



Munich Personal RePEc Archive

**On the problem of the adequacy
estimation of simulation models of the
banking business processes**

Rumyantsev, Mikhail I.

Zakhidnodonbaskiy institute of economics and management

19 November 2010

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/48591/>
MPRA Paper No. 48591, posted 24 Jul 2013 14:00 UTC

УДК 004.94:336

Румянцев М.И.

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ
ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
БАНКОВСКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

Западнодонецкий институт экономики и управления

Кратко рассматриваются теоретические аспекты и практические подходы к реализации процедур оценки адекватности имитационных моделей, ориентированных на исследование банковских бизнес-процессов. Формулируется ряд специфических требований, предъявляемых к имитационным компьютерным моделям для реинжиниринга и оптимизации банковской деятельности.

Ключевые слова: банковская деятельность; имитационное моделирование; оценка адекватности; реинжиниринг.

This paper presents an overview of some general concepts and techniques of an adequacy estimation of simulation models of the banking business processes. A proposal on specific requirements for computer simulation models to banking activity re-engineering and optimization is formulated.

Key words: banking; simulation; calibration; validation; verification; re-engineering.

Вопрос практической пригодности той или иной имитационной модели всегда был теснейшим образом связан с оценкой степени адекватности построенной модели изучаемому объекту или процессу. Еще в конце 60-х годов XX века Т. Нейлор и Дж. Фингер особо отмечали в своей классической монографии: «При обсуждении методов проведения машинного имитационного эксперимента с моделями экономических систем исследователи почти не касаются вопроса оценки пригодности этих моделей и результатов эксперимента с ними на ЭВМ. Частично это объясняется тем, что проблема

оценки пригодности является в настоящее время наиболее туманной из всех нерешенных проблем машинной имитации» [9, с. 153].

Возьмем на себя смелость дать краткий критический анализ некоторых теоретических подходов к оценке адекватности имитационных компьютерных моделей – как для всего класса моделей экономических систем, так и для интересующего нас подкласса банковских имитационных моделей. Помимо этого, нас также будет интересовать развитие за последние 40 лет соответствующих методик и инструментальных средств, реально применяемых в практике имитационного моделирования финансово-кредитной деятельности.

В хронологическом порядке отправной точкой нашего обзора является тезис Т. Нейлора о том, что модель некоторого типа считается пригодной, если доказано, что она верна [9]. Соответственно, доказательство верности модели означает, что определено множество критериев для разграничения верных и неверных моделей (и известно, когда эти критерии применять к любой модели). Нейлор довольно подробно останавливается на точке зрения К. Поппера, предложившего перенести внимание с вопроса о том, была ли установлена пригодность модели, на вопрос о степени ее *экспериментального подтверждения*. Если в последовательности эмпирических испытаний модели не получено отрицательных результатов, а число положительных примеров постоянно увеличивается, то доверие к модели шаг за шагом растет. В конечном счете, Нейлор и Фингер выдвигают концепцию о *многоэтапной оценке пригодности*:

- i) формулирование постулатов (гипотез), описывающих поведение изучаемой системы;
- ii) проверка постулатов модели при помощи статистических критериев;
- iii) проверка, способна ли модель предсказывать поведение системы (ретроспективное и перспективное предсказание).

Примерно в те же годы основоположник системной динамики Дж. Форрестер своему отношению к оценке пригодности модели экономического объекта посвятил 12 главу своей монографии [16]. Методологическая посылка всех его рассуждений на эту тему сформулирована следующим образом: «Целью динамического моделирования промышленного предприятия является улучшение системы управления. Окончательная проверка соответствия модели этой цели может быть выполнена лишь после того, как будет установлено, что понимать под лучшим управлением. До этого эффективность моделей можно оценить по важности задач, для решения которых она предназначена, и по способности модели предсказать результаты, связанные с вносимыми в систему изменениями». [Цит. соч., с. 103].

Таким образом, если у Нейлора инструменты для оценки адекватности модели опираются на достаточно сложный математический аппарат – в работе Форрестера очевидным образом преобладает сугубо *прагматический подход*: «... простая и даже не очень точная модель может быть чрезвычайно полезной, если она открывает хотя бы незначительные возможности лучше понять главные причины успехов и неудач в организационной деятельности» [там же, с. 104]. По Форрестеру, априорное предположение о значимости модели основывается на 2-х положениях: на уверенности в способности модели отобразить отдельные организационные особенности и детали процесса принятия решений реальной системы, а также подтверждается соответствием общего поведения модели и реальной системы.

В качестве метода оценки пригодности модели для описания конкретной системы Форрестер предлагает проверку модели в отношении границ системы, взаимосвязи переменных и значений параметров (освещая этот вопрос очень подробно и обстоятельно). При этом отчетливо видно ясное понимание самим Форрестером ограниченности такого подхода: «...динамическая модель системы отображает и прогнозирует поведение таких характеристик действительной системы, как прибыльность, устойчивость занятости и цен, тенденция к дальнейшему росту, типичные смещения фаз в изменении

переменных и т.п., и в то же время не может дать прогноз будущего состояния системы, кроме того случая, когда система имеет непрерывные и не склонные к быстрым изменениям характеристики, которые способствуют стабильности условий и тенденций в системе в течение некоторого времени, несмотря на возмущающие шумы» [там же, с. 112].

Как и другие известные авторы, Р. Шеннон проблеме оценки адекватности модели объекту и правильности выводов, полученных из экспериментов с ней, также посвятил отдельную главу 6 своей фундаментальной работы [17]. Отдав должное концептуальным аспектам применимости имитационного моделирования в самом общем виде («Оценка адекватности – повышение до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученных на основании обращения к модели» и т.д.), Шеннон наряду с Форрестером пропагандирует прагматизм чистейшей воды: «...следует строить *модель, ориентированную на решение вопросов, на которые требуется найти ответы*, а не имитировать реальную систему во всех подробностях» [Цит. соч., с. 38-42; курсив мой – *Авт.*].

Менее известная в силу своей специализированности монография Д. Феррари [15] содержит, тем не менее, немало очень ценных идей и практических рекомендаций. Имитационное моделирование Феррари рассматривает как метод оценки, представляющий с помощью модели поведение системы на отрезке времени. Исследуя различные стороны оценки пригодности модели, Феррари вводит понятие калибровки как итерационной процедуры изменения точности модели. Цель калибровки – уничтожение или уменьшение неточностей формулировки. Модель нельзя откалибровать для всех экспериментальных условий из-за большого количества таких условий и их непредсказуемости. Таким образом, калибровка обычно ограничена несколькими комбинациями параметров рабочей нагрузки и системы.

Вопросу *моделирования рабочей нагрузки* исследуемой системы (в пределах области пригодности модели как множества входных условий, для

которых она пригодна) посвящена значительная часть книги Феррари. Поскольку не существует универсальной процедуры проверки модели, то создатели моделей вынуждены прибегать к методам «для данного случая», частичным тестам, а кроме всего, к здравому смыслу. Зачастую самой трудной технической задачей для исследователя является описание рабочей нагрузки моделируемой системы – поскольку модель реальной рабочей нагрузки должна всегда приводить в действие модель реальной системы. Таким образом, несмотря на большое число рассмотренных аналитических моделей систем массового обслуживания, у Феррари незаметно проскальзывает важная мысль о роли человека – эксперта в определенной предметной области: «Упор на метод экспертных оценок пронизывает все аспекты моделирования...» [15, с. 54].

Более новая и претендующая на полноту монография В. Кельтона и А. Лоу [4] во многом опирается на работы Т. Нейлора, Р. Шеннона, Т. Дж. Шрайбера и других ученых и специалистов-практиков (примечательно, что представительный библиографический список в этой книге не содержит ссылок на труды Дж. Форрестера). В главе 5 «Создание адекватных и детальных имитационных моделей» вводятся понятия *адекватности*, *верификации*, *валидации* и *аккредитации* модели; в частности, адекватность рассматривается как точность представления реальной системы имитационной моделью. Здесь же обсуждаются такие принципиальные вопросы, как выбор оптимального уровня детализации модели, методы отладки моделирующих компьютерных программ, повышение валидации и доверия к моделям, функции руководителя при разработке модели, статистические методы сравнения реальных данных наблюдения и выходных данных моделирования.

Во многом высказывания Кельтона и Лоу созвучны мыслям Шеннона и Форрестера – например: «Если имитационная модель «адекватна», ее можно использовать для принятия решений относительно системы, которую она представляет, как если бы они принимались на основании экспериментов с реальной системой. <...> ...Наиболее адекватные модели не обязательно оказываются самыми выгодными. <...> ...Модель, которая является адекватной

для одной цели, может не быть таковой для другой. <...> ...Имитационная модель и ее результаты достоверны, если менеджер и другие руководители проекта признают их правильными. <...> ...Адекватная модель не обязательно является достоверной, и наоборот. Модель может быть достоверной, но при этом не использоваться для принятия решений» [4, с. 317-318].

Следует отметить, что доскональное обсуждение методов оценки адекватности у Кельтона и Лоу включает в себя и несколько дезориентирующий постулат о том, что «...абсолютно точного метода определения адекватности модели предлагаемой системе нет. При его существовании, в первую очередь, не нужна была бы имитационная модель» [там же, с. 333]. Иными словами, на передний план опять-таки выходит прагматизм менеджера, принимающего решение об использовании либо отбрасывании результатов моделирования.

Переходя к обзору монографий и учебных пособий российских и украинских авторов, в которых затрагивается проблема оценки адекватности имитационных моделей, приходится с сожалением констатировать их вторичность по ряду вопросов – даже несмотря на ряд рассмотренных практических компьютерных реализаций сложных моделей экономических систем.

Так, Н.Б. Кобелев фактически повторяет уже высказанную многими зарубежными исследователями мысль о роли экспертов в оценке адекватности: «Большая близость получается путем воспроизведения тех или иных свойств объекта или воздействий на него в форме, понятной большому числу людей, являющихся специалистами по различным аспектам деятельности данного объекта. Таким образом, экспертами при имитационном моделировании может выступать большой круг людей, а следовательно, обеспечивается большая адекватность модели реальному объекту» [6, с. 16]. Тем не менее, перечисляя этапы построения имитационных моделей [там же, с. 41], автор, как ни странно, не выделяет оценку адекватности модели как особый этап – упоминается только апробация моделирующего алгоритма на контрольном

примере и анализ результатов моделирования. Более того, тот же досадный пробел присутствует и при изложении основ создания универсальных моделей – схема на с. 285 вообще не включает оценку адекватности.

Со своей стороны, в пособии [2] А.А. Емельянов и соавторы говорят о верификации (калибровке) параметров модели в соответствии с допущениями, на основании которых построена модель, с помощью специально выбранных тестовых примеров. Среди рекомендуемых методов – метод Монте-Карло для статистических испытаний и проверки гипотез; для планирования экспериментов – регрессионный и факторный анализ (как и у Нейлора – *Авт.*). Прискорбно, но для рассмотренных в книге моделей так и не выполнена оценка адекватности (таким образом, читателю фактически предлагается полагаться исключительно на веру в корректность принятых допущений).

И.А. Теплицкий, с учетом предполагаемой аудитории пособия [13], предлагает такой критерий адекватности модели: «Необхідною ознакою адекватності моделі є, насамперед, задовільний збіг результатів моделювання з відомими та достатньо надійними дослідними даними» [Цит. соч., с. 26] – не конкретизируя термин «удовлетворительное совпадение результатов». В качестве процедуры проверки модели на адекватность фигурирует тестирование модели с целью подтверждения очевидных и заранее известных свойств объекта.

В.Н. Томашевский в учебнике [14], говоря об оценке адекватности модели, выдвигает следующий тезис: «Для того щоб перевірити правильність і достовірність імітаційної моделі та її відповідність цілям моделювання, необхідно мати вичерпну інформацію щодо області застосування системи, методології моделювання і мови програмування» [Цит. соч., с. 10]. Роль эксперта в процессе имитационного моделирования во многом сродни тому, как это понимает Н.Б. Кобелев: «... має бути встановлена всіма можливими способами (шляхом порівняння з практикою, порівняння з іншими підходами) її адекватність – відповідність об'єкта сформульованим припущенням» [там же, с. 33].

По сравнению с другими отечественными авторами, В.Н. Томашевский явно выделяет этап проверки адекватности модели [там же, с. 41-42]; отмечается, что адекватная модель не обязательно является достоверной, и наоборот; абсолютно адекватных моделей не существует; для принятия решений нужны адекватные модели (все это в полном согласии с Кельтоном и Лоу – *Авт.*). Обоснование адекватности модели понимается как доказательство того, что модель работает в пределах области применения с удовлетворительной точностью, совместимой с целью имитационного моделирования.

Для имитационного моделирования методом статистических испытаний (метод Монте-Карло) приведены способы анализа точности полученных статистических характеристик (эмпирические и теоретические критерии). Вслед за [4] для проверки достоверности и правильности моделей упоминаются без конкретизации процедуры верификации, валидации и аккредитации [14, с. 202-207]. Окончательную настройку модели предлагается проводить на контрольных задачах, которые готовятся независимо от способов реализации модели. По мнению В.Н. Томашевского, совпадение результатов моделирования и контрольных вариантов должно свидетельствовать о соответствии и корректности модели для задач данного типа. С этой же целью имитационная модель может быть упрощена до такого уровня, который позволит построить аналитическую модель – тогда можно сравнивать результаты имитационного моделирования и аналитических расчетов (в пределах упрощенной модели). Со своей стороны заметим, что такой достаточно традиционный подход далеко не всегда подходит для финансово-кредитной сферы, где излишне «облегченные» модели практически бесполезны для ретроспективного и перспективного прогнозирования.

Приятное исключение из общего ряда – книга [12] Ю.И. Рыжикова. Не привязываясь к конкретным предметным областям и опираясь на математический аппарат теории массового обслуживания, автор очень подробно рассматривает как теоретические, так и технологические аспекты (в

среде GPSS World) имитационного моделирования. При этом выдвигается и обосновывается оригинальный авторский подход к процессу оценки адекватности модели. Подчеркивается, что адекватность модели объекту всегда ограничена и зависит от цели моделирования; адекватность модели устанавливается проверкой на ней основных законов предметной области и сопоставлением результатов моделирования частных вариантов с известными для этих вариантов аналитическими решениями.

Отмечается, что теория, технология и системы автоматизации имитационного моделирования разрабатывались прежде всего для моделирования систем с очередями – отсюда и специфическое отношение автора [12] к инструментам оценки адекватности, которая является обязательной фазой в процессе моделирования. Конкретизируя, Ю.И. Рыжиков указывает: «Оценка адекватности модели заключается в проверке:

- полноты учета основных факторов и ограничений, влияющих на работу системы;
- соответствия исходных данных модели реальным (в частности, согласия постулируемых законов распределения с первичными данными);
- наличия в модели всех данных, необходимых для накопления ответных величин;
- синтаксической корректности программы моделирования;
- правильности преобразования исходных данных в конечные результаты (например, при условиях, приводящих к известному аналитическому решению);
- осмысленности результатов при нормальных условиях... и в предельных случаях» [Цит. соч., с. 30].

Монографии и учебные пособия авторов из стран СНГ, рассматривающие более узкие сферы приложения имитационного моделирования – а именно моделирования финансово-кредитной деятельности – по возможности обходят

вопросы оценки адекватности моделей. Так, в пособии [8] Л.Г. Лабскера, посвященном использованию аппарата марковских случайных процессов для моделирования финансово-экономических систем, нет ни слова об адекватности модели. И это в то время, когда сам автор признает: «Случайные процессы в реальной финансово-экономической практике редко бывают марковскими, поскольку на протекание процесса в будущем влияет не только его состояние в текущий момент времени, но и то, как он протекал в прошлом» [Цит. соч., с. 211]. Как выход из такого положения предлагается, там где это возможно, идти на приближенную замену немарковских процессов марковскими (например, когда число состояний системы сравнительно невелико, а непугасоновские потоки можно аппроксимировать потоками Эрланга).

В свою очередь, М.Б. Исаков в монографии [3] привлекает к построению аналитических моделей депозитных операций банка методы теории игр и теории активных систем – избегая давать оценку их адекватности реалиям сберегательного банка (государственного или коммерческого).

Обратившись к публикациям последних лет, в основу которых положены результаты диссертационных исследований либо работ, выполненных специалистами соответствующих банковских служб, можно вновь убедиться в пренебрежении к оценке адекватности имитационных моделей. Например, И.А. Киселева в монографии [5] отмечает, что на практике математические модели в банковских системах управления применяются крайне редко – в частности, потому, что в банковской сфере нельзя провести целенаправленные эксперименты, предшествующие формированию гипотезы и позволяющие проверить ее на практике. Требование адекватности моделей в указанной монографии декларируется неоднократно, но, к сожалению, не воплощается в алгоритмы и процедуры. Что же касается моделирования финансовой деятельности банка и т.п., то модели, рассматриваемые в [5], используют аппарат исследования операций (линейное программирование), а вопрос об их адекватности автором монографии даже не ставится.

И.Н. Виниченко в статье [1], рассматривая реально работающую и полезную имитационную модель банка, оставляет в стороне вопрос описания объекта «сложными математическими и простыми ментальными моделями». В его работе адекватность модели целиком и полностью зависит от системы исходных предположений о сценариях ожидаемого развития событий и никак не оценивается. Аналогичная картина в гораздо более новой по времени статье Н.И. Костиной и К.В. Малярчук [7]. В противовес этим работам, Д.П. Шкудун в своем диссертационном исследовании применил для проверки адекватности имитационной модели СЭП НБУ проверенный временем инструментарий: показатель Тэйла, критерий χ^2 и регрессионный анализ; для оценки же результатов экспериментов – F -критерий Фишера и критерий Стьюдента [18].

Со своей стороны, отмечая в работе [11] общий недостаток многих моделей финансово-кредитной деятельности – непроработанность вопросов оценки адекватности моделей – автору настоящей статьи хотелось бы указать на допустимость определенной нестрогости описания объекта моделирования, поскольку его компоненты могут быть описаны с помощью различных математических методов (с разными критериями применимости и точности).

Переходя к формулированию в первом приближении минимальных требований к имитационным моделям банковских бизнес-процессов в аспекте модельной адекватности, будем исходить из шенноновской тетрады {*симптомы; постановка «диагноза»; определение задачи; формулирование модели*}. Что это означает? **Во-первых**, основные параметры имитационной модели должны быть непосредственно связаны с ключевыми «акупунктурными» точками воздействия на проблемные бизнес-процессы или бизнес-объекты (причем модель должна учитывать не только уже существующие «хронические» проблемы – но и те, которые могут с большой вероятностью проявиться в будущем). **Во-вторых**, выходные переменные модели должны отражать не отдельные симптомы «здоровья» или «болезни» конкретного финансово-кредитного учреждения (прибыль/убыток и т.п.), а интегрированные индикаторы целостности банка как системы (см. [10]). **В-**

третьих, имитационная модель должна позволять проводить компьютерные эксперименты не только для штатных режимов работы исследуемой системы, но и для пиковой нагрузки – а также обязательно учитывать возможность скачкообразного изменения штатного режима работы системы в ответ на плавное изменение внешних условий [11, с. 108]. **В-четвертых**, структура имитационной модели должна быть максимально нацелена на решение задачи реинжиниринга и оптимизации бизнес-процессов банка – как инструмента достижения оптимальности системообразующего фактора по П.К. Анохину (в данном случае – успешности всех бизнесов банка). **В-пятых**, компьютерная имитационная модель должна функционировать не только в основном режиме – режиме прогона сценариев будущего и выдачи прогнозов на перспективу, но и в режиме *самопроверки адекватности* при помощи ретроспективного моделирования на сколь угодно отстоящий во времени прошлый период.

Литература:

1. Виниченко И. Н. Практический опыт имитационного моделирования в банке // Банковские технологии. – 2003. – № 2. – с. 45-53.
2. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование сложных экономических процессов: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
3. Исаков М.Б. Модели и методы управления привлечением вкладов в банковскую сберегательную систему. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 156 с.
4. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; К.: ВНУ, 2004. – 847 с.
5. Киселева И.А. Коммерческие банки: модели и информационные технологии в процедурах принятия решений. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 400 с.
6. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: Учеб. пособие. – М.: Дело, 2003. – 336 с.

7. Костіна Н.І., Малярчук К.В. Прогнозування діяльності банківського відділення на основі методу імовірно-автоматного моделювання // Науковий вісник Національного університету ДПС України (економіка, право). – 2010. – № 1(48). – с. 49-56.

8. Лабскер Л.Г. Вероятностное моделирование в финансово-экономической области. – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 224 с.

9. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 502 с.

10. Румянцев М.И. Обобщенная математическая модель коммерческого банка // Компьютерные науки и телекоммуникации. – 2006. – № 4(11). – с. 44-48. – http://gesj.internet-academy.org.ge/gesj_articles/1276.pdf

11. Румянцев М.И. Моделирование деятельности финансово-кредитного учреждения средствами системной динамики // Белорусский экономический журнал. – 2008. – № 3(44). – с. 103-110.

12. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.

13. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навч. посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.

14. Томашевський В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.

15. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем: Пер. с англ. / Под ред. В.В. Мартынюка. – М.: Мир, 1981. – 576 с.

16. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.

17. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

18. Шкудун Д.П. Моделювання та аналіз Системи електронних платежів України: автореф. дис... канд. екон. наук: 08.03.02 / Київський національний ун-т ім. Т.Г. Шевченко. – К., 2001. – 18 с.

Румянцев М.И. К вопросу оценки адекватности имитационных моделей банковских бизнес-процессов // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2010». Том 15. Экономика. – Одесса: Черноморье, 2010. – с. 84-93. – ISBN 966-555-152-3