

Звягин Л.С.

факультет прикладной математики и информатики,
кафедра «Системный анализ в экономике»
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации
Россия, Москва
sdmif@yandex.ru

L.S. Zvyagin

faculty of applied mathematics and Informatics,
department of System analysis in Economics
Financial University under the Government of the
Russian Federation
Russia, Moscow
sdmif@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ

Аннотация

Построение математических моделей является основой всего системного анализа. Это – центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит судьба всего последующего анализа. Конечно и в исследовании операций, и в теории управления построение моделей всегда занимает важное место. Но только в последнее время, с возникновением системного анализа, который оперирует процессами, связывающими явления различной физической природы, возникла практическая необходимость более глубокого изучения принципов моделирования (математического описания).

Ключевые слова:

математическая модель, системный анализ, взаимосвязи, системология, принципы моделирования

PROBLEMS AND RISKS OF BUILDING MODELS IN SYSTEM ANALYSIS

Abstract

Construction of mathematical models constitutes the basis of the system analysis. It is the Central stage of research or design of any system. The quality of the model depends the fate of all subsequent analysis. And of course in operations research and management theory building models always occupies an important place. But only recently, with the emergence of system analysis, which operates the processes that bind the phenomena of various nature, originated practical necessity of deeper study of the principles of modeling (mathematical description).

Keywords:

mathematical model, system analysis, linkages, systemology, principles of modeling

Одной из главных особенностей науки второй половины нашего столетия является появление ряда родственных научных направлений, таких, как кибернетика, общесистемные исследования, теория информации, теория управления, математическая теория систем, теория принятия решений, исследование операций и искусственный интеллект. Все эти области, появление и развитие которых тесно связано с возникновением и прогрессом компьютерной технологии, обладают одним общим свойством – они имеют дело с такими системными задачами, в которых главенствующими являются информационные, реляционные и структурные аспекты, в то время как тип сущностей, образующих систему, имеет значительно меньшее значение. Становится все более очевидным, что полезно было бы посмотреть на эти взаимосвязанные интеллектуальные разработки как на части более общего поля исследований, обычно называемого ***наукой о системах или системологией***.

Если наука о системах является наукой в обычном смысле, то в ней следует различать три основных компонента:

- 1) *область исследования*;
- 2) *совокупность знаний об этой области*;
- 3) *методологию* (совокупность согласованных методов) накопления новых знаний

об этой области и использования этих знаний для решения относящихся к ней задач.

На первом этапе осознания всех аспектов системологии как науки, следует охарактеризовать эти три компонента – область, знания и методологию науки о системах. Кроме того, видимо науку о системах нельзя непосредственно сравнивать с другими науками, а правильнее было бы рассматривать ее как новое измерение в науке. Точнее было бы сказать, что предметом любой научной дисциплины является определенный класс систем.

Теория систем и системный анализ

Для системологии характерно использование трех «системных» понятий: **«системный анализ»**, **«теория систем»** и **«системный подход»**. Между ними часто ставят знак тождества, что приводит к некоторой путанице. Поскольку в дальнейшем мы будем говорить о методах системного анализа, то нам сразу нужно четко определить те термины, которые мы предполагаем использовать.

Слово **«система»** и связанные с ним термины получили широкое распространение. Такая необходимость определяется резким усложнением создаваемых технических конструкций, устройств, технологий и всех совокупностей хозяйственных связей, с которыми приходится иметь дело экономистам, хозяйственным руководителям и инженерам [1]. Потребность изучения биологических объектов и проблем экологии, которые с каждым годом становятся все актуальнее, также приводит исследователя к сложнейшим системам.

В самом деле, термин **«система»** безусловно, является одним из самых распространенных терминов, используемых при описании работ в самых разных научных дисциплинах, особенно в последнее время. Этот термин, к сожалению, оказался чрезмерно перегружен и имеет различный смысл при различных обстоятельствах и для различных людей.

Возникновение **«теории систем»** связывают с именем известного биолога Л. Берталанфи, который в пятидесятых годах в Канаде организовал центр системных исследований и опубликовал большое количество работ, в которых пытался найти то общее, что присуще любым достаточно сложным организациям материи как

биологической, так и общественной природы. Однако подобными вопросами начали заниматься задолго до Берталанфи. Наиболее фундаментальные исследования этого плана связаны с именем нашего соотечественника А. А. Богданова, который еще в начале века начал создавать теорию организации. В своей работе он вводит понятие **«организации»** как одного из первичных понятий. Материя существует во времени и пространстве. Она всегда имеет ту или иную организацию. В то же время и организацию нельзя мыслить без ее материального носителя. Основание для построения теории А.А. Богданов видит в том, что, несмотря на фантастическое разнообразие материала, существующего в природе, количество архитектурных или организационных форм относительно невелико. Он демонстрирует это на многих примерах самой разной физической природы. А.А. Богданов изучает не только статику. Он анализирует разнообразные особенности механизмов отбора, определяющие эволюцию организации, прослеживает ее развитие.

Таким образом, в отличие от системного анализа дисциплины прикладной, ориентированной на решение конкретных практических задач, теория систем относится скорее к методологии науки [2].

Проблемы моделирования

Построение математических моделей является основой всего системного анализа. Это – центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит судьба всего последующего анализа. Конечно и в исследовании операций, и в теории управления построение моделей всегда занимает важное место. Но только в последнее время, с возникновением системного анализа, который оперирует процессами, связывающими явления различной физической природы, возникла практическая необходимость более глубокого изучения принципов моделирования (математического описания) [1].

Построение моделей – всегда процедура неформальная, и, конечно, оно очень сильно зависит от исследователя, его опыта, таланта, всегда опирается на определенный опытный материал, в связи с чем мы говорим, что процесс моделирования имеет феноменологическую основу. Модель должна достаточно правильно отражать явления, однако одного этого еще мало. Она должна быть удобной для использования. Поэтому степень детализации модели, форма ее представления определяются целями исследования и непосредственно зависят от исследователя. Работая с одним и тем же опытным материалом, разные исследователи могут представлять его различным образом.

Изучение и формализация опытного материала – не единственный способ построения моделей, описывающих явления более общие. Так, модель пограничного слоя Прандтля может быть выведена из более общей модели-уравнений Навье-Стокса. Она является асимптотической моделью. Новый экспериментальный материал может привести к более совершенной модели, и тогда ранее известная модель сделается асимптотой исходной. Такая судьба постигла Ньютоновскую механику, которая долгое время была чисто феноменологической моделью. Но после создания специальной теории относительности, она превратилась в ее следствие и может быть выведена из нее с помощью предельного перехода $\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}^2 \rightarrow 0$, где $\mathbf{v}$ – скорость собственного движения, $\mathbf{c}$ – скорость света. Подобных примеров много. Они иллюстрируют важную сторону развития естественных наук. Появление большого количества «асимптотических» моделей говорит о зрелости научной дисциплины, о глубоких логических связях между отдельными явлениями, познанными в рамках данной дисциплины.

Сегодня математическое описание, построение математически моделей охватывает чрезвычайно обширные области знания, и выработано немало принципов и подходов, носящих в современных условиях уже достаточно общий характер. Остановимся на этом подробнее.

Основная задача научного анализа – выделить реальные движения из множества мысленно допустимых, сформулировать принципы их отбора. Проблема математического моделирования состоит в описании этих принципов отбора в тех терминах и переменных, которые наиболее полно характеризуют изучаемый предмет. Принципы отбора сужают множество допустимых движений, отбрасывая те, которые не могут быть реализованы. Чем более совершенна модель, тем уже становится множество реальных движений, тем точнее оказывается прогноз. В различных областях знания принципы отбора движений разные. После появления работы Ф.Энгельса «Анти-Дюринг» стало принятым различать три уровня организации материи: неживая материя, живая материя и самая высокая организация материи – мыслящая, познающая себя материя – общество. Такое деление оправдано качественно различными принципами отбора реальных движений, не сводимыми к принципам нижних уровней организации.

Определение системы взаимосвязанных агентов

Рассмотрим определения системы в широком смысле (банковские системы, финансовые), встречающиеся в литературе. Одни из определений указывают на структуру системы, ее топологию, другие же подчеркивают характер протекающих в

этих сетях процессов. Определим, какого из подходов мы будем придерживаться в данной работе.

«Системы взаимосвязанных агентов представляют собой совокупность устойчивых множественных связей между формально независимыми участниками рынка» [8].

Причем важно отметить, что каждый игрок, как правило, включен сразу в несколько разного рода систем, переплетение которых и создает пространство взаимосвязанных рынков. И мотивы поведения агентов, включенных в одну систему будут очевидны для понимания в рамках этой системы. Однако, включение его же в другую систему повлечет за собой усложнение ее анализа, ведь поведение этого агента (формирующееся под влиянием сигналов из обеих систем одновременно) в равной степени окажет влияние и на другую систему, внутри которой объяснить причины и мотивы такого поведения будет крайне сложным, а зачастую и просто невозможным. Для анализа стоит выбрать определенную систему как объект изучения, не упрощая (не сужая круг характеристик, определяемый в рамках этой системы), но и не усложняя (не включая параметры агентов или связей, определяемые в еще одной системе, участниками которой будут те же самые агенты).

«Финансовая система – это технологическая среда поддержки операций со специально оформленными правами собственности» [9].

Данное определение характеризует иную, но не менее важную сторону системы как платформы передачи собственности на ресурсы.

Системой можно считать любую структуру со множеством взаимодействующих автономных агентов. Наиболее интересными для исследования в данной работе являются системы финансового рынка, такие как системы кредитных связей между банками и фирмами; межбанковский рынок заемного капитала; денежные потоки между странами в виде прямых или портфельных инвестиций.

При возникновении финансовых связей (или же связей другого рода) между игроками образуется взаимозависимость, где действия каждого участника рынка приводят к некоторым изменениям параметров всей сетевой структуры в целом. Существует ряд определяющих поведение агентов факторов, среди которых индивидуальные цели, зависящие как от внутренней, так и от внешней ситуации приоритеты. Исходя из этих факторов каждый агент придерживается определенной, свойственной только ему модели поведения. С этой точки зрения действия агентов любой взаимосвязанной цепи можно считать независимыми. Однако, являясь частью единой структуры уже свершившееся, обусловленное автономными причинами

действие одного из участников системы определенным образом скажется как на состоянии всей системы в целом, так и на положении каждого из оставшихся участников [2].

Связанность агентов может заключаться в том, что их деятельность координируется во времени (например, при рассмотрении суммарных денежных потоков между банками или портфельных или прямых иностранных инвестиций между странами за определенный период времени). Основным же критерий взаимосвязанности – передача участниками системы неких ресурсов. Под ресурсами при рассмотрении разных типов систем может подразумеваться разное: как уже было упомянуто, денежные потоки между банками при анализе финансовой структуры, обмен сообщениями между зарегистрированными пользователями в социальной системы, длина путей сообщения между городами или длина дорог между домами при оценке транспортных связей.

Системные риски

Существует несколько видов риска. Все риски принято подразделять на системные и несистемные в зависимости от того, насколько широкий круг участников рынка подвергается опасности их воздействия при реализации определяемого этим риском события [1].

Системный риск финансовой системы можно определить как существование вероятности того, что вся финансовая система перестанет функционировать должным образом после локального, не затрагивающего на самом начальном этапе всей системы, шока. При возникновении финансовых затруднений у одного из участников финансовых расчетов или рынка в целом, его неплатежеспособность вызовет неспособность выполнить свои обязательства и его контрагентов. Началом периода нестабильности будет служить нарушение своевременности расчетов участников финансовых сделок, а дальше этот шок может распространиться в производственные сектора экономики, снизить уровень экономической активности и даже перекинуться на государства-партнеры. Сила и глубина, следующая за шоком трудно поддается измерению или прогнозированию, свидетелями чего мир стал во время кризиса 2008 года.

Литература, посвященная оценке системного риска в системы агентов весьма обширна, в силу того, что каждый исследователь определяет, какое событие будет считаться исполнением риска, в соответствии с параметрами изучаемого объекта. Весьма интересный подход предложен в работе «Измерение системного риска: рассмотрение через анализ систем» (автор Рама Конт), где была проанализирована

банковская система Бразилии. Проанализированные данные предоставляются бразильскому центральному банку всеми банками страны ежедневно. Согласно авторам одновременные дефолты нескольких финансовых институтов могут произойти по трем причинам, в основе которых следующие компоненты системного риска:

А. Подверженность одним и тем же рыночным факторам. Она особенно сильно проявляется в кризисные периоды: бегство капитала, массовые продажи проблемных (или считающихся таковыми) активов во много раз повышают негативные результаты этой взаимосвязи. То есть если сделки происходят однонаправленные, они могут значительно увеличить ценовые колебания. Необходимо упомянуть, что для практического применения оценки этого параметра, нужно обладать данными о размещении активов финансовых институтов для определения подверженности риску.

Б. Вероятность перетекания негативного события по каналу риска партнера, механизм которого описали выше. Ключевыми данными для мониторинга этого риска служат количественные параметры денежных потоков между партнерами.

В. Вероятность перетекания негативного события по каналу шоков ликвидности: рынок меняется, при негативных изменениях обязательства не по всем кредитам будут выполнены, что приведет к маржин-колам, выплатам дивидендов, возрастающему интересу к кредитным дефолтным свопам. Рисковым событием станет ситуация, когда ликвидность института не превышает размеров вмененных обязательств. Необходимы данные о доступных кредитных линиях и существующих возможностях повысить ликвидность.

Авторы статьи отмечают важность как мониторинга реальных абсолютных выражений денежных потоков между агентами системы, так и моделирование этой системы с некоторыми упрощениями при определенных предпосылках.

Под риском в статье рассматривается ситуация, возникающая по двум причинам: во-первых, если потери, вызванные не связанным с рассматриваемым контрагентом шоком, превышают капитал, отведенный на сглаживание этих шоков, то есть имеет место неплатежеспособность. В модели приближением этого показателя была выбрана достаточность капитала 1-го уровня. Вторым источником риска является возможная недостаточность ликвидности. Реальные объемы потоков являются более значимыми, так как обеспечиваемые рынком индикаторы не могут предсказать шок. Так, рыночные стоимости первых рухнувших в кризис 2008 года банков не предвещали беды. Эти рыночные индикаторы не отражают изменений в реальных объемах межбанковских операций, так как не являются открытой информацией. Но регуляторы (Центральные

банки) такими данными обладают, а значит, они могут и должны их использовать для стресс тестов и расчетов индикаторов системного риска банковской системы страны.

Алгоритмы индицирования системного риска в банках

Характерной особенностью банковского дела является балансирование и сопоставление прибылей и рисков, принимаемых банком для получения прибыли. Важнейшей деятельностью для финансового учреждения можно отметить риск-менеджмент, задачей которого является управление рисками, в первую очередь кредитными. Наряду с другими кредитными учреждениями банки вынуждены анализировать рисковость невозврата по каждому выданному кредиту, чтобы на основании этих расчетов вынести решение о выдаче или отказе в кредите, а также об установлении кредитного лимита. И даже в случае выдачи кредита, уровень сопряженного с ним риска повлияет на процентную ставку.

В случае работы банка с физическими лицами для оценки риска можно применять кредитный скоринг и анализ конкретного лица путем изучения кредитной истории, финансового положения, гарантий. Но для крупных банков, имеющих в составе своих пассивов обязательства контрагентов в лице других финансовых учреждений, для определения уровня риска, сопряженного с данной сделкой, полезным могло бы быть также и учитывание того, насколько изменится уровень системного риска банка, выдавшего кредит своему новому контрагенту.

Таким образом, важность оценки системного риска выше у крупных банков, специализирующихся на работе с финансовыми институтами и кредитными учреждениями, чем у тех, которые занимают свою нишу в розничном секторе. Дефолт по кредитным выплатам одного физического лица никак не повлияет на регулярность кредитных выплат другого (несомненно, может наблюдаться синхронизация в дефолтах по платежам физических лиц, однако объясняться она будет попаданием всей экономической системы в период спада, или же спадом в отдельной отрасли или отдельном регионе, а не прямой зависимостью финансового положения двух физических лиц).

В случае же с крупными банками связанными кредитно-финансовыми отношениями с другими банками, крах одного из них с большой вероятностью потянет за собой крах или по крайней мере определенные финансовые потери ряда своих контрагентов. Еще одним аргументом к высказанному выше предположению о разном весе системного риска для розничных и крупных банков (крупных настолько, чтобы иметь денежные связи с другими банками) будет тот факт, что между кредитными

учреждениями существует взаимозависимость, то есть они образуют система, где связи будут существовать в виде фактического движения капитала. В то время как физические лица образуют множество различного рода систем (к примеру, систем социальных связей), но среди них нет финансовой системы. Следовательно, приведенный в работе способ анализа подходит лишь для крупных институтов, являющихся частью некой финансовой системы. Еще одной областью применения предложенного в работе алгоритма оценки системного риска можно считать мировую экономику в целом, при условии, что анализируемые показатели будут составлять близкую к насыщенному системе (где количество связей между всеми контрагентами значимо и невелико число не задействованных агентов).

Оценка рисков необходима для разработки мер по уменьшению их влияния, то есть стабилизации. Стабильность мирового финансового пространства зиждется на экономической стабильности каждого отдельно взятого государства, которое в свою очередь держится на устойчивой банковской системе. Поэтому рассмотрим процесс индентификации рисков в банках.

В компетенцию департаментов риск-менеджмент любого финансового учреждения входит принятие управленческих решений на основании анализа. Целью таких решений является снижение, как вероятности наступления нежелательного события, так и минимизацию возможных потерь при развитии этого неблагоприятного сценария.

При поступлении в банк запроса от контрагента о выдаче кредита, данная информация попадает в отдел рисков. Подобный отдел должен оценить, какие риски сопряжены с взаимодействием с данным банком. Основной задачей деятельности департамента риска будет либо согласие на выдачу кредита в запрашиваемом размере, либо отказ, либо определение максимально возможного размера ссуды. Также подобные департаменты дают количественные оценки всем рискам в виде лимитов. Лимиты – это количественные ограничения на размер выдаваемого кредита. Именно лимиты на данный момент являются наиболее популярными средствами борьбы с повышенными рисками.

Для установки лимита в каждой кредитной организации существует свой алгоритм, например, присвоения рейтингов всем контрагентам, вынесения на их основании решений как о размере лимита, так и о его утверждении либо отмене. Рейтинг присваивается после экспертной оценки финансового состояния банка, а также некоторых неочевидных показателей. Например, слишком быстрый рост объемов банковских операций приводит к возрастанию рисков, так как большие объемы

денежных потоков должны сопровождаться изменениями в управлении, что не часто происходит. Так, при стремительном возрастании прибыли, что является положительным событием для финансового состояния банка, несвоевременное перестроение менеджмента приведет к потерям, таково объяснение возникновения риска.

В широком, философском понимании, моделирование можно определить следующим образом. Моделирование – это метод опосредованного познания, при котором изучаемый объект находится в соответствии с другим объектом, способным в том или ином смысле замещать изучаемый объект на некоторых стадиях его процесса функционирования.

Другими словами, моделирование – это представление объекта моделью для получения информации об этом объекте путем проведения экспериментов с его моделью.

Как правило, математическая модель в своем первоначальном виде не может быть использована для аналитического исследования процесса (искомые величины находятся в неявном виде). Необходимо преобразовать математическую модель в такую систему отношений относительно искомым величин, которая допускает получение результата аналитическими методами, например, в системе явных формул для искомым величин, либо приведение уравнений к виду, для которого методы решения известны.

Аналитическое исследование является наиболее полным решением задачи моделирования, однако воспользоваться им не всегда удастся, т.к. преобразование математической модели в систему уравнений, допускающую эффективное решение, является очень трудной задачей, а для сложных систем эти трудности часто оказываются непреодолимыми, несмотря на упрощение модели для получения хотя бы приближенного решения.

В тех случаях, когда не удастся преобразовать математическую модель в подходящую систему уравнений, а упрощение модели приводит к недопустимо грубым результатам, от аналитического исследования или моделирования отказываются.

Более широкую сферу применения математической модели имеет исследование процессов с помощью численных методов и ЭВМ.

Содержание работ при численном исследовании процессов остается в основном такими же, как и при использовании аналитических методов. Разница в том, что после преобразования математической модели в систему уравнений, последние решаются численными методами. Класс уравнений, которые могут быть решены приближенно

численными методами, значительно шире, чем класс уравнений, доступных аналитическому исследованию.

Однако математические модели сложных процессов, очень трудно преобразовать в соответствующую систему уравнений, которую можно решать численными методами.

При моделировании процессов с помощью аналоговых ЭВМ математическую модель не обязательно преобразовывать в специальную систему уравнений относительно искомых величин. Для оценки искомых величин в аналоговых машинах используется информация, циркулирующая в модели.

Математическая модель дает возможность выбрать процесс-аналог подходящей природы и установить значения, соответствующие коэффициентам подобия.

Недостатком аналогового моделирования является то обстоятельство, что аналоговые вычислительные машины не могут быть универсальными. Они строятся для решения только определенного класса задач (например, решение линейных дифференциальных уравнений).

К сожалению, во многих случаях аналитическое, численное или аналоговое моделирование вообще невозможно использовать для исследования случайных процессов.

Список использованной литературы:

1. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. Машиностроение, 2010. – 199 с.
2. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений: Учебник. – М.: Логос. 2000. – 296 с.
3. Кравченко, В.А. Алгоритмы решения задач многокритериальной оптимизации. Учебное пособие / В.А. Кравченко, Т.Л. Федосеева, С.М. Цидилин. – М.: МИЭМ, 2011. – 72 с.
4. Вишнеков А.В. Методы принятия проектных решений в CAD/CAM/CAE системах электронной техники. Учебное пособие. – М.: МГИЭМ, 1999. – 95 с.
5. Львов Б.Г., Кожевников А.И., Филипчук О.И. Структурные модели технических объектов: Методические указания. – М.: МГИЭМ, 1997. – 16 с.
6. Львов Б.Г., Кожевников А.И., Филипчук Т.С. Выбор вида технических объектов: Методические указания. – М.: МГИЭМ, 2008. – 12 с.
7. Львов Б.Г., Кожевников А.И., Смоленский С.П. Многокритериальный выбор технических объектов: Методические указания. – М.: МГИЭМ, 1997. – 20 с.
8. Радаев В.Д. «Социология рынков: к формированию нового направления».
9. Титов, Л.Ю. К разработке программы долгосрочного социально-экономического развития России. Проблемы перехода к инновационной экономике / Л.Ю. Титов // Проблемы современной экономики. – 2009. - №1(29).