

УДК 519.86

**МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ
СОЦИАЛЬНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ**

А.И. Фетинина

На основе анализа социальных различий общества Кировской области выделено шесть страт, взаимодействие которых обеспечивает полное описание экономической сферы региона. Создана математическая модель, учитывающая социально-экономические предпочтения общества. Для идентификации модели удобно использовать параллельные вычисления. По идентифицированной модели сделаны первые прогнозы поведения и реакции каждой из страт и определены общие тенденции развития.

Ключевые слова: социальная стратификация, динамическая модель, развивающаяся экономика, идентификация, параллельные вычисления, валовой региональный продукт, прогноз.

Введение

Настоящая работа находится на стыке двух различных научных дисциплин: 1) математического моделирования социальных и экономических процессов; 2) параллельных алгоритмов. Связь этих дисциплин проявляется в процессе идентификации параметров модели, а также при построении модели, структура которой облегчает процесс идентификации. Исследование методов построения и идентификации моделей экономических систем, учитывающих социальную стратификацию, начатое в [1], развивается здесь в направлении математического моделирования региональной экономики переходного периода.

Имеющаяся литература по упомянутым научным дисциплинам обширна, ограничимся только упоминанием работ, оказавших влияние на исследование. Теория региональной экономики и ее основные понятия представлены в [2]. О проблемах моделирования экономики переходного периода говорится в монографии [3], где дано описание модели региональной экономики, основанной на системном анализе развивающейся экономики. Модели региональной экономики, основанные на описании динамики материальных и финансовых балансов, представлены в [4–5]. Социальная стратификация современного российского общества и ее динамика обсуждаются в [6]. Ключевые проблемы параллельных вычислений, включая методы параллельного программирования для кластерных суперкомпьютеров, представлены в [7].

Построенная в работе математическая модель региональной экономики, как и модель [1], основана непосредственно на учете социальной стратификации, однако здесь, в отличие от [1], страты связываются с отраслями региональной экономики. Такое дополнение модели привело к сокращению числа страт до шести. Связывание страт с отраслями экономики полезно отчасти потому, что позволяет более точно и по отдельности идентифицировать экономические параметры каждой из выделенных страт.

Верхний слой включает реально правящий слой, к которому относятся элитные и субэлитные группы, занимающие наиболее важные позиции в системе государственного управления, в экономических и силовых структурах. Средний слой сегодня целесообразно рассматривать как протослой, из которого в будущем сформируется полноценный средний слой в западном понимании этого термина. В него входят такие социальные группы, как мелкие предприниматели, менеджеры средних и небольших предприятий, среднее звено бюрократии, старшие офицеры, наиболее квалифицированные и дееспособные специалисты и рабочие. Базовый социальный слой охватывает более двух третей российского общества. Его представители обладают средним профессионально-квалификационным потенциалом и относительно ограниченным трудовым потенциалом. Нижний слой замыкает основную, социализированную часть общества. Отличительными чертами его представителей являются низкий деятельный потенциал и неспособность адаптироваться к жестким социально-экономическим условиям переходного периода.

Использование параллельных вычислений позволяет за приемлемое время оценить параметры математических моделей сложных социально-экономических систем. Количество параметров, не имеющих статистических аналогов, в описываемой модели очень высоко, что обуславливает необходимость применения высокопроизводительных вычислений. В работе на базе статистики Кировской области решается задача определения параметров новой региональной модели, описывающей взаимодействие экономических, социальных и демографических процессов на основе социальной стратификации.

Постановка задачи

Модель региональной экономики строится на основе выделения социальных страт, связанных с определенными секторами региональной экономики. Предполагается, что каждая страта производит добавленную стоимость в соответствующем секторе экономики, а взаимодействие страт и секторов экономики сводится в модели к перераспределению добавленной стоимости.

В экономике Кировской области выделим ведущие секторы:

- отрасль сферы управления;
- промышленность (в том числе химическая и биохимическая, а также информационные технологии);
- отрасли торговли, связи, транспорта и сервиса, включая финансовые;
- образовательная сфера (в нее объединены три сферы – наука, культура и образование);
- отрасль сельского хозяйства;
- теневая экономика.

Этим секторам соответствуют следующие страты:

1. властные структуры области, элита (элитные группы в управлении, политике, экономике (крупные предприниматели, СЕО, олигархи), силовых структурах), менеджеры (предприниматели, управляющие среднего звена, старшие офицеры, высококвалифицированные специалисты, новые русские);
2. глобалисты (участники глобальных международных рынков, программисты, off-shore работники, которые легко перемещаются по странам мира), работники массовых профессий (офисные служащие, работники добывающих и перерабатывающих предприятий);
3. работники торговли и сервиса (персонал торговли и общественного питания, финансового и страхового сервиса);
4. интеллигенция – работники науки, образования, медицины и культуры;
5. работники натуральных хозяйств (сельскохозяйственные работники, кустари, самозанятые), неработающие пенсионеры, безработные, беженцы;
6. социальное дно (преступники, пьяницы, наркоманы, бродяги, бомжи и прочий андеграунд).

Между описанными социальными стратами и секторами экономики существует движение материальных и финансовых потоков. При идентификации модели вначале оцениваются параметры каждой страты-сектора отдельно друг от друга. Естественная декомпозиция модели по стратам позволяет снизить время расчета параметров до приемлемого уровня.

Математическая модель

Дадим математическое описание образования добавленной стоимости внутри каждой страты по схеме [1] с учетом специфики региональной модели, в частности, количества страт и их специализации. Для простоты предполагаем, что инфляция описывается заданным извне региона дефлятором валового регионального продукта $p(t)$, а все остальные макропоказатели фиксированного года t описываем после дефлирования на этот единый в модели индекс цен.

Стоимость $y_i(t)$, добавленная в году t к региональному валовому продукту стратой i ($i = 1, \dots, 6$), определяется численностью занятых в экономике людей страты $L_i^E(t)$ и их производительностью труда $u_i(t)$ – нормой выхода добавленной стоимости на единицу живого труда:

$$y_i(t) = u_i(t)L_i^E(t).$$

Производительность труда $u_i(t)$ в страте i зависит от среднего оборотного капитала $k_i(t)$ в ней и среднего уровня образования $o_i(t)$ [1]:

$$u_i(t) = u_i(k_i(t), o_i(t)). \tag{1}$$

Численность занятых в экономике людей $L_i^E(t)$ страты i определяется ее человеческим потенциалом – численностью людей трудоспособного возраста $L_i^T(t)$, принадлежащим данной страте:

$$L_i^E(t) = v_i(t)L_i^T(t), \quad L_i^T(t) = \sum_{a=18}^{65} l_i(t, a).$$

Здесь $v_i(t) \in (0, 1)$ – доля трудоспособных лиц, занятых в экономике, а $l_i(t, a)$ – численность населения возраста a в i -ой страте.

Пусть q_i – доля теневых доходов в i -ой страте; n_i – уровень налогообложения в ней (налогообложение доходов разных страт различно в силу принятой в России регрессионной шкалы); m_i – уровень собираемости штрафов за уклонение от налогов. Тогда $q_i y_i(t)$ – теневые доходы; $(1 - q_i)y_i(t)$ – легальные доходы; $n_i(1 - q_i)y_i(t)$ – налоговые отчисления, а $m_i q_i y_i(t)$ – штрафные санкции с i -ой страты. Налоговые отчисления и штрафные санкции поступают в консолидированный бюджет региона, образуя доходы бюджета, которыми распоряжается элита – страта 1. Элита формирует расходы бюджета, осуществляя трансферты во все страты. Доходы консолидированного бюджета $D(t)$ и его расходы $R(t)$ определяются соотношениями

$$D(t) = \sum_{i=1}^6 (n_i - (n_i - m_i)q_i)y_i(t), \quad R(t) = \sum_{i=1}^6 b_i D(t),$$

где b_i – доля доходов бюджета, идущая страте i . Заметим, что $\sum_{i=1}^6 b_i = 1$ в редком случае сбалансированно-го консолидированного регионального бюджета.

Для замыкания модели формирования доходов страт будем считать, что коррупционные доходы $C_1(t)$ части элиты пропорциональны числу чиновников, определяемых числом занятых в экономике лиц первой страты $L_1^E(t)$, а коррупционные расходы других страт ограничены их теневыми доходами:

$$C_1(t) = r_1(t)L_1^E(t) + \sum_{i=2}^6 \min(r_i(t)L_1^E(t), (1-m_i)q_i y_i),$$

где $r_i(t)$ – норма прибыли на одного занятого в экономике члена первого слоя, включая взятки, для страты i . Теперь можно определить реальные располагаемые доходы страт $d_i(t)$ после налогообложения, штрафных санкций и бюджетных трансфертов:

$$d_1(t) = C_1(t) - r_1(t)L_1^E(t) + b_1 D(t) + (1-n_1 + (n_1 - m_1)q_1)y_1(t),$$

$$d_i(t) = b_i D(t) + (1-n_i + (n_i - m_i)q_i)y_i(t), \quad (i = 2, \dots, 6).$$

Средние доходы страт $\delta_i(t) = d_i(t)/L_i(t)$ определяют не только их положение в обществе, но также их демографические показатели [1] и показатели $k_i(t)$, $o_i(t)$ производительности труда (1). Последние представлены здесь соотношениями

$$k_i(t) = \kappa_i \delta_i(t), \quad o_i(t) = \rho_i \sum_{a=0}^{A_i} \delta_i(t-a),$$

где κ_i, ρ_i – положительные константы; A_i – средний возраст обучения в данной i -й страте. При этом в качестве функции (1) возьмем производственную функцию леонтьевского типа: $u_i(k_i(t), o_i(t)) = \min(k_i(t), o_i(t))$.

Динамику населения в каждой страте описываем подобно [1]. В каждый момент времени t численность населения страты i , имеющей возраст a , определяется ее численностью в предыдущий момент времени и силой смертности $\mu_i(t, a)$:

$$l_i(t, a) = (1 - \mu_i(t, a))l_i(t-1, a-1).$$

Зависимость силы смертности от социальных и биологических параметров будем описывать по формуле, подобной формуле Гомперца–Мейкема:

$$\mu_i(t, a) = \min(1, \sigma_i(t) + \eta \exp(\gamma a)),$$

где положительные параметры η, γ описывают биологическую, а $\sigma_i(t)$ – социальную составляющую смертности. Социальная составляющая смертности зависит от страты и уровня ее текущих доходов. Если уровень доходов превысит некий минимальный уровень δ_i^0 , то социальная составляющая смертности начинает снижаться. Опишем здесь эту зависимость функцией [1]

$$\sigma_i(t) = \xi_i \exp\left(-\lambda_i \left(\delta_i(t) - \delta_i^0\right)_+\right),$$

где ξ_i – максимальный уровень социальной смертности. Здесь и далее используется обозначение $x_+ = \max(0, x)$. Это означает, что социальная составляющая силы смертности падает только тогда, когда этот уровень превысит заданную величину δ_i^0 .

Численность новорожденных в страте i определяется коэффициентами рождаемости, которые также зависят от уровня доходов. Здесь для простоты описания эту зависимость представим с помощью коэффициента рождаемости и численности населения в детородном возрасте:

$$l_i(t, 0) = \beta_i(t) \sum_{a=15}^{50} l_i(t, a),$$

где функция рождаемости зависит от текущего среднего дохода и некоторого уровня дохода δ_i^1 ,

$$\beta_i(t) = \chi_i \exp\left(\theta_i \left(\delta_i(t) - \delta_i^1\right)_+\right).$$

Перемещение населения между стратами, связанное с получением образования, в модели пока не учитываем, т.е. рассматриваем крайнюю ситуацию полностью закрытых «социальных лифтов».

На основании полученных данных по имеющимся материально-сервисным и соответствующим им финансовым потокам определяем валовой региональный продукт (ВРП) Кировской области как сумму первоначальных доходов отдельных ее отраслей-страт, исключив при этом добавленную стоимость по рыночным коллективным услугам (оборона, государственное управление):

$$Y(t) = \sum_{i=1}^6 y_i(t).$$

В качестве задачи исследования выделим определение параметров модели и реального ВРП области, включающего не только официальные статистические данные, но и теневой доход каждой сферы.

Результаты идентификации модели

Параметры каждой страты определены косвенным образом при сравнении результатов расчета по модели с данными региональной статистики на 2000–2009 г.г. по выпускам секторов и ВРП. Близость статистических $X(t)$ и расчетных $Y(t)$ данных сравнивалась по критерию неравенства Тейла для временных рядов с 2000 г. по 2009 г.:

$$T = \sqrt{\frac{\sum_t (X(t) - Y(t))^2}{\sum_t (X^2(t) + Y^2(t))}}.$$

Необходимо было идентифицировать 108 параметров модели: 48 экономических – $v_i, r_i, q_i, b_i, k_i, \rho_i, n_i, m_i$ ($i = 1, \dots, 6$), 54 демографических – $\eta, \gamma, \xi_i, \lambda_i, \delta_i^0, \beta_i(t), \chi_i, \theta_i, \delta_i^1$ ($i = 1, \dots, 6$), а также 6 параметров, определяющих долю каждой страты в численности населения. Оценка значений параметров проводилась на базе экспертных общероссийских оценок [1] путем декомпозиции по стратам. При переборе вариантов значений параметров на заданных интервалах их изменений применялись параллельные вычисления.

Полученные значения демографических параметров таковы: $\xi = 0,013$; $\lambda = 0,015$; $\eta = 0,00002$; $\gamma = 0,1$; $\delta_i^0 = \delta_i^1 = \delta_i$; $\chi = 0,015$; $\beta = 0,1$; $\theta_1 = 0,001$; $\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = 0,01$; $\theta_6 = 0,02$; $\delta_1 = 300$; $\delta_2 = 80$; $\delta_3 = 60$; $\delta_4 = 40$; $\delta_5 = 30$.

- Полученные значения экономических параметров приводятся для $i=1, \dots, 6$:
- штрафные санкции $m_i = 0$,
 - уровень налогообложения $n_i = 0,22$.
 - доли населения по стратам от суммарного $\alpha = (0,03; 0,15; 0,2; 0,25; 0,27; 0,1)$.
 - доли теневых доходов по стратам $q = (0,8; 0,5; 0,5; 0,2; 0,3; 0,8)$.
 - показатель влияния образования на доход $\rho = (9,0; 1,5; 0,5; 5,0; 0,5; 0,4)$. При оценке использованы экспертные показатели числа лет обучения $A = (20; 17; 15; 17; 10; 7)$, доли занятых в экономике $v = (0,6; 0,6; 0,6; 0,6; 0,6; 0,3)$, бюджетные трансферты $b = (0,3; 0,05; 0,05; 0,3; 0,28; 0,02)$.
 - параметры коррумпированности $r = (0,3; 0,05; 0,05; 0,3; 0,28; 0,02)$.
 - коэффициент оборотного капитала в доходах страт $k = (0,7; 1,1; 1,12; 0,98; 1,14; 0,94)$.

Коэффициент несовпадения Тейла для ВРП статистического и расчетного составил 0,0383, что говорит о достаточно высокой степени совпадения временных рядов.

Полученные оценки параметров можно использовать в дальнейшей работе, например, изучая взаимодействие страт.

Заключение

В работе идентифицирована модель региональной экономики Кировской области, построенная на основе социальной стратификации с учетом связи страт и секторов экономики. Удалось достичь хорошего совпадения модели с реальными статистическими данными. Идентифицированная модель может использоваться для оценки различных сценариев развития региональной экономики, включая оценку того, кто и как прореагирует на сценарий модернизации, а также оценку динамики неравенства.

Использование суперкомпьютера ВятГУ позволило получить более точную оценку параметров и, как следствие, более реалистичные оценки динамики макропоказателей экономики. Уточнение значений параметров будет сделано при учете переходов между стратами. При этом планируется использовать методы глобальной оптимизации, разрабатываемые в Вычислительном центре им. А.А. Дородницына РАН и в Нижегородском государственном университете.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 10-01-90723-моб_ст, 11-01-90724-моб_ст, 11-07-97017-р_поволжье_a). Автор благодарит научного руководителя Н.Н. Оленева за помощь в работе.

Литература

1. Оленев Н.Н. Параллельные вычисления в моделировании российской экономики с учетом социальной стратификации // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ-2010): Труды межд. науч. конф. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – С. 276–286.
2. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. – М.: ГУ ВШЭ, 2006. – 496 с.
3. Автухович Э.В., Гуриев С.М., Оленев Н.Н., Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А., Чуканов С.В. Математическая модель экономики переходного периода. – М.: ВЦ РАН, 1999. – 143 с.