

Моделирование показателей национальной экономики в условиях влияния фактора инновационного развития¹.

Перлов М.С.,

асп. кафедры ИТАС

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

email: perlov@prognoz.ru.

Научный руководитель: д.э.н., проф. Файзрахманов Р.А.

Научный консультант д.э.н., проф. Долгова Е.В.

Perlov Maksim, post-graduate of Information Technologies and Automated Systems department of State national research polytechnic university of Perm, email:

perlov@prognoz.ru.

Scientific adviser: Doctor of Economic, Professor Fayzrakhmanov Rustam

Scientific assistant: Doctor of Economic, Professor Dolgova Elena

Аннотация: Рассмотрены вопросы прогнозирования показателей национальной экономики с учетом фактора инновационного развития на примере Республики Казахстан на основе теории общего экономического равновесия и базовой модели CGE-KZ. В статье приведена модель CGE-KZ-M с учетом фактора научно-технического прогресса. Изложены методы учета данного фактора, а также показан механизм его учета в модели. Используются статистические материалы, опубликованные в открытой печати, а также полученные при выполнении проектных работ.

Annotation: This article is about the problem of social-economic forecasting with factor of innovation development on the example of the Republic of Kazakhstan using the theory of Computable General Equilibrium (CGE) and base model CGE-KZ-M. In this article the GCE-KZ-M Model (with factor of scientific and technological progress) is described. The article presents different ways to consider the factor of scientific and technological progress.

Ключевые слова: социально-экономическое прогнозирование, макро модель, теория общего экономического развития, научно-технический прогресс, инновационное развитие, производственные функции, Республика Казахстан.

Key words: social-economical forecasting, macromodel, Computable General Equilibrium (CGE), scientific and technological progress, innovation development, production functions, Republic of Kazakhstan.

Введение

В условиях современной рыночной экономики задача прогнозирования является одним из важнейших инструментов при принятии управленческих решений на различных уровнях экономической системы (предприятие, регион, государство). Именно этот инструмент позволяет вовремя отвечать на вызовы современной рыночной экономики. В конечном счете, качественные прогнозы дают конкурентное преимущество субъекту, владеющему этой информацией.

Задача социально-экономического макро прогнозирования приобретает особую важность в связи с ценой ошибки на этом уровне. Неточные или даже неверные прогнозы могут послужить стимулом для принятия неэффективных мер государственного регулирования в сфере налоговой, таможенной, бюджетной и т.д. политик, что, в конечном счете, повлияет на благополучие тысяч-миллионов людей.

Основная часть

Проблема разработки математической модели для прогнозирования макро-экономических показателей рассмотрим на статистических данных Республики Казахстан. Согласно государственной программе форсированного индустриально-инновационного развития (ПФИИР) [4], рассчитанной на 2010-2014 годы, руководство Республики Казахстан (РК) планирует совершить качественный скачок в развитии экономики Республики. Ключевой задачей

программы является перевод экономики Казахстана на рельсы инновационного развития. Одними из целей этой программы является повышение ВВП на 50%, развитие несырьевых отраслей, снижение энергоемкости ВВП, внедрение новых технологий в производство и т.д. Другими словами, в результате реализации программы в Казахстане должны произойти глобальные структурные изменения в экономике.

Внедрение инноваций, новых технологий в производство позволяет повысить объем производства при тех же объемах капитальных и трудовых ресурсов. В случае должного финансирования науки и инновационной отрасли, фактор научно-технического прогресса будет оказывать значимое влияние на объем ВВП. Одной из задач ПФИИР является инновационное развитие Республики: согласно данной программе финансирование научно-исследовательских работ будет существенно увеличено и доведено до среднемировых значений. Таким образом, в связи с утверждением госпрограммы о форсированном индустриально-инновационном развитии, значимость и влияние фактора инновационного развития на экономику Казахстана значительно возрастает. А потому, вслед за такими масштабными изменениями в экономике должны произойти соответствующие изменения в методах планирования и прогнозирования, используемых при бюджетном планировании РК.

Согласно официальному пресс-релизу[11] для разработки прогноза социально-экономического развития РК в МЭРТ РК используются следующие инструменты прогнозирования:

1. модель прогнозирования ВВП производственным методом,
2. модель общего равновесия (CGEM),
3. модель межотраслевого баланса,

При этом модели 2 и 3 являются проверочными для результатов, полученных с помощью модели 1.

Согласно представленной в [10] информации модель прогнозирования ВВП базируется на отраслевых прогнозах профильных министерств. Очевидно, что профильные министерства знают целевые показатели ПФИИР в части

«своих» отраслей, поэтому их прогнозы учитывают фактор инновационного развития.

Детальное описание моделей 2 и 3 представлено в [3]. Согласно этому описанию модели не учитывают фактор инновационного развития РК, или другими словами фактор научно-технического прогресса (НТП).

Целью данной работы является разработка уточненных моделей и методов бюджетного планирования, а также среднесрочного и долгосрочного прогнозирования социально-экономического развития национальной экономики РК.

Для достижения поставленной цели сформулированы нами следующие задачи:

1. Провести анализ подходов к социально-экономическому моделированию и прогнозированию
2. Разработать модель социально-экономического развития РК с учетом принятия ПФИИР;
3. Провести верификацию модели;
4. Провести сценарные расчёты.

Результаты проведенного анализа согласно первой задаче представлены в таблице 1.

Таблица 1- Сравнительный анализ методов социально-экономического моделирования и прогнозирования.

Метод	Область применения	Преимущества	Недостатки
Эконометрика	Построение любых прогнозных социально-экономических моделей, выявление взаимосвязей внутри рассматриваемой системы.	1) Обширный математический аппарат; 2) Относительная простота использования. 3) Поддержка множеством программных продуктов; 4) Возможность применения к разным экономическим системам.	1) В основе методов лежит экстраполяция, то есть эконометрические методы просто перекладывают ретроспективные тенденции и(или) зависимости на будущие периоды. Для учета возможных структурных изменений можно использовать адаптивные методы, но этот аппарат не является универсальным. 2) Необходимость "длинных" ретроспективных рядов.
Нормативно-балансовые методы (например, метод «затраты-выпуск» Леонтьева)	Поиск баланса в тех экономических системах, для которых известны нормативы (например нормативы потребления того или иного товара)	1) Простота использования и вычислений. 2) Регламентированность этих моделей.	1) За основу берутся предположения о том, что структура экономики (нормативы) не изменится на прогнозном периоде, а также о линейности связей в экономике. 2) Нормативные методы практически не применимы в условиях рыночной экономики.
Нечеткая логика	Используется для моделирования сложных многопараметрических систем, когда невозможно или очень сложно построить (вычислить) формальную математическую модель	1) Оперирование понятными человеку терминами (много, очень много, дорого, дешево); 2) Простота вычисления в сравнении с аналогичными формализованными математическими моделями. Отсюда и скорость вычисления.	1) Методологические сложности при формировании таблицы правил; 2) Ограниченность набором правил; 3) При преобразованиях четкой величины в нечеткую и обратно теряется точность, поэтому модель дает не точные результаты, а диапазоны возможных значений.
Экспертные системы	Используются для качественного решения задач (например, для определения принадлежности исследуемого объекта тому или иному заранее определенному классу)	1) Возможность интеграции знаний нескольких экспертов; 2) Небольшое время вычисления, так как нет необходимости для расчета сложных математических формул.	1) Необходимость большого числа обучающих примеров; 2) Применимость лишь к ограниченному кругу задач.

Метод	Область применения	Преимущества	Недостатки
Нейронные сети	Хорошо подходит для решения неформализованных, не поддающихся алгоритмизации задач, для предварительного анализа данных	1) С помощью нейросетей можно описать любую, в том числе слабоформализованную систему; 2) Существуют такие алгоритмы настройки сетей, при которых ретроспективные данные не нужны вовсе; 3) Позволяются работать с зашумленными данными.	1) Процесс создания сети - сложная задача, занимающая много времени.
Имитационное моделирование	Используются для итерационных, поддающихся алгоритмизации процессов	Простота вычислений и наглядность. Нет необходимости в сложных формулах, вместо этого используются естественные закономерности предметной области	1) Сложность создания моделей; 2) Точность модели слабоуправляема.
ОЭР	Позволяют решать широкий круг социально-экономических задач связанных с поиском баланса в рассматриваемой системе. Но, в отличие от нормативно-балансовых методов.	1) Комплексный подход к экономике; 2) Позволяет искать одновременное равновесие на всех рассматриваемых в модели взаимосвязанных рынках при том, что каждый экономический агент стремится решить свою целевую задачу (например, минимизировать издержки или максимизировать полезность).	1) Сложность численного разрешения модели; 2) Сложность калибровки модели в виду того, что не все необходимые для модели данные можно найти в официальной статистике.

Как показал анализ, для социально-экономического прогнозирования наиболее подходящей является методология общего экономического равновесия,

позволяющая создавать комплексные, нелинейные модели с теоретическим обоснованием нелинейных связей.

Одним из крупнейших ученых с области CGE моделирования является академик Макаров В.Л., под руководством которого разработана модель общего экономического равновесия RUSEC[2]. Модель детально описывает экономику РФ, включает в себя 12 экономических агентов, действующих на 11 товарных рынках, в том числе и теневой сектор экономики. Но она не учитывает фактор инновационного развития национальной экономики. В тоже время существует модель, позволяющая учитывать фактор инновационного развития – вычислимая модель знаний[6]. В эту модель включен специальный экономический агент – инновационный сектор, генерирующий новые технологии. Кроме того, фактор инновационного развития учитывается в модели через сектор образования и науки, который в свою очередь оказывает образовательные услуги и генерирует новые знания. Отличительной особенностью модели является тот факт, что уровень инновации, или другими словами фактор научно-технического прогресса (фактор НТП) являются эндогенными, то есть рассчитываемыми внутри модели. Однако, недостатком этой модели является отсутствие детализации в реальном секторе вследствие чего внутреннее производство, импорт, экспорт не содержат детализации по отраслям реального сектора.

Среди зарубежных моделей можно выделить норвежскую модель MSG6[9]. Данная модель, как и вычислимая модель знаний Макарова, учитывает фактор инновационного развития через инновационный сектор экономики. Реальный сектор экономики в MSG6 представлен в разрезе 16 отраслей. Рассматриваемая модель содержит специфичную статистику которая не ведется для Казахстана, например количество патентов в разрезе отраслей, поэтому ее адаптация для экономики Казахстана не представляется возможной.

Среди моделей общего экономического равновесия, моделирующих экономику Казахстана, выделяется модель CGE-KZ[3] разработанная профессором Байзаковым С.Б. Именно эта модель используется в Министерстве экономи-

ческого развития и торговли РК[11]. Модель учитывает специфику Казах-
станской экономики, содержит детализацию отраслей реального сектора, а,
следовательно, потребление, производство, импорт и экспорт представлены в
товарном разрезе. Однако, данная модель не учитывает фактор инновацион-
ного развития.

Таким образом, для решения поставленной задачи краткосрочного и долго-
срочного прогнозирования социально-экономического развития Республики
Казахстан в условиях форсированного инновационного развития можно вы-
брать один из двух вариантов: создать новую модель или взять за основу од-
ну из существующих и адаптировать ее под решаемые задачи. В результате
сравнительного анализа реализованных моделей CGE автором выбран второй
вариант. При этом принято решение, в качестве прототипа использовать мо-
дель CGE-KZ. Данная модель адаптирована под казахстанскую экономику,
содержит детализацию реального сектора, которая позволит отдельно рас-
сматривать сырьевую и несырьевую отрасли экономики. Однако, модель не
учитывает фактор инновационного развития (фактор НТП).

Существует два класса методов учета фактора НТП в экономических моде-
лях: эндогенный и экзогенный. Ключевое отличие заключается в том, что в
одном случае уровень НТП считается внутри модели, в другом – он является
входным для модели. Во втором случае отдельно должна быть решена задача
количественной оценки значения данного фактора. Общая схема добавления
эндогенного фактора НТП представлена на рисунке 1.

Основное достоинство эндогенного подхода заключается в возможности уче-
та обратных связей между инновационным сектором и остальными сектора-
ми экономики. Недостатком является сложность калибровки модели в виду
нехватки официальных данных по инновационной продукции, количестве
патентов в разрезе отраслей реального сектора.

Поэтому выбран метод экзогенного учета фактора НТП (рисунок 2).

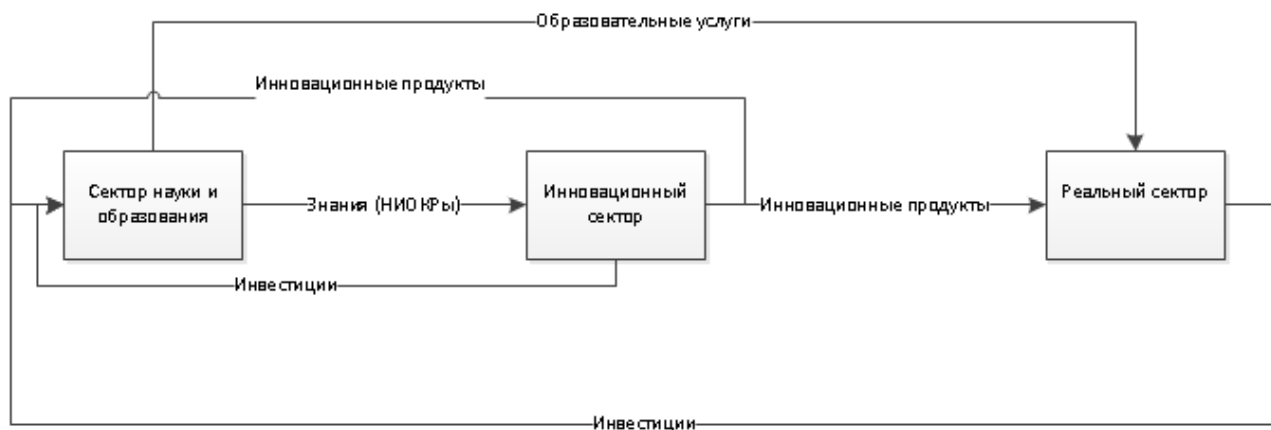


Рисунок 1 – общая схема добавления эндогенного фактора НТП

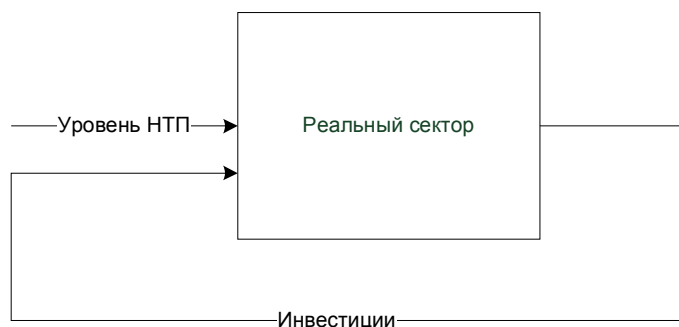


Рисунок 2 – общая схема добавления экзогенного фактора НТП

Представим производственную функцию в виде (1)

$$Q = F(e^{\beta t}, Res_1, \dots, Res_i), \quad (1)$$

где $F()$ - некоторая функция;

Q – объем выпуска;

$e^{\beta t}$ - фактор НТП;

t - порядковый номер периода;

β - уровень НТП;

Res_i - спрос на ресурс производства i .

Можно выделить два метода учета фактора НТП: направленный на сбережение одного из ресурсов производства (2) и, направленный на повышение объема выпуска в целом (3)

$$Q = F(Res_1, e^{\beta t} * Res_k, \dots, Res_i), \quad (2)$$

где Res_k - сберегаемый с помощью фактора научно-технического прогресса ресурс производства.

$$Q = e^{\beta t} * F(Res_1, \dots, Res_i), \text{ где} \quad (3)$$

В контексте моделей общего экономического равновесия на основе производственных функций получим функции спроса на ресурсы производства. Для этого сформулируем оптимизационные задачи вида:

$$\begin{cases} Q = F(e^{\beta t}, Res_1, \dots, Res_i) \\ \sum_{i=1}^n P_i * Res_i - > \min \end{cases}, \quad (4)$$

где P_i - цена i-ого ресурса производства,

n- количество факторов производства.

Экономический смысл выражения (4) состоит в минимизации издержек производителя при ограничении на выпуск продукции.

В модели CGE-KZ в качестве производственной функции использована функция Кобба-Дугласа [7]:

$$Q = A * \left(\prod_{i=1}^n Res_i^{\alpha_i} \right), \quad (5)$$

где A – коэффициент масштабирования;

α_i - коэффициенты эластичности.

В случае ресурсосберегающего типа фактора НТП функция (5) примет вид:

$$Q = A * \left(\left(\prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n Res_i^{\alpha_i} \right) * e^{\beta t} * Res_j^{\alpha_j} \right), \quad (6)$$

где Res_j - фактор, на сбережение которого направлен НТП.

Тогда задача (4) принимает следующий вид:

$$\begin{cases} Q = A * \left(\prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \text{Re } s_i^{\alpha_i} \right) * e^{\beta t} * \text{Re } s_j^{\alpha_j} \\ \sum_{i=1}^n P_i * \text{Re } s_i - > \min \end{cases} \quad (7)$$

Задача (7) относится к классу задач условной оптимизации и может быть решена с помощью метода множителей Лагранжа[5]. В результате ее решения функции спроса на ресурсы производства принимают вид:

$$\text{Re } s_i = \left[A^{-1} * e^{\beta * t * \alpha_j} * Q * \prod_{e=1}^r \left(\frac{P_e}{\alpha_e} \right)^{\beta_e} \right]^{\frac{1}{\sum_{e=1}^r \alpha_e^j}} \frac{\alpha_i}{P_i} \quad (8)$$

При использовании второго типа фактора НТП функция (5) примет вид:

$$Q = A * e^{\beta t} * \left(\prod_{i=1}^n \text{Re } s_i^{\alpha_i} \right) \quad (9)$$

Тогда задача (4) примет вид:

$$\begin{cases} Q = A * e^{\beta t} * \left(\prod_{i=1}^n \text{Re } s_i^{\alpha_i} \right) \\ \sum_{i=1}^n P_i * \text{Re } s_i - > \min \end{cases} \quad (10)$$

В результате решения задачи (10) получены функции спроса на ресурсы производства в виде:

$$\text{Re } s_i = \left[A^{-1} * e^{\beta * t} * Q * \prod_{e=1}^r \left(\frac{P_e}{\alpha_e} \right)^{\beta_e} \right]^{\frac{1}{\sum_{e=1}^r \alpha_e^j}} \frac{\alpha_i}{P_i} \quad (11)$$

Полученные функции спроса(8) и (11) в процессе вычисления модели общего экономического равновесия будут уравниваться с функцией предложения ресурсов производства [8], [10]. В модели CGE-KZ используются двухфакторные производственные функции, зависящие от факторов труда и капитала. В отношении фактора НТП было выдвинуто 3 гипотезы: фактор НТП направлен на повышения объема производства, фактор НТП направлен на сбережение труда, фактор НТП направлен на сбережение капитала. Для определения доминирующей гипотезы нами была проанализирована стратегия развития Республики Казахстан, изложенная в [4] и сделан вывод о намерении равномерного развитие технологий производства на территории РК, направленного на повышение производства в целом, а не на сбережение фактора производства. Для подтверждения этой гипотезы были рассчитаны коэффициенты эластичности выпуска по труду и капиталу за период 2004-2010 (см. рисунок3).

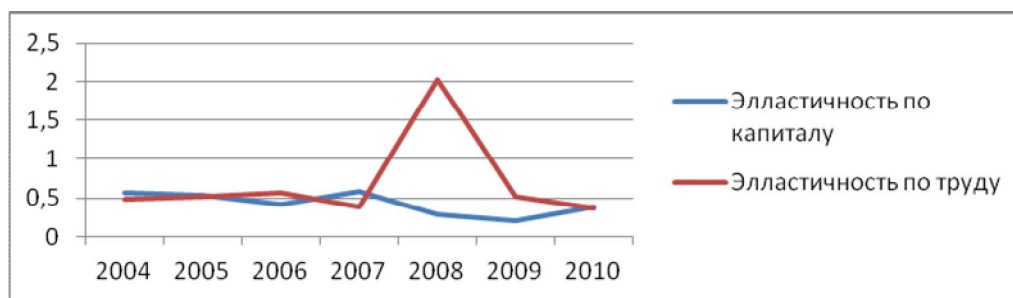


Рисунок 3 – эластичность выпуска по труду и капиталу

Данные за период с 2004 по 2007 годы говорят о том, что коэффициенты эластичности практически не менялись. В 2008-2009 годах наблюдается резкое изменение коэффициентов эластичности. Однако, в 2010 году коэффициенты возвращаются на прежнюю траекторию. На основании этого факта можно сделать вывод о том, что скачкообразное изменение коэффициентов эластичности в 2008-2009 гг связано с влиянием мирового финансово-экономического кризиса и не относится к исследуемому процессу научно-технического прогресса. Таким образом, на основе значений

коэффициентов эластичности подтверждена гипотеза о типе НТП, направленном на повышение объемов производства.

Для оценки уровня научно-технического прогресса в Республике Казахстан двухфакторная функция Кобба-Дугласа, используемая в модели CGE-KZ (12) была линеаризована с помощью логарифмирования.

$$Q = A * e^{\beta t} * L^{\alpha_1} * K^{\alpha_2}, \quad (12)$$

где Q – объем ВВП;

A – масштабирующий коэффициент, подлежащий оценке;

β – коэффициент НТП, подлежащий оценке;

L – Объем использования трудовых ресурсов;

K – Объем использования капитала;

α_1, α_2 – коэффициенты эластичности выпуска по факторам производства, подлежащие оценке;

t – порядковый номер периода (1, 2, 3, ..., i).

В результате логарифмирования получена линейная функция:

$$\ln(Q) = \ln(A) + \beta * t + \alpha_1 * \ln(L) + \alpha_2 * \ln(K). \quad (13)$$

Для оценки параметров функции (13) использовался МНК [1] на основе данных из сайта Агентства по статистике Республики Казахстан www.stat.kz.

Использованы временные ряды показателей ВВП, оплаты труда, потребления основного капитала, а также дефляторы для этих показателей.

Корреляционный анализ показал наличие мультиколлинеарности в уравнении. Поэтому применен модифицированный МНК, так называемая ридж регрессия [1]. Оценка параметров уравнения с использованием математического аппарата ридж регрессии проводилась в пакете Statistica 8.0. В результате процедуры идентификации уравнения, проводимой на основе ретроспективных данных на периоде 2003-2011, получена оценка коэффициента научно-технического прогресса (β), равная 0,037. Для проведения идентификации

уравнения были использованы следующие данные, взятые с официального сайта www.stat.kz:

Q – Валовой внутренний продукт, млн. тенге, в ценах 2003 года. Для расчета использовались показатели «валовой внутренний продукт в текущих ценах» и «индекс физического объема ВВП»;

L – Затраты на оплату труда, млн. тенге, в ценах 2003 года. Для расчета использовались показатели «оплата труда в текущих ценах» и «индекс потребительских цен»;

K – Потребление основного капитала. Для расчета использовались показатели «Потребление основного капитала в текущих ценах», «Инвестиции в основной капитал», «Индекс физического объема инвестиций в основной капитал».

На основе полученного значения уровня НТП согласно формулам (9)-(11) была составлена модифицированная модель CGE-KZ-M. На данных 2009 года была проведена верификация модели, результаты которой представлены в таблице 2.

Таблица 2 – результаты верификации модели CGE-KZ-M на основе данных 2009 года

	Без учета НТП	С учетом НТП
Точность	0,85	0,92

Сценарные прогнозы, полученные с помощью модели CGE-KZ-M, представлены на рисунках 4-7.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 13.G25.31.0093) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства»

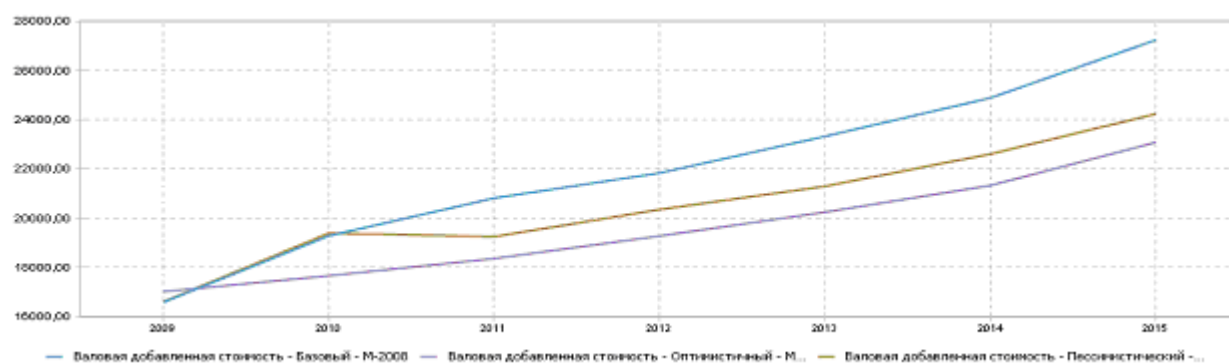


Рисунок 4 – прогноз валовой добавленной стоимости

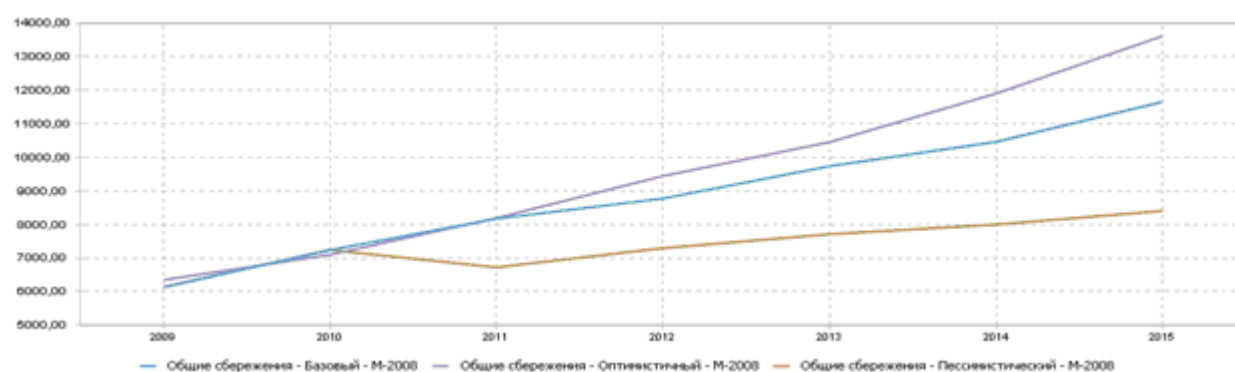


Рисунок 5 – прогноз объема сбережений

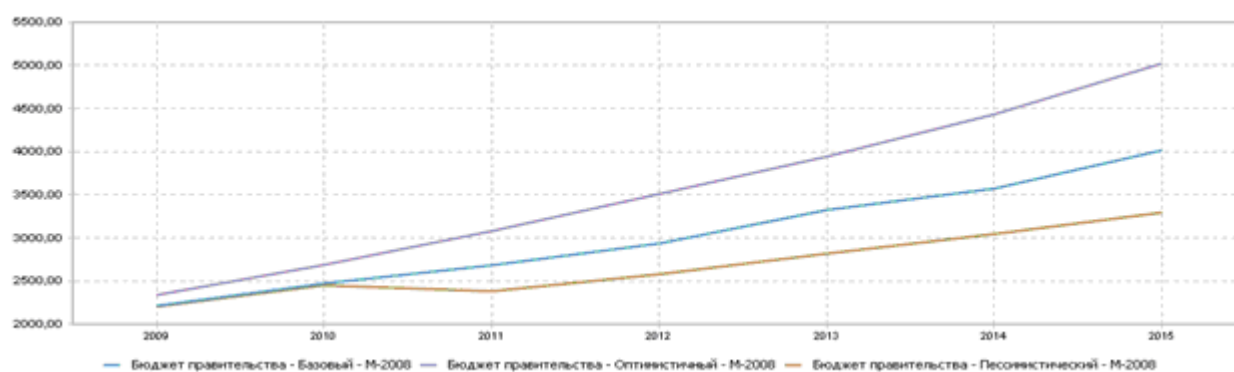


Рисунок 6 – прогноз объема бюджета

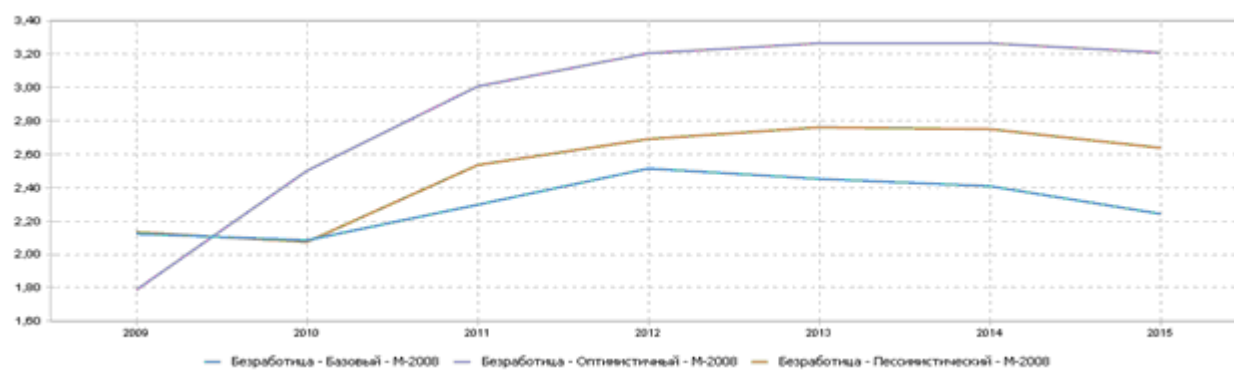


Рисунок 7 – прогноз уровня безработицы

Список литературы

1. Айвазян С.А. Основы эконометрики, том 2. М.: 2001.
2. Бахтизин А. Вычислимая модель «Россия: Центр – Федеральные округа». М.: ЦЭМИ РАН, 2003.
3. Байзаков С.Б., Казахстанский опыт: антикризисная модель управления экономикой. Альтернативы экономического роста: инновационное и эволюционное развитие российской экономики, материалы III Научных чтений профессоров-экономистов и докторантов. Екатеринбург, 2–4 февраля 2010 г., Часть 1, стр. 1-11.
4. Государственная программа форсированного индустриально-инновационного развития РК. URL: <http://egov.kz> (дата обращения: 01.03.2012).
5. Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике. М.: Дело и сервис, 1990.
6. Макаров В.Л., Бахтизин А. Р., Бахтизина Н. В.. Вычислимая модель экономики знаний. Экономика и математические методы, 2009, том 45б №1б с. 70-82.
7. Макаров В.Л. Формирование экономики знаний: концепции и проблемы // Гл. 1 в книге Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З.Мильнера. - М.: ИНФРА-М, 2009. С. 11-26.
8. Перлов М. С., Шульц Д.Н. Моделирование общего экономического равновесия с использованием передовых информационных технологий. Материалы VII всероссийской научно-практической конференции с международным участием, ч. 1 с. 91-94.
9. A CGE model of induced technological change: A detailed model description, Statistics Norway, DOC 2006/11, Brita Bye, Tom-Reiel Heggedal.
10. A standard computable general equilibrium model in GAMS, International food policy research institute, Hans Lofgren, Rebecca Lee Harris, Sherman Robinson
11. URL: <http://www.minplan.kz/economyabout/8404/30871/> (дата обращения: 02.12.2011)