, из которых финансируется развитие экономики региона в соответствии со стратегией развития в виде целевых программ. Поэтому для прогноза и оценки экономического потенциала региона и, как следствие, налоговых поступлений формируется финансовый план развития региона, который, в соответствии с бюджетным кодексом РФ, рассчитывается на три года [1].

Влияние уровня бюджета на экономику определяется тем, что на уровне бюджета, наряду с другими, формируются два мероприятия: расчет ставок налоговых отчислений (как правило, на уровне государства); формирование федеральных и региональных проектов (целевых программ). Реализация этих мероприятий оказывает существенное влияние на развитие экономики региона, то есть эти мероприятия являются основными инструмен-

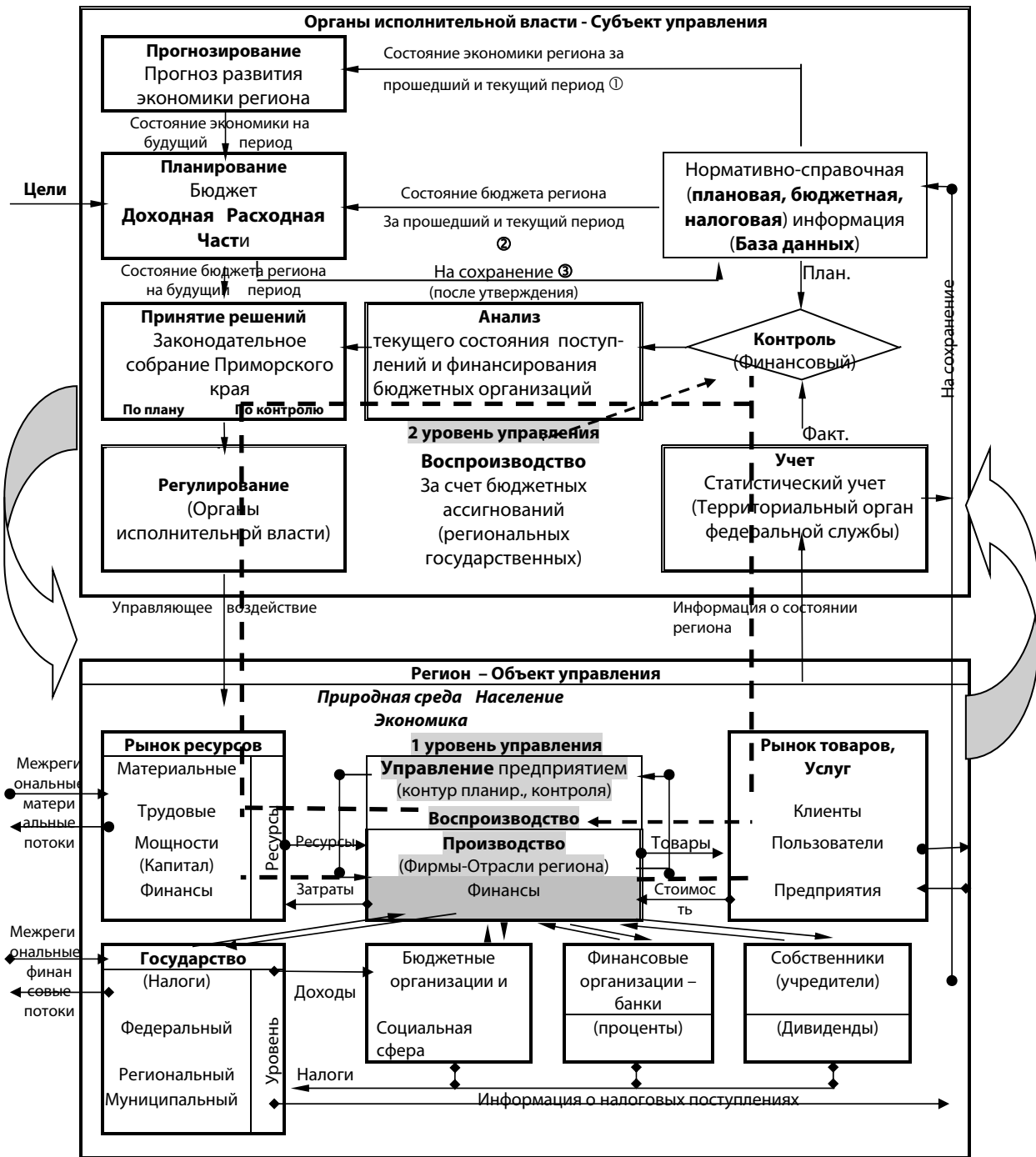


Рис. 1. Схема организации управления регионом (●→ — материальные потоки, ◀◆ — финансовые потоки, - - - → — информационные (управленческие) потоки)

тами государственного регулирования развития экономики региона. Воспроизводственные процессы осуществляются также на двух уровнях: на первом уровне производство осуществляется предприятиями за счет амортизационных отчислений и инвестиций из прибыли; на уровне региона (субъекта РФ) и государства — в виде целевых программ. Воспроизводственные процессы включают в себя производство

регионального продукта, трудовых ресурсов, капитала, природных ресурсов и т. п. Для реализации поставленных задач формируется финансовый план, определяющий, с одной стороны, развитие экономики региона, а с другой — доходную (налоговую) часть бюджета. Формируя различные варианты финансового плана с соответствующим бюджетом, администрация осуществляет государственное регулирование экономики региона.

Таблица 1

Объем и динамика валового регионального продукта

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	Статистика				Моделирование		
Ресурсы (валовой выпуск) региона млн руб.	573380	686077	879375	1025827	1081900	1087200	1093600
Промежуточное потребление	256798	317080	408696	479275	505690	508250	511340
Валовой региональный продукт (ВРП) млн руб.	316582	368997	470679	546552	577610	581060	585100
На душу населения, руб.	160417	187556	240221	279994	295905	297672	299742
Доходы — бюджет: из них	69887,3	99469,7	100039,1	109222,7	115193	115757	116439
Налог на прибыль организаций	8485,9	7102,2	11498,8	12226,6	14008,5	14878,7	15086,0
Налог на доходы физических лиц	20089,6	22267,6	25370,3	28550,1	30907,6	32827,5	33284,9
Налоги на имущество	4609,3	4942,9	5521,3	6749,9	6726,4	7144,2	7243,7
Доля налоговых поступлений в %	47,48	34,50	42,37	42,37	48,26	42,3738	42,37383
Доходная часть бюджета к ВРП %	22,08	27,05	21,49	19,98	19,94	19,92	19,90

Источник: графы «Статистика» [10, с. 165, 309]; графы «Моделирование» — расчетные.

Процесс принятия решения по управлению экономикой региона объединяет экономические и административные методы, предполагающие использование инструментария экономико-математических методов.

Механизм государственного регулирования экономики региона с использованием модели включает семь блоков:

1) анализ отчетных (статистических) данных за год и построение на его основе межотраслевого баланса;

2) постановка задачи: формируется цель экономического развития и ограничения, накладываемые на функционирование региона;

3) построение математической модели развития экономики региона в виде векторной задачи;

4) построение численной модели развития экономики региона;

5) процесс моделирования, в результате которого получим объемы валовых выпусков и конечное использование продукции отраслей региона;

6) формирование показателей развития экономики региона, в совокупности представляющие финансовый план региона, в т. ч. налоговые отчисления, определяющие доходную часть бюджета региона;

7) принятие управленческого решения окончательного по развитию экономики региона — административное воздействие (регулирование).

1. Анализ статистических данных, представленных основными экономическими показателями в таблице 1, в соответствии с [10], характеризующих экономику региона в целом.

Экономические показатели: ресурсы (валовой выпуск) региона, промежуточное потребление, валовой региональный продукт (ВРП) по состоянию на 2011 г. разбиты на пятнадцать отраслей [10, с. 165] в соответствии с ОКВЭД [12]. Эти показатели перенесем в межотраслевой баланс (табл. 2): ресурсы (валовой выпуск) Приморского края: $\{X_j(t), j = \overline{1, n}\}$, $n = 15$ — представлены в 23 графе и 21 строке межотраслевого баланса; промежуточное потребление $\sum_{i=1}^n A_i X$, где $A_i X$ — агрегированное промежуточное потребление $i = \overline{1, n}$ отрасли (16-я строка табл. 2); валовую добавленную стоимость: $Z(t)$ (20-я строка табл. 2).

Расчет величин промежуточного потребления по всем видам экономической деятельности $x_{ij}(t)$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ произведен на основе процентной структуры межотраслевого баланса по РФ¹ по каждому виду экономической деятельности. Используя эти процентные отношения, рассчитаем по Приморскому краю данные межотраслевого баланса по каждому виду экономической деятельности $x_{ij}(t)$, $i = \overline{1, 15}$, $j = \overline{1, 15}$ и занесем их в таблицу 2.

¹ В 2003 г. был проведен анализ статистических данных по РФ в системе национальных счетов в разрезе основных видов экономической деятельности. Результаты этого анализа были опубликованы в виде таблиц «затраты — выпуск», где рассмотрена структура взаимосвязи агрегированных видов экономической деятельности $\{x_i(t) - y_i(t)\}$, $i = \overline{1, n}$ (по строкам) по каждому виду экономической деятельности $x_{ij}(t)$, $j = \overline{1, n}$ (по столбцам) в процентном отношении [13]. Данную структуру используем при построении модели межотраслевого баланса экономики Приморского края.

В дальнейшем структура межотраслевого баланса по каждому региону может быть рассчитана на основе статистических данных, которые, согласно Распоряжению Правительства РФ о разработке базовых таблиц «затраты — выпуск» за 2011 год и последующие годы [11], и должны быть опубликованы на сайтах региона.

Аналогично выполним расчет: конечного спроса — $y_{ij}(t)$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, 4}$, представленного в 17–21-й графах и добавленной стоимости — $z_{ij}(t)$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ в 17–20-й строках.

2. Цель экономического развития региона направлена улучшение благосостояния населения региона, которое связано с развитием всех отраслей (видов экономической деятельности) и, как следствие, увеличением налогов — доходной части бюджета региона, которая и обеспечивает социальную направленность, отраженную в Конституции РФ.

Это целеполагание определяется увеличением продукции конечного использования (спроса) всех видов деятельности региона при ряде ограничений: воспроизводства всех взаимосвязанных отраслей, отраженных в межотраслевом балансе; ограничений по трудовым ресурсам и мощностям на каждый период планирования (в динамике).

3. Математическая модель экономики региона, включающая межотраслевой баланс и воспроизводственный процесс, определяемый инвестициями, рассматривается в динамике на период $t^0 + \Delta t = t^0, t^0 + 1, \dots, t^0 + T$ лет и является развитием статистической модели [7]. Воспроизводственные процессы в регионе определяются тем, что при каждом просчете на очередной планируемый период $\Delta t \in T$ происходит изменение ряда экономических показателей, определяющих динамику и темпы развития экономики региона. Для создания автоматизированной технологии расчета представим эти показатели (факторы):

— трудовые ресурсы (зависят от демографического состояния региона);

— рост производственных мощностей (изменяется от $X(t^0)$ — отчетных данных за текущий год до $X(t^0 + \Delta t) = KX \times X(t^0)$ на планируемый период, где KX коэффициент прироста производственных мощностей);

— рост конечного использования (спроса) (КС) за планируемый период $Y(t^0 + \Delta t) = \hat{Y}(t^0 + \Delta t) + \bar{Y}(t^0 + \Delta t)$, где $\hat{Y}(t^0 + \Delta t) = \{\hat{y}_j(t^0 + \Delta t), j = \overline{1, n}\}$ — объем продукции КС, полученный за счет прироста инвестиций, $\bar{Y}(t^0 + \Delta t) = \{\bar{y}_j(t^0 + \Delta t), j = \overline{1, n}\}$ — объем продукции КС, полученный за счет основных средств (после износа и восстановления

ния за счет амортизационных отчислений); $\hat{Y}(t^0 + \Delta t) = KY \times \hat{Y}(t^0)$, KY — коэффициент прироста КС за счет инвестиций, $\bar{Y}(t^0 + \Delta t) = (1 - Kizn + Kao) \times \bar{Y}(t^0)$, $Kizn = 0, 1$, $Kao = 0, 1$ — коэффициенты износа и восстановления основных средств за счет амортизационных отчислений и, соответственно, прироста КС.

Целенаправленность развития экономики региона, направленная на улучшение благосостояния населения региона — увеличения продукции конечного спроса, выразим в виде векторной задачи линейного программирования, которая решается в динамике на дискретные промежутки времени:

$$OptF(X, \hat{Y}, \bar{Y}) = \{Y(t) = \{\max y_j(t), j = \overline{1, n}\}, (1)$$

$$\max Y^{val}(t) = \sum_{j=1}^n y_j(t),$$

$$\max X^{val}(t) = \sum_{j=1}^n x_j(t), (2)$$

при ограничениях

$$(I - A)X(t) - V\hat{Y}(t) \geq \bar{Y}(t), (3)$$

$$RX(t) \leq b(t^0 + \Delta t) + \Delta b(t), (4)$$

$$Tz_{\min} \leq R_{trud}X(t) \leq Tz_{\max}, (5)$$

$$X(t^0 + \Delta t) = KX \times X(t^0), \hat{Y}(t^0 + \Delta t) = KY \times \hat{Y}(t^0), \\ \bar{Y}(t^0 + \Delta t) = (1 - K_{izn} + K_{ao}) \times \bar{Y}(t^0), (6)$$

$$X(t^0) \leq X(t) \leq X(t^0 + \Delta t), \hat{Y}(t^0) \leq \hat{Y}(t) \leq \hat{Y}(t^0 + \Delta t),$$

$$\bar{Y}(t^0) \leq \bar{Y}(t) \leq \bar{Y}(t^0 + \Delta t), (7)$$

$$t^0 + \Delta t = t^0, t^0 + 1, \dots, t^0 + T, (8)$$

где $X(t) = \{X(t) = \{x_j(t), j = \overline{1, n}\}'$, $\hat{Y}(t) = \{\hat{y}_j(t), j = \overline{1, n}\}'$, $\bar{Y}(t) = \{\bar{y}_j(t), j = \overline{1, n}\}'$ — вектор неизвестных (управляющих переменных), включающий в себя $X(t)$ — вектор-столбец, определяющий валовые выпуски всех отраслей региона (видов экономической деятельности), $\hat{Y}(t)$ — величина конечного спроса, полученная за счет инвестиций прошлого периода, и $\bar{Y}(t)$ — КС отраслей региона за счет основных фондов на период планирования $t \in T$; $F(X, \hat{Y}, \bar{Y})$ — векторный критерий, имеющий множество $K = n + 2$ критериев, в том числе $Y(t) = \hat{Y}(t) + \bar{Y}(t)$ — вектор критериев максимизации конечного спроса, включающий n видов деятельности в (1), и два системных критерия — суммарного конечного спроса по всем отраслям региона и валового выпуска регионального продукта в (2) соответственно; (3) — межотраслевые балансовые ограничения с учетом инвестиций: модель Леонтьева «затраты — выпуск», в которую включен $V\hat{Y}(t)$ — блок воспроизводства, $\bar{Y}(t)$ — конечное использование продукта отраслей региона без инвестиций на воспроизводство; (4) — ограничения по ресурсам, в том числе (5) — по трудовым ресурсам; (6) — равенства,

определяющие темп прироста производственных мощностей и КС отраслей; (7) — ограничения, накладываемые на производство продукции по производственным мощностям КС отраслей, на соответствующий (8) планируемый период $\Delta t \in T$.

Задача (1)–(8) представляет векторную задачу линейного программирования являющуюся математической моделью развития экономики региона на дискретный (планируемый) период $\Delta t = 0, 1, \dots, T$ с воспроизводством ресурсов в каждом периоде Δt .

Для решения задачи (1)–(8) используется алгоритм, основанный на нормализации критериев и принципе гарантированного результата [6, 7]. Задача (1)–(8) решается в динамике с периодом планирования, как правило, один год, $\Delta t = 0, 1, 2, \dots, T$.

В результате решения получим:

— точку оптимума:

$$\mathbf{X}^0(t) = \{X^0(t) = x_j^0(t), j = \overline{1, n}\},$$

$$\hat{Y}^0(t) = \{\hat{y}_j^0(t), j = \overline{1, n}\}, \bar{Y}^0(t) = \{\bar{y}_j^0(t), j = \overline{1, n}\}, \quad (9)$$

— которая характеризует $X^0(t)$ — валовые выпуски (ресурсы), $\hat{Y}^0(t)$ — величины продукции конечного спроса, полученные за счет инвестиций прошлого периода и $\bar{Y}^0(t)$ — конечный спрос продукции региона по всем отраслям (видам деятельности) на очередной планируемый период времени $t \in T$;

— величины всех экономических показателей отраслей $y_j^0(t) = (\hat{y}_j^0(t) + \bar{y}_j^0(t))$, $j = \overline{1, n}$.

— конечный спрос всех отраслей в относительных единицах, $-\lambda_j(y_j^0(t))$, $j = \overline{1, n}$. Математически относительные оценки $\lambda_j(y_j^0(t))$ представляют нормализованный критерий [6]:

$$\lambda_j(y_j^0(t)) = \frac{y_j^0(t) - y_j^*}{y_j^* - y_j^0}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

где y_j^* — наилучшее решение задачи (1)–(8) по j -му критерию (j -й отрасли), y_j^* , $j = \overline{1, n}$ — величина конечного спроса получена при условии, что j -й отрасли представлены все ресурсы региона, то есть y_j^* , $\forall j \in n$ может служить целью развития каждой отрасли; y_j^0 , $j = \overline{1, n}$ — наихудшее решение задачи (1)–(8) по j -му критерию и представляет отчетные данные конечного спроса j -й отрасли за прошлый период; разность $(y_j^* - y_j^0)$, $j = \overline{1, n}$ характеризует максимальный прирост продукции j -й отрасли; $y_j^0(t)$, $j = \overline{1, n}$ конечный спрос продукции j -й отрасли, полученный в результате решения; разность $(y_j^0(t) - y_j^0)$, $j = \overline{1, n}$ определяет прирост продукции каждой отрасли реги-

она, полученный при условии равнозначности всех отраслей региона; по существу экономически относительные оценки j -й отрасли

$$\lambda_j(y_j^0(t)) = \frac{y_j^0(t) - y_j^*}{y_j^* - y_j^0}, \quad j = \overline{1, n}$$

представляют относительный темп прироста каждой отрасли региона;

— максимальный уровень $\lambda^0(t)$ среди всех минимальных относительных оценок $\lambda_j(X^0(t))$, $j = \overline{1, n}$ в точке оптимума $X^0(t)$:

$$\lambda^0(t) = \max_{X \in S} \lambda(t) = \max_{X \in S} \min_{j \in n} \lambda_j(X(t)), \quad (11)$$

$\lambda^0(t)$ также называется гарантированным результатом в относительных единицах, который гарантирует, что все отрасли, измеренные в относительных единицах, $\lambda_j(y_j^0(t))$ в точке оптимума $\{X^0(t), \hat{Y}^0(t), \bar{Y}^0(t)\}$ равны или больше $\lambda^0(t)$, т. е. $\forall j \in N \lambda_j(y_j^0(t)) \geq \lambda^0(t)$, или

$$\lambda^0(t) \leq \lambda_j(y_j^0(t)) \quad j = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Так как критерии (виды экономической деятельности) независимы [6], то в оптимальной точке $\mathbf{X}^0(t)$ все относительные оценки равны между собой $\lambda^0(t) = \lambda_j(y_j^0(t))$, $j = \overline{1, n}$, для критерия (1), и $\lambda^0(t) \leq \lambda_k(y_k^0(t))$, $k = n+1, n+2$ для критерия (2); заметим, что изменение объема производства любой отрасли $\mathbf{X}^0(t)$ и, соответственно, $Y^0(t)$ приводит к уменьшению максимального уровня $\lambda^0(t)$, то есть точка $X^0(t)$ оптимальна по Парето;

— полученная точка оптимума $\{X^0(t), \hat{Y}^0(t), \bar{Y}^0(t)\}$ дает возможность определить все основные технико-экономические показатели региона, включенные в план:

$$x_{ij}(t) = \sum_{i=1}^N a_{ij} x_i(t), \quad \forall i \in N. \quad (13)$$

Практическая реализация задачи (1)–(8) распадается на два этапа:

— построение численной задачи (1)–(8) — модели региональной экономики;

— решение практической задачи, т. е. формирование последовательности действий, которые представляют методологию моделирования развития региональной экономики.

4. Построение численной модели региональной экономики — векторной задачи линейного программирования (1)–(8) начинается с выбора исходных данных из межотраслевого баланса таблицы 2, и на их основе выполнен расчет информационных коэффициентов межотраслевого баланса и инвестиционной модели региона.

Промежуточное потребление всех видов экономической деятельности: $X_i(t)$, $j = \overline{1, n}$ в системе Matlab представлено матрицей:

$$Balans = \|x_{ij}\|_{i=\overline{1,15}}^{j=\overline{1,23}}. \quad (14)$$

Конечный спрос: $Y(t) = \|y_{ij}\|_{i=\overline{1,15}}^{j=\overline{17,21}}$ тех же видов экономической деятельности и совокупный конечный спрос $Y(t) = \{Y_{ij}(t), i = \overline{1, n}, j = \overline{22}\}$.

Валовая добавленная стоимость (ВДС): $Z(t) = \|z_{ij}\|_{i=\overline{17,19}}^{j=\overline{1,15}}$, $Z(t) = z_{17j}(t) + z_{18j}(t) + z_{19j}(t)$.

Рассчитаем коэффициенты на основе межотраслевого баланса — $Balans$, Y и $Z(t)$:

— матрицу коэффициентов прямых затрат $A = \|a_{ij}\|_{i=\overline{1,15}}^{j=\overline{1,15}}$, где $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_{j=23}} \geq 0, i, j = \overline{1, n}$;

— матрицу конечного потребления $Y = \|y_{ij}\|_{i=\overline{1,15}}^{j=\overline{1,4}}$, где $y_{ij} = \frac{y_{ij}}{Y_{j=22}} \geq 0, i = \overline{1, n}, j = \overline{17, 27}$;

— матрицу ВДС $Z = \|z_{ij}\|_{i=\overline{17,19}}^{j=\overline{1,15}}$, где $z_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_{j=23}} \geq 0, i = \overline{17, 19}, j = \overline{1, n}$, (15)

где X_j — объем производства j -й отрасли; a_{ij} — коэффициент пропорциональности, определяющий прямые затраты; y_{ij} — коэффициент, определяющий j -й вид конечного использования (спроса), z_{ij} — коэффициент ВДС.

Показатели (14), (15) используются при построении численной модели, также для расчетов экономических показателей по результатам решения оптимизационной задачи.

Блок ресурсов включает ограничения по трудовым затратам. Коэффициенты трудовых затрат рассчитываются по отдельным отраслям:

$$t = \left\{ \frac{T_j}{X_j}, j = \overline{1, n} \right\}, \text{ где } T_j \text{ берется из баланса}$$

(занято на производстве, тыс. чел.).

0.0550	0.0235	0.0045	0.0913	0.0106	0.0242	0.0335	0.0020	0.0126	0.0002	0.0005	0.0012	0.0012	0.0024	0.0015
0.0095	0.0523	0.0000	0.1188	0.0084	0.0022	0.0321	0.0008	0.0004	0.0001	0.0013	0.0010	0.0006	0.0006	0.0004
0.0020	0.0001	0.0041	0.0133	0.0155	0.0083	0.0025	0.0000	0.0013	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0005
0.0125	0.0212	0.0100	0.1079	0.0687	0.1566	0.1163	0.0004	0.1088	0.0001	0.0066	0.0066	0.0021	0.0053	0.0019
0.0067	0.0076	0.0074	0.0212	0.0278	0.0518	0.0115	0.0006	0.0264	0.0001	0.0003	0.0033	0.0020	0.0045	0.0028
0.0292	0.0274	0.0129	0.4144	0.2134	0.4798	0.0104	0.0121	0.3232	0.0008	0.1303	0.0985	0.0296	0.0608	0.0048
0.0034	0.0048	0.0025	0.1669	0.0287	0.2042	0.0401	0.0159	0.1800	0.0008	0.0337	0.0338	0.0188	0.0298	0.0067
0.0002	0.0004	0.0003	0.0021	0.0009	0.0022	0.0043	0.0001	0.0014	0.0000	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
0.0224	0.0031	0.0152	0.2510	0.0142	0.5057	0.1609	0.0190	0.2103	0.0020	0.0925	0.0211	0.0039	0.0355	0.0101
0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0003	0.0010	0.0003	0.0001	0.0006	0.0000	0.0003	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001
0.0054	0.0048	0.0042	0.0139	0.0296	0.1091	0.0358	0.0053	0.0678	0.0003	0.0229	0.0063	0.0039	0.0016	0.0007
0.0063	0.0079	0.0065	0.0205	0.0322	0.0821	0.0073	0.0059	0.1235	0.0017	0.0461	0.0208	0.0203	0.0247	0.0052
0.0065	0.0055	0.0077	0.0200	0.0063	0.0096	0.0020	0.0002	0.0466	0.0010	0.0091	0.0257	0.0159	0.0259	0.0063
0.0047	0.0045	0.0027	0.0100	0.0108	0.0460	0.0015	0.0011	0.0240	0.0002	0.0059	0.0140	0.0038	0.0063	0.0015
0.0002	0.0027	0.0017	0.0056	0.0021	0.0117	0.0020	0.0011	0.0015	0.0002	0.0007	0.0009	0.0006	0.0006	0.0003

(18) Матрица V

$t = [2,3333 \ 0,5815 \ 0,8400 \ 1,0119 \ 0,6425 \ 0,4021 \ 1,6875 \ 3,1727 \ 0,6558 \ 16,5289 \ 1,2386 \ 1,4093 \ 3,6873 \ 2,2292 \ 5,0580]$, количество человек на 1 млн продукции отрасли (16).

Блок мощностей включает ограничения по объемам произведенной продукции (отчет) за текущий (t^0) и плановый период ($t^0 + \Delta t$):

$$X_i^{0t}(t^0) \leq X_i \leq X_i^{plan}(t^0 + \Delta t), i = \overline{1, n}, \quad (17)$$

где $X^{0t}(t^0) = \{39125 \ 40324 \ \dots \ 7919\}$ (23-я графа табл. 2), $X^{plan}(t^0 + \Delta t) = X^{0t}(t^0) + 10\% X^{0t}(t^0)$.

Построение инвестиционной модели региона

Инвестиции $I(t) = \{I_j(t), j = \overline{1, n}\}$, вкладываемые в экономику региона, рассчитываются с использованием матрицы норм воспроизводства всех видов деятельности, которая была построена на основе данных о производственных фондах региона (в денежных единицах). За основу взята матрица промежуточного потребления, отнормированная в соответствии с инвестициями, вкладываемыми в основные фонды региона в прошлом периоде и дающие прирост $0,1 \times Y$ КС по каждой отрасли.

Представим матрицу норм воспроизводства фондов по всем видам деятельности

$$V = \{v_j = \{v_{ij}, i = \overline{1, n}\}, j = \overline{1, n}\}, n = 15,$$

где $\forall j \in n \ v_j = \{v_{ij}, i = \overline{1, n}\}$ представляет вектор-столбец норм, определяющих перераспределение инвестиций I_j , вложенных в j -ю отрасль, по n видам деятельности (отраслям), дающих в совокупности прирост выпуска продукции X_j на миллион руб. Матрица V формируется на стадии проектирования.

Выполним проверку в системе Matlab: $Vinv = [(V \times 0,1 \times Y)]$. В результате решения получим:

$V_{inv} = [1406\ 1004\ 261\ 5474\ 1425\ 15272\ 7087\ 98\ 13556\ 31\ 3069\ 3423\ 1094\ 1199\ 256].$

То есть полученная сумма объемов продукции КС за счет инвестиций по всем отраслям равна $0,1 \times Y$ и может использоваться в прогнозе на последующие периоды.

Объем инвестиций $I_j, j = \overline{1, n}$ направлен на восстановление изношенных фондов и создания новых. Объем инвестиций I_j лежит в пределах от минимального восстановления изношенных основных фондов

$$I_j^{\min} = KiznX^{0t}/KiFondov,$$

где $KiFondov$ — коэффициент использования основных фондов увеличенных на величину выделенных инвестиций от фирм, региона, государства $I_j^{inv} = I_j^{inv.f.} + I_j^{inv.reg.} + I_j^{inv.gos.}$:

$$I_j^{\min} \leq I_j \leq I_j^{\min} + I_j^{inv}, j = \overline{1, n}.$$

Объем выделенных инвестиций по каждой отрасли обозначим: $I(t^0 + \Delta t) = [I_1, I_2, \dots, I_{15}].$

Коэффициент «фондоотдачи» — использования основных фондов — равен отношению валового объема j -го вида продукции выпущенной t^0 году в регионе к объему основных фондов: $KiFondov = X_j^{val}(t^0)/\Phi_j(t^0), j = \overline{1, n}.$

Численная модель региональной экономики включает построение критериев (1)–(2) и ограничений (3)–(8). Балансовые уравнения задачи (3) включают три блока:

— матрицу $IA = -(E - A)$, где E — единичная матрица, $A = \{a_{ij}, i, j = \overline{1, n}\}$ из (15):

— матрицу воспроизводства всех видов деятельности задачи V из (18);

— матрицу конечного спроса $E \times \bar{Y}$, где $\bar{Y}(t) = \{\bar{y}_j(t), j = \overline{1, n}\}'$.

Блок ресурсных затрат определяется только трудовыми ресурсами (5), коэффициенты которых $t, j = \overline{1, n}$ рассчитаны в (16). Инвестиции I_j , направленные на восстановление изношенных фондов и создание новых, формируются на основе статистических данных.

В итоге, с учетом целенаправленности региона представим практическую модель экономики региона (Приморского края) в виде векторной задачи линейного программирования в фрагментарном виде:

$$Opt F(X, \hat{Y}, \bar{Y}) = \{\max Y(t^0 + \Delta t) = \{\max y_1(t^0 + \Delta t), \dots, \max y_{15}(t^0 + \Delta t)\}, \quad (20)$$

$$\max Y^{val}(t^0 + \Delta t) \equiv \sum_{j=1}^n y_j(t^0 + \Delta t),$$

$$\max X^{val}(t^0 + \Delta t) \equiv \sum_{j=1}^n x_j(t^0 + \Delta t), \quad (21)$$

$$\begin{aligned} &-0,8666x_1 + 0,0554x_2 + \dots + 0,0068x_{14} + \\ &+ 0,0183x_{15} + 0,055\hat{y}_1 + 0,0235\hat{y}_2 + \dots + \\ &+ 0,0015\hat{y}_{15} + \bar{y}_1 \leq 0, \quad (22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &0,0322x_1 - 0,8280x_2 + \dots + 0,0025x_{14} + \\ &+ 0,0061x_{15} + 0,0095\hat{y}_1 + 0,0523\hat{y}_2 + \dots + \\ &+ 0,0004\hat{y}_{15} + \bar{y}_2 \leq 0, \quad (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\dots \\ &\dots 0,0009x_1 + 0,0114x_2 + \dots + 0,0028x_{14} - \\ &- 0,9931x_{15} + 0,0002\hat{y}_1 + 0,0027\hat{y}_2, + \dots + \\ &+ 0,0003\hat{y}_{15} + \bar{y}_{15} \leq 0, \quad (36) \end{aligned}$$

$$983500 \leq 2,3333x_1 + 0,5815x_2 + 0,84x_3, + \dots + 2,2292x_{14} + 5,058x_{15} \leq 1081850, \quad (37)$$

$$39125 \leq x_1 \leq 43040, 40324 \leq x_2 \leq 44360, \dots, 7919 \leq x_{14} \leq 8710, 7919 \leq x_{15} \leq 8710, \quad (38)$$

$$1410 \geq \hat{y}_1 \geq 1550, 1000 \geq \hat{y}_2 \geq 1100, \dots, 1200 \geq \hat{y}_{14} \geq 1320, 260 \geq \hat{y}_{15} \geq 280, \quad (39)$$

$$12650 \leq \bar{y}_1 \leq 13920, 9030 \leq \bar{y}_2 \leq 9940, \dots, 10790 \leq \bar{y}_{15} \leq 11870, 2300 \leq \bar{y}_{15} \leq 2530, \quad (40)$$

$$X(t^0 + \Delta t) = KX \times X(t^0), \quad (41)$$

$$\hat{Y}(t^0 + \Delta t) = Kin \times \hat{Y}(t^0), \quad (42)$$

$$\bar{Y}(t^0 + \Delta t) = KY \times \bar{Y}(t^0), \quad (43)$$

$$t^0 + \Delta t = t^0, t^0 + 1, \dots, t^0 + T, \quad (44)$$

где векторный критерий (20)–(21) $Y = \{\max Y(t^0 + \Delta t), \max Y^{val}(t^0 + \Delta t), \max X^{val}(t^0 + \Delta t)\}$ включает 17 критериев и соответствует крите-

$IA =$	-0.8666	0.0554	0.0283	0.0625	0.0160	0.0100	0.0247	0.0216	0.0065	0.0105	0.0008	0.0021	0.0053	0.0068	0.0183
	0.0322	-0.8280	0.0001	0.1137	0.0176	0.0012	0.0330	0.0124	0.0003	0.0056	0.0029	0.0024	0.0038	0.0025	0.0061
	0.0135	0.0005	-0.9290	0.0247	0.0634	0.0093	0.0051	0.0013	0.0018	0.0176	0.0004	0.0010	0.0005	0.0003	0.0148
	0.0430	0.0705	0.0890	-0.8956	0.1458	0.0912	0.1209	0.0061	0.0799	0.0133	0.0145	0.0162	0.0133	0.0213	0.0322
	0.0479	0.0532	0.1381	0.0430	-0.8760	0.0633	0.0252	0.0186	0.0407	0.0169	0.0012	0.0173	0.0256	0.0380	0.0982
	0.0313	0.0285	0.0359	0.1253	0.1416	-0.9127	0.0034	0.0593	0.0742	0.0239	0.0898	0.0759	0.0577	0.0759	0.0256
	0.0066	0.0089	0.0128	0.0908	0.0342	0.0669	-0.9765	0.1406	0.0744	0.0428	0.0418	0.0469	0.0658	0.0670	0.0639
	0.0035	0.0059	0.0115	0.0089	0.0088	0.0056	0.0198	-0.9951	0.0047	0.0162	0.0026	0.0013	0.0035	0.0015	0.0155
	0.0196	0.0026	0.0346	0.0622	0.0077	0.0754	0.0428	0.0761	-0.9604	0.0492	0.0522	0.0133	0.0062	0.0363	0.0436
	0.0006	0.0006	0.0010	0.0008	0.0013	0.0012	0.0007	0.0027	0.0009	-0.9923	0.0014	0.0014	0.0017	0.0017	0.0019
	0.0133	0.0115	0.0267	0.0097	0.0452	0.0458	0.0268	0.0598	0.0359	0.0232	-0.9636	0.0112	0.0174	0.0045	0.0083
	0.0078	0.0095	0.0212	0.0073	0.0250	0.0175	0.0028	0.0338	0.0331	0.0569	0.0371	-0.9813	0.0463	0.0360	0.0319
	0.0094	0.0076	0.0287	0.0081	0.0056	0.0023	0.0009	0.0013	0.0144	0.0379	0.0084	0.0266	-0.9584	0.0433	0.0447
	0.0187	0.0177	0.0283	0.0114	0.0268	0.0315	0.0018	0.0202	0.0208	0.0239	0.0152	0.0405	0.0276	-0.9705	0.0304
	0.0009	0.0114	0.0193	0.0068	0.0056	0.0085	0.0026	0.0207	0.0014	0.0225	0.0019	0.0029	0.0046	0.0028	-0.9931

(19) матрица IA

риям (1)–(2); ограничения межотраслевого баланса (22)–(36), в которых вектор переменных $X(t) = \{X(t) = \{x_j(t), j = \overline{1, 15}\}, \hat{Y}(t) = \{\hat{y}_j(t) = x_j(t), j = \overline{16, 30}\}, \bar{Y}(t) = \{\bar{y}_j(t) = x_j(t), j = \overline{31, 45}\}$ имеет размерность равную 45, включают три блока: валовые объемы отраслей, построенные на основе матрицы IA , объемы КС, полученные за счет инвестиций и построенные с помощью матрицы $V = \{v_j = x_j(t), j = \overline{16, 30}\}$ — (18), и объемов конечного использования отраслей $E \times \bar{Y}$; неравенства (22)–(36) соответствуют (3); (37) определяют два ограничения по трудовым ресурсам региона по нижнему и верхнему пределу — используются коэффициенты $t_j, j = \overline{1, n}$ (16) и соответствуют (5); (38) — ограничения по мощностям представляют $X(t^0) \leq X(t) \leq X(t^0 + \Delta t)$, $X(t^0)$ — отчетные данные за 2011 г. (17), $X(t^0 + \Delta t)$ — предполагаемые мощности на период $(t^0 + \Delta t) \in T$; (39) — ограничения по объемам КС, полученных за счет инвестиций $\hat{Y}(t^0) \leq \hat{Y}(t) \leq \hat{Y}(t^0 + \Delta t)$; (40) — ограничения по конечному спросу — $\bar{Y}(t^0) \leq \bar{Y}(t) \leq \bar{Y}(t^0 + \Delta t)$; (41)–(43) — равенства, которые определяют коэффициенты воспроизводства: по мощностям $X(t^0 + \Delta t) = KX \times X(t^0)$, инвестициям $\hat{Y}(t^0 + \Delta t) = Kin \times \hat{Y}(t^0)$ и конечному спросу $\bar{Y}(t^0 + \Delta t) = KY \times \bar{Y}(t^0)$.

Задача (20)–(44) решается в динамике с периодом планирования один год, $\Delta t = 0, 1, \dots, T$, с учетом воспроизводства ресурсов в каждом периоде Δt .

5. Моделирование развития экономики региона осуществляется путем многократного решения векторной задачи (20)–(41) [6]. Для решения векторной задачи (20)–(41) по алгоритму, основанному на нормализации критериев и принципе гарантированного результата, в системе Matlab написана программа с использованием функции *linprog(...)* [3]. В системе Matlab вначале формируются исходные данные задачи (20)–(41):

- критерии: $F = \{f_j^k, k = \overline{1, 17}, j = \overline{1, 45}\}$;
- ограничения, в виде матрицы $a = \{a_{ij}, i = \overline{1, 17}, j = \overline{1, 45}\}$, включающей межотраслевой баланс, и трудовые ресурсы; вектор ограничений $b = \{b_i, i = \overline{1, 32}\}$;
- $Aeq = []$; $beq = []$ [3]; нижняя — bl , и верхняя — bu граница на переменные.

Алгоритм решения представим в виде последовательности шагов [6].

Шаг 1. Решается задача по каждому критерию отдельно. Определяется точки оптимума $\{x_{1\max}, \dots, x_{15\max}\}$ с соответствующими величинами целевых функций $\{f_{1\max}, \dots, f_{15\max}\}$. Например, для 1 критерия:

$$[x_{1\max}, f_{1\max}] = \text{linprog}(F(1, :), a, b, Aeq, beq, bl, bu).$$

Аналогично выполняются расчеты по остальным критериям: $f_{1\max} = 15464, \dots, f_{17\max} = 541090$. Экономический смысл первого шага заключается в том, что каждой отрасли последовательно предоставляются все ресурсы и все мощности регион; полученные оптимальные показатели используем как цели развития этих отраслей.

Шаг 2. Определяются наихудшие значения точек $\{x_{1\min}, \dots, x_{15\min}\}$ с соответствующими величинами целевых функций: $\{f_{1\min}, \dots, f_{15\min}\}$. Например:

$$[x_{1\min}, f_{1\min}] = \text{linprog}(-1 \times F(1, :), a, b, Aeq, beq, bl, bu).$$

Результаты решения: $x_{1\min}, f_{1\min} = 13742$. Аналогично выполняются расчеты по остальным критериям: $f_{1\min} = 14058, \dots, f_{17\min} = 491900$.

Шаг 3. Анализ результатов решения. Для этого определим в точках оптимума $x_k^* = x_{1\max}, \dots, x_{17}^* = x_{17\max}$, значение критериев $f_k(x_k^*(t))$, $k = \overline{1, 17}$ и относительных оценок $\lambda_k(x_k^*(t))$, $k = \overline{1, K}, K = 17$ по каждому критерию:

$$\lambda_k(x_k^*(t)) = \frac{f_k(x_k^*(t)) - f_k^0}{f_k^* - f_k^0}, k = \overline{1, K},$$

где f_k^* — наилучшее, а f_k^0 — наихудшее решение задачи по каждому критерию, полученные на первом, втором шаге соответственно; $d_1 = f_{1\max} - f_{1\min} = 1375, \dots, d_{17} = f_{17\max} - f_{17\min} = 49190$ — отклонение валовых объемов отраслей на допустимом множестве.

Шаг 4. Построение и решение λ -задачи:

$$\lambda^0 = \max \lambda, \tag{45}$$

$$\lambda - \lambda_k(X) \leq 0, k = \overline{1, K}, \tag{46}$$

и ограничения (22)–(44). (47)

λ -задача (45)–(47) — это стандартная задача линейного программирования, решается в системе Matlab и включает в себя подготовку исходных данных и ее решение.

Исходные данные λ -задачи включают в себя: критерий L (размерность 1×46), ограничения представленные матрицей $a0$ $((15 + 15 + 2) \times 46)$ и вектор-столбцом $b0$ $(15 + 15 + 2)$; нижнюю — $b10 = [0, X_{\min}]$ и верхнюю $b10 = [1, X_{\max}]$, границы на переменные $X(t) = \{\lambda, X(t), \hat{Y}(t), \bar{Y}(t)\}$ (размерность 1×46). λ -задача решается динамике на период планирования три года, $\Delta t = t^0 + 1, t^0 + 2, t^0 + 3, t^0 = 2011$ — этот год представлен отчетными данными X_{\min} [10, 12]. Устанавливаются коэффициенты, определяющие развитие экономики региона: прироста трудовых ресурсов — *temp*; валовых объемов отраслей на начало года *KXot*; конечного спроса на начало года *KYot*; валовых объемов отраслей на конец

года KX ; прироста инвестиций $Kinv$; конечного спроса на конец года KY .

6. Решение λ -задачи на три года, формирование основных показателей.

1 год планирования $t = t^0 + 1$. В примере задействованы три коэффициента, которые на $t^0 + 1$ год планирования примут вид: $temp = 1$; $Kinv = 1$; $Lyb = 1$.

$$X_{\max} = [KX \times XinvKinv \times IinvKY \times Y_{\max}]$$

Обращение к функции $linprog(...)$ на первый год планирования выглядит следующим образом: $[X0, L0] = linprog(L, a0, b0, Aeq, beq, bl0, bu0)$.

В результате решения λ -задачи получили:

$\hat{Y}(t) = \{\hat{y}_j(t) = x_j(t), j = \overline{16, 30}\}$, $X^0(t) = X0 = [\lambda(1), X(1) = \{x_j(1), j = \overline{2, 16}\}, \hat{Y}(1) = \{\hat{y}_j(1), j = \overline{17, 31}\}, \bar{Y}(1) = \{\bar{y}_j(1), j = \overline{32, 46}\}]$ (48) — точку оптимума, в которой:

— первая координата определяет $\lambda(1) = 0,5683$ — максимальный относительный уровень;

— вторая группа координат $X(1) = \{41190 42480 15840 146350 66550 243240 135520 9010 192940 1500 63930 57090 22630 35320 8340\}$ — валовые объемы отраслей;

— третья группа координат $\hat{Y}(t) = \{\hat{y}_j(t) = x_j(t), j = \overline{16, 30}\}$, $\bar{Y}(1) = \{1546 1104 287 5474 1567 15272 7795 108 13556 34 3376 3765 1204 1319 281\}$ характеризует объемы КС, которые получены за счет инвестиций;

— четвертая группа координат $\bar{Y}(1) = \{\bar{y}_j(1), j = \overline{32, 46}\}$, $\bar{Y}(1) = \{13310 9500 2470 52380 13490$

146130 67100 930 129710 300 29060 32410 10360 11350 2420\} — определяет объемы конечного использования (спроса) продукции всех выше перечисленных отраслей полученных за счет основных фондов;

$\lambda^0(1) = L0 = 0,5683$ — максимальный нижний уровень (гарантированный результат).

Выполним проверку: $Lambda_Yo = [(f1(X0) - f1min)/d1 (f2(X0) - f2min)/d2 \dots (f15(X0) - f15min)/d15]$. В результате решения получили: $Lambda_Yo = [0,5683 0,5683 \dots 0,5683]$ — этот вектор говорит о том, что в оптимальной точке X^0 темп роста каждой отрасли достигает $\lambda^0 = 0,5683$ от своей установленной величины [6]. Любая попытка изменить в сторону увеличения объема производства приводит к уменьшению производства других отраслей, т. е. точка $X^0(t)$ оптимальна по Парето.

Аналогично проведем расчет λ -задачи (45)–(47) на второй и третий годы планирования $t = t^0 + 2, t^0 + 3$, изменяя следующие коэффициенты $temp = 1,01$; $Kinv = Kinv + 0,1$; $Lyb = Lyb + 0,2$.

Основные экономические показатели развития экономики региона (Приморского края) — результаты прогноза (расчета) на второй, третий плановый период $t = t^0 + 2, t^0 + 3$ сведены в последовательность таблиц.

1. Суммарные показатели по Приморскому краю: валовой выпуск, конечное использование (спрос), представлены в таблице 3.

Таблица 3

Прогноз валового объема продукции и КС по отраслям региона на три года (млн руб.)

Номер отрасли	Прогноз валового объема, млн руб.				Прогноз конечного спроса, млн руб.			
	Базовый год 2011	2012 год	2013 год	2014 год	Базовый год 2011	2012 год	2013 год	2014 год
1	39125	41200	41300	41500	14060	14860	14950	15050
2	40324	42500	42700	42900	10040	10610	10670	10740
3	15029	15800	15900	16000	2610	2760	2780	2800
4	138530	146400	147200	148200	54740	57850	58200	58600
5	63163	66500	66800	67200	14250	15060	15150	15250
6	230145	243200	244700	246400	152730	161400	162370	163500
7	128920	135500	135900	136500	70870	74890	75340	75860
8	8549	9000	9000	9100	980	1040	1040	1050
9	182475	192900	194100	195500	135560	143260	144120	145120
10	1424	1500	1500	1500	310	330	330	330
11	60788	63900	64100	64400	30690	32440	32630	32860
12	54346	57100	57200	57500	34230	36180	36390	36650
13	21525	22600	22700	22800	10940	11560	11630	11710
14	33565	35300	35500	35600	11990	12670	12750	12830
15	7919	8300	8400	8400	2560	2700	2720	2740
Итого	1025827	1081900	1087200	1093600	546550	577610	581060	585100

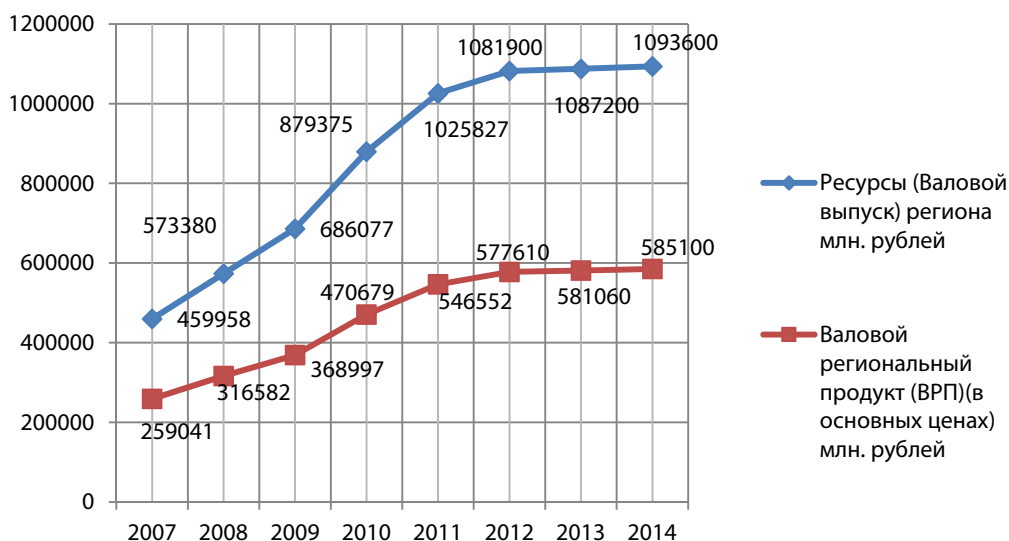


Рис. 2. Основные экономические показатели развития экономики региона

Суммарный валовой выпуск (млн руб.), суммарные объемы отраслей КС:

$$YinX0 = \hat{y}_{j-15}(t) + \bar{y}_j(t), j = \overline{32, 46},$$

которые получены как за счет инвестиций, так и за счет основных фондов (x_{31}, \dots, x_{46}), при указанных темпах прироста ($temp, Kinv$) представлены на рисунке 2 и отражены в таблице 1.

2. Затраты ресурсов при таком выпуске отраслей определены как $Rtrud = -A0(31, :) \times X0 = 1036000$ — количество человек, необходимое для реализации взятых обязательств по всем отраслям региона, при этом необходим прирост ресурсов равный $dr1 = b0(31) - Rtrud = 52529$ чел.

3. Темп роста продукции конечного спроса по каждой отрасли. В системе Matlab темп роста вида продукции на первый — третий год определяется вектором:

$$\begin{aligned} Rost_Vid(1) &= [YinX0(1)/f1minYinX0(2)/f2min \dots \\ &YinX0(15)/f15min] = [1,0568 \dots 1,0568], \\ Rost_Vid(2) &= [1,0631 \dots 1,0631], \\ Rost_Vid(3) &= [1,0705 \dots 1,0705]. \end{aligned}$$

4. Оплата труда основных производственных рабочих по каждому виду продукции (отраслям) и по региону в целом рассчитывается на основе полученных объемов производства всех видов продукции $X^0 = \{X_j, j = \overline{1, n}\}$ с использованием (15) — коэффициентов матрицы валовой добавленной стоимости. По региону в целом (нижняя строка аналогично таблице 3) $Trud_Zp(0,1,2,3) = [314650 \ 331780 \ 333350 \ 335260]$.

5. Другие чистые налоги производства по каждой отрасли (в т. ч. на федеральный, региональный и муниципальный уровни) и региону рассчитываются с использованием коэффи-

циентов матрицы ВДС: $Nalog(0,1,2,3) = [66663 \ 70285 \ 70613 \ 71013]$. Эти налоговые отчисления определяют поступления в доходную часть бюджета и являются стартовой точкой для расчета бюджета региона.

6. Валовая прибыль экономики и валовой смешанный доход рассчитывается с использованием коэффициентов ВДС (15): $Valsmeshdoh_Nalog(0,1,2,3) = [165240 \ 174180 \ 174970 \ 175940]$. Эти прибыли фирм могут (и должны) использоваться для восстановления изношенного оборудования и инвестициями развития отрасли.

7. Валовая добавленная стоимость в регионе представляет в совокупности все вышеперечисленные денежные средства (сумма 4-й, 5-й, 6-й позиций): $VDS(0,1,2,3) = [5465500 \ 5762400 \ 5789300 \ 5822100]$ в совокупности представляет валовой региональный продукт (ВРП), разделенный по соответствующим отраслям.

Аналогично могут быть рассчитаны и другие показатели развития экономики региона, основные из них представлены на рисунке 1 и в таблице 1 — блок «Моделирование». В дальнейшем коэффициенты могут пересчитываться и служить основой для расчета на четвертый и последующие годы планирования.

Таким образом, математическая модель формирования развития региональной экономики дает возможность подсчитать валовые объемы и оптимальный темп роста экономики региона (прогноз) на планируемый период времени (в частном случае трехлетний) с учетом, во-первых, межотраслевого баланса, во-вторых, инвестиций вкладываемых в каждую отрасль региона, в-третьих, ресурсных возможностей региона и его производственных мощностей. В целом результаты модели-

рования служат основой для различного вида финансовых задач и, прежде всего, для формирования бюджета региона. В целом методология моделирования может использоваться

для государственного регулирования развития экономики каждого региона РФ, как, впрочем, и государства в целом.

Список источников

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации. — М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2010. — 216 с.
2. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики. — М.: ГУВШЭ, 2000. — 495 с.
3. Кетков Ю. Л., Кетков А. Ю., Шульч М. М. MATLAB 6x. Программирование численных методов. — СПб.: БХВ — Петербург, 2004. — 672 с.
4. Леонтьев В. В. Исследование структуры американской экономики. — М.: Госстатиздат, 1958. — 360 с.
5. Машунин Ю. К. Региональная экономика и управление. Лекции, практика : учеб. пособие. — Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2009. — 308 с.
6. Машунин Ю. К. Теория управления. Математический аппарат управления экономикой. — М.: Логос, 2013. — 448 с.
7. Машунин Ю. К., Машунин И. А. Моделирование развития и организация управления экономикой региона в рыночных условиях // Региональная экономика. Теория и практика. — 2010. — № 7. — С. 2-9.
8. Модернизация экономики России. Кардинальное улучшение инвестиционного климата. Экономический доклад Общероссийской общественной организации «Деловая Россия» // Вопросы экономики. — 2010. — № 10. — С. 68-89.
9. Оценка вариантов прогнозирования развития регионов / В. П. Чичканов, Ю. С. Дульциков, С. В. Раевский, А. Б. Ярлыкапов // Экономика региона — 2013. — № 2. — С. 164-168.
10. Приморский край. Социально-экономические показатели. Статистический ежегодник. — Владивосток, Приморскстат, 2013. — 357 с.
11. Распоряжение от 14 февраля 2009 г. № 201-р Правительства Российской Федерации ... о разработке базовых таблицы «затраты — выпуск» за 2011 год. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/zatr-vip/zatr_vip.html.
12. Региональная статистика: учебник / Под ред. Е. В. Заровой, Г. И. Чудилина. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 624 с.
13. Таблицы «затраты — выпуск». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.infostat.ru/ru/catalog.html?page = info&id = 314>

Информация об авторах

Машунин Юрий Константинович (Владивосток, Россия) — доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Государственное и муниципальное управление», Дальневосточный федеральный университет (690090, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: mashunin@mail.ru).

Машунин Иван Александрович (Владивосток, Россия) — соискатель кафедры «Экономика и управление на предприятии», Дальневосточный федеральный университет (690090, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: mashunin_ia@primorsky.ru).

Yu. K. Mashunin, I. A. Mashunin

Forecasting the development of regional economy on the basis of input — output tables

The article presents a practical technology of forecasting the development of the regional economy, including the statement of the problem, the construction of a mathematical model, and its implementation. At the constructing of a model, the standard statistical data for the previous period (2011), built on the basis of the table “input — output” are used. A unit of output of final demand, resulting from investments is added. As a result, a model of the regional economy made in the form of a vector mathematical programming problem that takes into account the investment processes in a region is obtained. Its purpose is to maximize the production of final demand in a region (all industries in a region) within the constraints of the input-output balance, investments, resource costs and capacities. For solving linear programming problems of vector, methods, based on the principle of normalization criteria and guaranteed result are used. Vector dynamics problem is solved in a specified number of years. The factors taking into account the rate of growth: gross volumes (resources), final demand, investment in every sector of the region are introduced. Numerical implementation of the prediction is shown in the test case economic modeling of Primorsky Krai, including fifteen branches of a three-year period in accordance with the requirements of the Budget Code. Results of the solution include the major economic indicators for a region: gross, gross regional product (GRP), investments (including broken by industry), as well as payroll taxes and other. All these economic indicators are the basis for the formation of budget revenues in a region.

Keywords: forecasting, economy of region, statistics, table of input — output, investment, vector optimization

References

1. Byudzhethnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii [The budgetary code of the Russian Federation] (2010). Moscow, TKVelbi, Publishing house the Prospectus, 216.
2. Granberg A. G. (2000). Osnovy regionalnoy ekonomiki [The basis of regional economy], Moscow, GUVSHE [The National research university “Higher school of economics”], 495.
3. Ketkov Yu. L., Ketkov A. Yu., Shulch M. M. (2004) MATLAB 6x. Programmirovaniye chislennykh metodov [MATLAB 6x: programming extensive use of remote methods], St. Petersburg, BHV Publ, 672.

4. Leontyev V. V. (1958) Issledovanie struktury amerikansoy ekonomiki [Research of structure of the American economy]. Moscow, Gosstatizdat, 360.
5. Mashunin Yu. K. (2009). Regionalnaya ekonomika i upravlenie. Lektzii, praltika: ucheb posobie [Regional Economics and management (lectures and practice): textbook].
6. Mashunin Yu. K. (2013). Teoriya upravleniya. Matematicheskoy apparat upravlenie ekonomikoy [Management theory. The mathematical apparatus of management of the economy.]. Moscow, Logos, 448.
7. Mashunin Yu. K, Mashunin I. A. (2010). Modelirovanie razvitiya i organizatsiya upravleniya ekonomikoy v rynochnykh usloviyakh [Simulation of the development and organization of management of regional economy in market conditions]. Regionalnaya ekonomika. Teoriya i praktika [Regional Economics: theory and practice.], 7, 2-9.
8. Modernizatsiya ekonomiki Rossii. Kardinalnoye uluchshenie investitsionnogo klimata. Ekonomicheskiy doklad Obshcherossiyskoy obshchestvennoy organizatsii «Delovaya Rossiya» [Modernization of Russian economy: radical improvement of investment climate (the Economic report of all-Russia public organization “Business Russia”)]. (2010). Voprosy ekonomiki [Questions of economy], 10, 68-89.
9. Chichkanov V. P., Dulshchik Yu. S., Rayevsky S. V., Yarlykapov A. B. (2013). Otsenka variantov prognozirovaniya razvitiya regionov [Assessment of the forecasting options of the region's development]. Ekonomika regiona [Economy of region], 2, 164-168.
10. Primorskiy kray. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. Statisticheskiy ezhegodnik [Primorsky Krai. Socio-economic indicators: Statistical Yearbook]. Vladivostok, Primoskstat, 357.
11. Rasporyazhenie ot 14 fevralya 2009 g. N 201-r Pravitelstvo Rossiyskoy Federatsii ... o razrabotke bazovykh tablitsy «zatraty — vypusk» za 2011 god [Order of February 14, 2009, N 201-R of the Government of the Russian Federation on the development of basic input — output table for 2011]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/zatr-vip/zatr_vip.html.
12. Zarov Ye. V. (Ed.), Chudilina G. I. (Ed.) (2006). Regionalnaya statistika: uchebnik [Regional statistics: textbook]. Moscow, Finansy i statistika [Finance and statistics], 624.
13. Tablitsy «zatraty — vypusk» [The tables “costs — output”]. Available at: <http://www.infostat.ru/ru/catalog.html?page=info&id=314>

Information about the authors

Mashunin Yuri Konstantinovich (Vladivostok, Russia) — Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department “State and Municipal Management”, Far Eastern Federal University (8S, Sukhanova st., Vladivostok, 690090, Russia, e-mail: mashunin@mail.ru).

Mashunin Ivan Aleksandrovich (Vladivostok, Russia) — PhD Candidate of the Department “State and Municipal Management”, Far Eastern Federal University (8S, Sukhanova st., Vladivostok, 690090, Russia, e-mail: mashunin_ia@primorsky.ru).