

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННО-СИМУЛЯТИВНОЙ МЕТОДОЛОГИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ

МИХАИЛ ГЕННАДИЕВИЧ БИЧ (ORCID 0000-0001-9380-8364)¹,
СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ РЫТИКОВ (ORCID 0000-0002-0159-6278)¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Аннотация. Мировой экономический кризис 2008 года, оказавший шоковое воздействие и резко замедливший рост мировых экономик, активизировал исследования в области геополитического и социально-экономического прогнозирования. За прошедшие десять лет были предложены новые методологии долгосрочного социально-экономического моделирования и прогнозирования. Однако сложность числовых оценок параметров моделей не позволяет их использовать при аналитическом моделировании. Наиболее простым и в тоже время эффективным инструментом аналитического моделирования является применение эволюционно-симулятивной методологии, разработанный отечественными учёными Г.В.Россом и В.Е.Лихтенштейном. Авторы статьи предлагают подход, позволяющий применять модели мировой динамики совместно с эволюционно-симулятивной методологией.

Ключевые слова: Эволюционно-симуляционная методология, моделирование и прогнозирование мировой динамики, долгосрочное экономическое развитие, глобальный экономический кризис.

За последние двадцать лет наблюдается новый подъем активности в области анализа, математического моделирования и прогнозирования глобальной и региональной динамики. Активизация связана как с глобальными кризисами последнего времени (1997 г. – азиатский кризис, 2000 г. – «крах доткомов», 2007 г. – глобальный финансовый кризис и др.), так и с экологическими, энергетическими и демографическими вызовами. Основные объекты прогнозирования – экология, демография, экономика, научно-технический прогресс (НТП) и качество жизни; ключевые параметры – численность населения, доступные ресурсы и уровень технологий. Типичные показатели прогнозирования: валовой внутренний

Abstract. The global economic crisis of 2008 has had a paralyzing effect on the world economic growth. It reinforced research on the geopolitical and socio-economic forecasting. The new methodologies of long-term socio-economic simulating and forecasting were proposed over the last ten years. However, the complexity of estimated model parameters against them being used for analytical modelling. Simple and so efficient tool to analytical modelling at the same time is the use of The Evolutionary-Simulation Methodology (ESM), developed by domestic scientists – G.V.Ross and V.E.Lichtenstein. The suggested by authors of article approach makes it possible to apply world dynamics modelling with ESM.

Keywords: The Evolutionary-Simulation Methodology, Modelling and Forecasting World Dynamics, Long-term Economic Development, The global economic crisis.

продукт (ВВП); численность населения и трудовых ресурсов; инвестиции в основной капитал; производительность труда и др. Горизонт прогнозирования может достигать тридцати или пятидесяти лет.

В исследовании [7] выделены следующие ведущие направления в долгосрочном прогнозировании. *Экстраполяционный метод.* В основе – предположение: прогнозируемый процесс обладает тенденцией к естественному продолжению тренда в прошлые периоды. Область применения – кратко- и среднесрочное прогнозирование. *Метод экспертных оценок.* Основан на использовании оценок экспертов в той или иной предметной области. Область применения – краткосрочное, среднесроч-

ное и долгосрочное прогнозирование. Для достижения наиболее полного согласия экспертного сообщества применяются методы Дельфи или Форсайт. *Интегральное макропрогнозирование* на основе синтеза теории Н.Д.Кондратьева и межотраслевого баланса В.В.Леонтьева. Методология разработана Ю.В. Яковцом [3]. *Сценарный метод*. Применяется при долгосрочных прогнозах в отсутствие необходимых данных. Рассматриваются три сценария: оптимистичный, пессимистичный и наиболее вероятный. *Методы математического моделирования*. Помимо получения собственно прогноза позволяет решать задачу программирования – управления развитием согласно сценарию, полученному при прогнозировании. Сложные модели разрабатываются научно-исследовательскими коллективами и консультационно-аналитические центрами (например, прогнозы корпораций «Pricewaterhouse Coopers» – «Мир в 2050 году» [8], и «Goldman Sachs» – «Мечтая вместе со странами БРИК: путь в 2050 год», [9]). В качестве базовой экономики для сопоставлений обычно принимают экономику США. Опираются на неоклассическую модель долгосрочного экономического роста Солоу, основанную на производственной функции Кобба–Дугласа:

$$Y(t) = A(t)K^\alpha(t)L^{1-\alpha}(t),$$

где $Y(t)$ – текущий объем выпуска национальной продукции (ВВП); $K(t)$ – текущий объем физического капитала; $L(t)$ – численность занятых в экономике (труд); $A(t)$ – технический прогресс (уровень развития технологий).

По мнению [7], новые динамические макромоделли должны строиться с учетом совместного действия равновесного долгосрочного роста и циклических колебаний вокруг него, определяемых соотношением спроса и предложения.

При проведении прогнозных расчетов экономического роста и развития обычно рассматривают *совокупную производи-*

тельность факторов (СПФ) (Солоу называет СПФ «технический прогрессом»). Рост СПФ способствует повышению уровня и качества жизни в стране. Среди существующих на сегодня моделей для расчета СПФ наиболее эффективной и многообещающей является так называемая НИОКР-модель. Акаевым и др. в работах [1, 2, 5] предложена усовершенствованная НИОКР-модель, учитывающая наряду с численностью работников, занятых в сфере НИОКР и в целом по экономике, ассигнования на одного работника сферы НИОКР и квалификации рабочей силы в экономике.

В условиях недостаточности информации возникает необходимость применения специальных методов оценки ожидаемого объема выпуска национальной продукции и, прежде всего, метода аналитического моделирования.

Достоинство метода аналитического моделирования в том, что данный метод требует минимума затрат, позволяет проводить исследование оперативно, является достаточно гибким: не составляет большого труда изменить состав факторов, содержание модели и применить любые способы оценки факторов.

Основная трудность, связанная с применением метода аналитического моделирования, состоит в том, что рассчитанная на основе используемой модели прогнозная оценка объема выпуска национальной продукции (плана) – как числовая характеристика в математических моделях экономического роста – может иметь неприемлемо большую погрешность, иногда превышающую саму оценку. Это объясняется тем, что значения факторов модели могут быть оценены лишь приближенно (на основе мнений экспертов), а допущенные при этом погрешности в оценках факторов многократно увеличиваются в процессе расчетов искомого плана по формулам используемой оптимизационной модели.

Эволюционно-симулятивный метод (ЭСМ) позволяет за счет оптимизации снижать неопределенность на один-два по-

рядка. Это принципиально меняет ситуацию, делает теоретическую экономику эффективным инструментом практического бизнеса.

Рассмотрим пример оценки обобщенной экспоненциальной модели роста (модели Анчишкина [5]):

$$Y = Y_0 e^{qt}$$

где Y_0 – начальное значение объема выпуска национальной продукции,

q – показатель роста,

t – время.

Эволюционно-симулятивная модель объема выпуска национальной продукции на основе обобщенной экспоненциальной модели роста содержит:

$$\bar{f} = q;$$

$$\bar{p} = Y_0, t;$$

$$Fa = IM_0(\bar{f}, \bar{p}) = Y_0 e^{qt};$$

$$R_1 = IM_1(PL, Fa, \bar{f}, \bar{p}) = PL - Fa;$$

$$R_2 = IM_2(PL, Fa, \bar{f}, \bar{p}) = Fa - PL;$$

где q – фактор – случайная величина, котрым задают интервальные значения.

Y_0, t – показатели – условно-постоянные величины.

IM_0 – имитационная модель, рассчитывающая значения объема выпуска национальной продукции.

IM_1 и IM_2 – имитационные модели расчёта издержек (в предложенной модели издержки завышений и занижения плана равноценны).

Используем пакет «Equilibrium» в среде R для расчёта равновесного значения величины выпуска продукции [4]. Выполним загрузку пакета и определим эволюционно-симулятивную модель. В состав модели входит: фактор q ; для показателя Y , t ; функции расчёта завышение/занижения $UZav$ и $UZan$; функции расчёта издержек завышение и занижения $IZav$ и $IZan$:

```
library(esm)
model.Anchishkin <- setClass("Anchishkin", prototype = prototype(
  factors = list (#Случайные величины
    q=esm.factor(min=0.1, max=3, name="Показатель роста", dimension = "ед."),
  indicators = list(#Условно постоянные величины
    Y=esm.indicator(value=1, name="Начальный объем выпуска национальной
продукции", dimension = "млрд.$"),
    t=esm.indicator(value=1, name="Время", dimension = "год")),
  UZav = function (df){ df["Y"]*exp(df["q"]*df["t"])},
  UZan = function (df){ df["Y"]*exp(df["q"]*df["t"])},
  IZav = function (df){ (df["PL"]-df["Fa1"])},
  IZan = function (df){ (df["Fa2"]-df["PL"])},
  name = "Anchishkin"), contains = "Model")
```

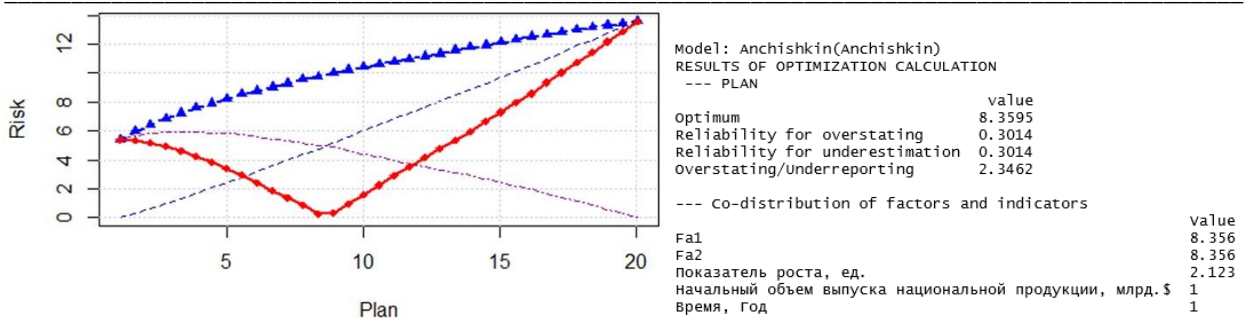


Рис. 1 График и равновесные значения рисков / Graph and equilibrium values of risks

Источник / Source: составлено авторами

Результат расчёта равновесного значения величины выпуска продукции и график рисков (см. рис. 1) содержит плановое значение объема производства 8.3595 млрд.\$, при котором достигается минимальная разница рисков завышения и занижение.

Эволюционно-симулятивная модель снизила неопределённость до интервала от 6 до 13 млрд.\$ (интервал в котором разница рисков меньше обоих рисков).

Дальнейшее использование ЭСМ может включать прогнозно-сценарный анализ влияния изменений значений различных факторов и показателей (и их комбинаций) на выпуска национальной продукции.

Использование ЭСМ с динамическими макромоделями не только позволяет получать прогнозы, но и учитывая различные риски в сценариях социально-экономическим развития, решать задачу управления.

Список источников

1. Акаев А. А., Ануфриев И. Е., Акаева Б. А. Математическое моделирование мирового развития. Демография, экономика, энергетика, технологии. Проекты и риски будущего. М.: КРАСАНД, 2011. С. 278-311.
2. Акаев А.А. От эпохи великой дивергенции к эпохе великой конвергенции: Математическое моделирование и прогнозирование долгосрочного технологического и экономического развития мировой динамики. М.: ЛЕНАНД, 2015.
3. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия-2050: стратегия инновационного прорыва. М.: Экономика, 2005.
4. Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Равновесные случайные процессы: теория, практика, инфобизнес. М.: Финансы и статистика, 2015.
5. Мировая динамика: Закономерности, тенденции, перспективы / Отв. ред. А.А.Акаев, А.В.Коротаев, С.Ю.Малков. М.: КРАСАНД, 2014.
6. Основы математического моделирования социально-экономических процессов. Практикум. Ч. 2 = Fundamentals of mathematical modelling of socio-economic processes: Учебное пособие / И.В. Орлова [и др.]; Финуниверситет, Каф. системного анализа в экономике; под ред. С.А. Рытикова. - Москва: Финуниверситет, 2016 - 132 с.; 16,5 п.л. - URL:http://elib.fa.ru/rbook/orlova_4233.pdf
7. Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Научный совет по Программе фонд. исслед. Президиума Российской академии наук «Экономика и социология знания». М.: ИСПИ РАН, 2012.
8. Hawksorth, John and Anmol Tiwari (2011). "The World in 2050. The Acceleration Shift of Global Power: Challenges and Opportunities," PWC.
9. Wilson, D. & Purushothaman, R. (2003). Dreaming with BRICs: The Path to 2050.Global Economics Paper 99. Goldman Sachs, New York. October