

Современные математические методы анализа и прогнозирования динамики сложных систем

Г. А. Щербаков

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University
E-mail: G.Shcherbakov@mail.ru

Аннотация. Совершенство прогнозирования является важнейшим и единственным не вызывающим возражений методом «лечения» возникающих дисбалансов в реализации текущих процессов. По этой причине проблема совершенствования систем предвидения, моделирования вариантов развития сложных систем остается открытой, и от ее решения во многом зависит достижение сбалансированности процессов будущего технологического развития. В представленной статье даны описание перспектив и пределы возможностей применения методов в области прогнозирования сложных процессов, а также проблем, возникающих в ходе указанных исследований.

Ключевые слова: математические методы; анализ; прогнозирование; технологическое развитие; сложные динамические системы

Моделирование является одним из наиболее признанных и эффективных видов анализа и прогнозирования, содержанием которого является: а) предварительное исследование объекта или процесса; б) вычленение его значимых характеристик или признаков; в) формирование модели; г) теоретический, экспериментальный анализ построенной модели; д) сравнение результатов моделирования с имеющимися данными об объекте; е) окончательная корректировка модели.

Любая модель или их группа, объединенная общей методологией построения, имеет смысл и создается для адекватного описания, анализа и, самое главное, прогнозирования будущей реальности. При этом между анализом текущего процесса (его идентификацией) и его прогнозом нет четких границ. Принципы прогнозирования и идентификации (анализа) процесса практически одинаковые, поэтому для получения прогнозов зачастую используют те же модели, что и для текущего анализа.

С учетом временного фактора модели подразделяются на статические, где ограничения определены для конкретного отрезка времени, или динамические, когда ограничения устанавливаются для двух и более периодов. В зависимости от исследуемого объекта различаются структурные, факторные и комбинированные модели. Структурные модели воспроизводят связи, соотношения отдельных элементов, образующих единое целое или агрегат. Указанные модели построены по структурно-

балансовому типу, где вместе с разбивкой агрегата на содержащиеся в нем элементы изучаются взаимосвязи данных элементов. Факторные модели устанавливают зависимость динамики и уровня того или иного показателя от динамики и уровня воздействующих на него показателей и могут содержать различное число переменных величин и параметров, им соответствующих. Простейшими видами таких моделей считаются однофакторные, где фактором является определенный временной параметр. Многофакторные модели нелинейного, линейного типа создаются для одновременного учета влияния нескольких факторов на динамику и величину прогнозируемого показателя. С помощью таких моделей проводится описание макроэкономических производственных функций, анализ взаимозависимости различных факторов и др.

Многосекторный анализ и прогноз развития к настоящему времени превратился из исключительно теоретических упражнений в активно используемый инструментальный управления процессами и от степени эффективности его практического применения напрямую зависит решение задач достижения сбалансированности параметров будущего развития. Целые академические учреждения и теоретические школы ориентированы на создание изощренных математических построений. Так, один из передовых научных центров – Стэнфордский университет, расположенный около Сан-Франциско (США), представляет собой целую школу моделирования для самых разнообразных сфер применения, включая даже политологию [1, с. 77].

Математика формирует мощный инструментальный для описания и прогнозирования реальных процессов, она «позволяет проводить количественный анализ реальных явлений, основываясь на современном развитии теории и наблюдениях, связанных с методами получения выводов» (цит. по: [4, с. 11]). Вместе с тем, можно считать, что используемое здесь понятие «количественный анализ» определяет ограничение методов как неспособных адекватно определять качественные изменения реального процесса, который имеет неформальный характер и не может в полной мере быть описан посредством математических обозначений. Выписать целевую функцию в форме вектора, включающего все возможные потребности, означает, по сути, обычное перечисление указанных потребностей математическими средствами. Невозможна также полноценная формализация

взаимозависимостей между различными потребностями (составляющими вышеобозначенного вектора), установление (а не простая констатация) количественной меры соответствующих потребностей. Таким образом, исследование реальных процессов может проводиться исключительно на основе учета всего многофакторного опыта развития, осознания возникающих задач и конкретизации целей. Без сомнения, определенные аспекты должны исследоваться с применением формальных методов и математических моделей. Однако при всей важности и полезности данных методов они призваны выполнять лишь подчиненную, служебную функцию [2, с. 20].

Также следует выделить проблему ответственности прогнозирующего органа не только за качество прогноза, но и за психологическое воздействие, которое такой прогноз может оказать на общество. В данном контексте уместно вспомнить автора идеи создания первых прогностических систем (экономических барометров) А. де Фовиля, отмечавшего еще в 1888 г., что «между деловыми барометрами и метеорологическими есть существенное различие: сообщения метеорологических барометров не оказывают никакого влияния на то, какой будет погода, тогда как прогнозы деловых барометров могут оказать значительное влияние на деловые тенденции» [7].

В создаваемых прогностических моделях существенную роль играет субъективный фактор. В свое время Дж. М. Кейнс, критикуя голландского математика Я. Тинбергена, писал, что глубина и достоверность анализа множественной корреляции имеет существенную зависимость от исследователя. Этот метод применим исключительно, если исследователь заранее в состоянии представить безукоризненно полный и корректный анализ ведущих факторов развития процесса [3, с. 38, 40]. Одновременно возникает проблема применения неполного набора определяющих переменных (например, смещенная оценка, обусловленная пропуском переменных); получение ложной корреляции вследствие применения замещающих переменных; создание моделей, включающих ненаблюдаемые переменные, выведенные с использованием некачественно измеренных данных.

Кроме того, формализованные методы исследования объединяет общий недостаток - в них отсутствуют или недооценены качественные экспертные оценки. Несомненно, что математика предоставляет мощный инструментарий для описания и прогнозирования реальных процессов. Однако он не способен учесть всего набора случайных воздействий, имеющих зачастую самую непредсказуемую природу. П. Самуэльсон обосновывал это противоречием между сложностью мира окружающих явлений и «простотой» теорий, описывающих этот мир. Понятие «простота» в указанном контексте, конечно, относится не к используемому математическому аппарату, а к самому методу, когда сложные, многогранные процессы загоняются в жесткие рамки математических формул в расчете на получение простого, однозначного

результата. При подобном исследовании внешняя среда в течение определенного времени должна оставаться неизменной и однородной. Нельзя «быть уверенными, что подобные условия сохранятся в будущем, даже если они существовали в прошлом» [3, с. 43-44].

Таким образом, прогнозирование позволяет определять некоторые тенденции в соответствии с установленными отклонениями от количественного баланса в экономике. Однако попытки прогнозирования долгосрочного развития сложных систем, где преобладает влияние не количественных, а качественных процессов, до сих пор остаются малорезультативными.

Этим же фактом объясняются возникающие в долгосрочном прогнозировании трудности с использованием моделей. Без них невозможно сколь-нибудь результативно дать количественную характеристику исчисляемых экономических зависимостей и соотношений. Однако когда возникает качественный аспект, прогностические конструкции, созданные для выполнения сложных, но изначально заданных в определенном направлении расчетов, начинают проявлять несостоятельность, объясняемую статичностью математического инструментария. Эти модели начинают испытывать недостаток экспертных оценок, дефицит интуитивного познания проблематики, свойственного исключительно человеку.

В условиях вышеуказанной неопределенности методологической основой для создания моделей может служить регулирующий байесовский подход (РБП), основанный на интеграции принципов системного, вероятностно-статистического и измерительного подходов, а также методологических основ нечеткой математики и искусственного интеллекта. Его преимущества состоят в его способности обеспечивать получение устойчивых оценок и моделей в условиях малых выборок, разнотипной информации, значительной неточности данных и нечеткости знаний об управляющей системе, объекте управления и внешней среде. Как правило, в задачах математического моделирования сложных систем априорных знаний недостаточно, и привлекаются имеющиеся экспериментальные сведения и данные. В математической постановке задачи моделирования следует рассматривать как некорректные обратные задачи восстановления модельной зависимости по экспериментальным данным, требующие применения регулирующих схем для обеспечения сходимости и устойчивости их решений. Регулирующие свойства РБП обеспечиваются введением в схему классического байесовского вывода измерительного подхода, который обусловил модификацию байесовской формулы и разработку математического аппарата создания, преобразования и передачи шкал с динамическими ограничениями, на которых происходит получение, хранение, преобразование, передача и интерпретация данных и знаний, необходимых для формирования моделей на принципах байесовского вывода.

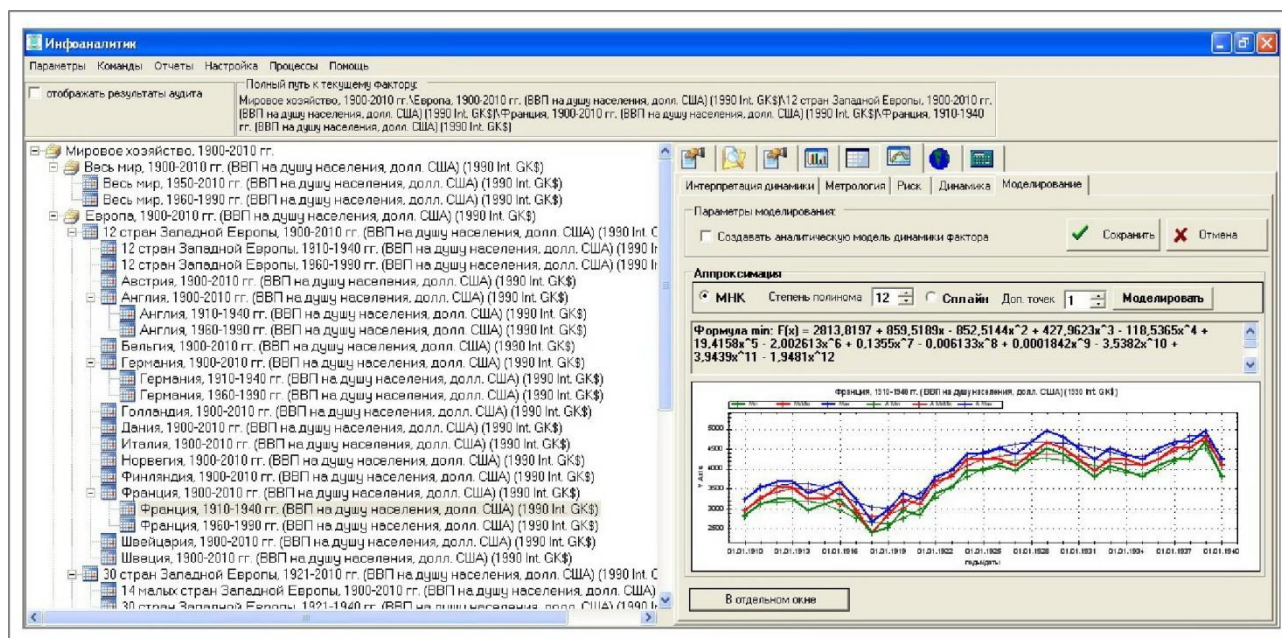


Рис. 1. Пример построения шкал

В силу значительной неопределенности исходной информации множество альтернативных оценок или решений получается в виде регуляризированных байесовских оценок, представляющих собой реперы шкал с динамическими ограничениями. Они могут представлять собой все типы информационных потоков: числовой, лингвистической, графической, картографической и других видов информации. По типу информации шкалы с динамическими ограничениями разделяются на соответствующее число типов. Числовые и лингвистические шкалы могут быть представлены в виде сопряженной шкалы, основного типа носителя шкалы для байесовских интеллектуальных технологий. Лингвистические шкалы относятся к порядковым шкалам, а числовые представляют собой шкалы отношений. Лингвистическая шкала служит для обработки качественной информации, числовая – для количественной.

Не решая окончательно проблему прогнозирования качественных изменений, байесовский регуляризирующий подход дает замечательную возможность корректировки

первоначальных прогнозов в направлении наиболее приближенного варианта развития событий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Зуев В. Н. Территория кризиса: принципы экономического ориентирования / В.Н. Зуев. М.: Магистр, 2009. 96 с.
- [2] Использование моделей в планировании / под ред. А.Г. Аганбегяна, К.К. Вальтуха. М., 1975. 210 с.
- [3] Кейнс Дж. М. Метод профессора Тинбергена (рус.) // Вопросы экономики. 2007. № 4. С. 39-55.
- [4] Магнус Я. Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2000. 398 с.
- [5] Прокопчина С.В. Основные принципы решения задач в условиях информационной неопределенности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. Т. 144. С. 9-18.
- [6] Прокопчина С.В., Щербаков Г.А. Математические методы в экономике: история и перспективы // Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. Т. 144. С. 13-31.
- [7] Favero G. Weather forecast or rain-dance? On inter-war business barometers / G. Favero // Working Papers. Department of Economics Ca' Foscari University of Venice. 2007. № 14. P. 1-22.