

[DOI: 10.17323/2587-814X.2020.4.47.61](https://doi.org/10.17323/2587-814X.2020.4.47.61)

Классификация моделей и описание трендов в вопросах оценки каузальности связей в социально-экономических процессах

Д.М. Назаров

E-mail: slup2005@mail.ru

Уральский государственный экономический университет
Адрес: 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62

Аннотация

Научное исследование любого социально-экономического и управленческого процесса можно представить как цепочку размышлений о причинах и следствиях возникновения того или иного явления. При этом авторы могут пытаться не только ответить на вопрос «почему?», но и изучить и понять природу причинно-следственных связей, выяснить механизмы их возникновения, а также максимально точно и обоснованно получить ответ на поставленный вопрос. Каждый автор, используя накопленный опыт, предлагает как качественные, так и количественные методы, которые позволяют получить ту или иную оценку каузальности. Однако статей, посвященных комплексному обзору методов и технологий причинно-следственных связей в социально-экономических процессах, явно недостаточно. В данной статье обсуждаются три хорошо известных в социально-экономических науках концептуальных подхода к оценке каузальности: последовательность причин (*successionist causation*), конфигурация причин (*configurational causation*) и генерализация причин (*generative causation*). Автор дает собственную интерпретацию этих подходов, строит графические интерпретации, а также предлагает такие понятия как линейная последовательность факторов, каузальное поле и каузальное пространство факторов в социально-экономических процессах. В рамках этих подходов приводится классификация математических и инструментальных моделей оценок каузальности связей в социально-экономических процессах, а также формулируются тренды развития этих и новых моделей с учетом мирового перехода в цифровой формат. Все эти тренды основаны на применении цифровых технологий в разных форматах и содержат описания таких форматов. Статья содержит конкретные авторские примеры реализации моделей каузальности в научных исследованиях, связанных с экономикой и менеджментом.

Ключевые слова: каузальность; социально-экономический процесс; последовательность причин; конфигурация причин; генерализация причин; каузальное поле; каузальное пространство.

Цитирование: Назаров Д.М. Классификация моделей и описание трендов в вопросах оценки каузальности связей в социально-экономических процессах // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 4. С. 47–61.

DOI: 10.17323/2587-814X.2020.4.47.61

Введение

Вопросы оценки каузальности связей в социально-экономических процессах обсуждаются в многих научных работах. При этом совершенно очевидно, что механизмы возникновения причинно-следственных связей универсальны относительно предмета и объекта исследования. Поэтому изучению причинно-следственных связей («причинности») уделяется огромное внимание во многих науках: философии, психологии, экономике, менеджменте, физике, химии и др. В социально-экономических науках вопросы «причинности» отождествляют с новым термином «каузальность», получающим все большее распространение. Каузальность (лат. *causalis*) – причинность, причинная взаимообусловленность событий во времени [1]. Разнообразие сфер применения понятия каузальности обуславливает многоплановость подходов к его изучению [2–17].

Основой исследовательской практики в сфере поиска каузальности связей в социально-экономических процессах стали экспериментальные и квазиэкспериментальные методы, которые позволили совершить настоящую «революцию достоверности» [2] в области эмпирических социально-экономических исследований. Новые методы и подходы, которые вышли далеко за рамки эконометрического и корреляционно-регрессионного анализа, позволили обеспечить высокое качество получаемых количественных оценок и надежно идентифицировать наличие каузальных, а не просто корреляционных связей. Это позволило весьма точно измерять силу воздействия одних наблюдаемых переменных на другие в рамках рассматриваемых социально-экономических процессов.

Общий смысл экспериментального подхода, в рамках которого зародились новые методы исследования каузальности социально-экономических процессов, достаточно прост. Он заключается в выборе объекта анализа, определении и формализации сущности воздействия (влияния), построении гипотезы исследования, а также в компаративном анализе оценки влияния выбранного воздействия (или отсутствия воздействия) на группы. Важнейшей характеристикой разбиения объектов на две такие группы, – экспериментальную и контрольную, – является рандомизация попаданий объектов в эти группы, которая помогает эффективно решать проблему эндогенности. Оценка разности (неодинаковости) таких воздействий на выбранные

случайным образом группы позволяет получить однозначный ответ на вопрос, является ли выбранное нами воздействие причиной изменения характеристик объектов. Таким образом, правильно выстроенный дизайн экспериментального исследования является залогом успешного изучения каузальности в социально-экономических процессах.

Эффективность исследования каузальности в социально-экономических процессах на основе правильно выстроенного дизайна подтверждена Кристофером Симсом и Томасом Сарджентом – лауреатами Нобелевской премии по экономике за 2011 год, присужденной «за эмпирические исследования причинно-следственных связей в макроэкономике» [13, 14]. Эти ученые разработали методы, позволяющие ответить на вопросы, касающиеся каузальных отношений между экономической политикой и различными макроэкономическими переменными, такими как ВВП, инфляция, безработица и инвестиции.

При оценке каузальности в социально-экономических процессах выделяют в современной науке три основных подхода к изучению причинно-следственных связей.

Подход «последовательность причин» (*successionist causation*) предусматривает исследование и идентификацию жизненно важных элементов каузальности, таких как переменные или методы, описывающие социально-экономические процессы. При этом исследования направлены на наблюдение связи между такими переменными с помощью методов опросов, экспериментов, испытаний и опытов. Объяснение каузальности при этом основано на различиях ассоциативных связей (реальные или ложные, прямые или косвенные), а также оценки силы и значимости этих связей [2, 3, 5, 12–14, 18, 19].

Подход «конфигурация причин» (*configurational causation*) подразумевает изучение социально-экономического процесса на основе сравнения или «компаративного» анализа данных. Это означает, что исследования начинаются с изучения ряда случаев определенного множества социально-экономических процессов или явлений, которые имеют сходство и различия. Цель таких исследований заключается в нахождении каузальности на основе выделения двух совокупностей факторов или параметров, одни из которых приводят к сходству, а другие к различию. Таким образом, каузальность в этом смысле является основой для разбиения изучаемой

совокупности социально-экономических процессов на два кластера. В результате проводимых исследований раскрываются ключевые конфигурации атрибутов, позволяющие объяснить различия в результатах по всему множеству рассматриваемых социально-экономических процессов [18–23].

Подход «генерализация причин» (*generative causation*) также предусматривает начало исследования с изучения измеримых паттернов, описывающих социально-экономические процессы. Однако предполагается, что они вызваны действием некоего глубинного механизма, описывающего человеческие действия, и, в общем случае, не формализуемого в виде совокупности переменных или атрибутов. Каузальность в этом случае сводится к созданию теорий таких механизмов, объясняющих возникновение или отсутствие единообразия (паттернов поведения) [23–28].

Представленные три научных подхода являются основой большинства научных исследований, направленных на выяснение причинно-следственных связей в социально-экономических процессах.

Следует подчеркнуть, что в центре внимания описанных подходов находится некоторый императив – «логика в использовании», а именно – причина, по которой тот или иной подход применяется в первую очередь. Каждый из трех подходов основан на некоторых ключевых организационно-исследовательских принципах, которые порождают соответствующую научную методологию. Такая методология является универсальной и может быть применена в различных областях знаний, включая общественные и исторические науки, чистые науки, а также прикладные науки в макро- и микро-масштабах.

С помощью рассмотренных выше подходов исследователи социально-экономических процессов пытаются решить ряд проблем в оценке каузальности связей между факторами: проблему прямого влияния X на Y , проблему отложенной или ретроспективной причинности, проблему функциональности (детерминированной или вероятностной) каузальности связей и ряд других [2–17].

Цель статьи состоит в том, чтобы рассмотреть классификацию моделей каузальности в рамках трех рассмотренных выше подходов и сформулировать тренды в развитии теорий каузальности применительно к социально-экономическим процессам и явлениям, с учетом развития инструментальных средств и перехода социума в цифровой формат развития.

1. Анализ подходов выявления каузальности в социально-экономических процессах

В широком смысле теория каузальности отвечает на вопрос, связанный с определением истинности утверждения « X порождает Y ». При этом X называют причиной или причинным фактором (или совокупностью факторов), а Y – следствием, откликом или результативным фактором (или совокупностью факторов). Говоря математическим языком, X есть необходимое условие Y , а Y является достаточным условием X (рисунок 1).

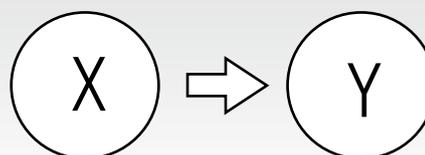


Рис. 1. Граф каузальности факторов социально-экономического процесса

В рамках подхода последовательности причин (*successionist causation*) каузальные связи устанавливаются между переменными, которые объясняют причину в рамках конкретной модели, описывающей социально-экономический процесс. При этом первым шагом является идентификация независимых переменных, которые фиксируют состояние процесса в некоторый момент времени, а также результат (эффект) – зависимую переменную, которую необходимо объяснить. Такие закономерности, ассоциации или корреляции обеспечивают базовое построение блоков в рамках дуализма «причина – следствие». Однако хорошо известно, что корреляция не является причинно-следственной связью. Поэтому в рамках данного подхода необходимо проделать большую работу для выявления причинно-следственной связи, путем анализа данных математическими методами. Выявление последовательности причин позволяет избежать нечеткого вывода о том, что «все вызывает все», и сосредоточиться на поиске действительно значимых влияний. В основном это делается двумя способами.

Первый способ заключается в выделении критических причинно-следственных связей путем манипуляций данными, которые разделяются случайно

на тестовую и контрольную выборки. При этом все, кроме одной, переменные фиксируются, и, таким образом определяется сила влияния этой переменной на результат. Поскольку выборки имеют идентичный состав, единственное влияние на результат может оказать только эта переменная. Таким образом, непосредственное влияние выделенной переменной на результат можно наблюдать и измерять напрямую.

Второй способ выявления каузальности подразумевает аналогичную логику, но контроль результата достигается по-другому. Чтобы проверить правдивость и силу любой конкретной причинно-следственной связи, вводится тестовая переменная, которая проверяется на предмет изменения первоначальной модели влияния. Иначе говоря, проверяется сила влияния этой переменной на результат и исходную переменную.

Таким образом, в рамках первого подхода переменные, описывающие социально-экономический процесс, поясняют полученный результат. Каузальность управляется путем постепенного добавления переменных, сбора данных, создания измерительных инструментов и обеспечения возможностей для обработки экспериментальных данных. При этом оценка каузальности основана на глубоком анализе данных, связанном с поиском эффективных комбинаций массивов переменных, которые наиболее точно описывают социально-экономический процесс.

Подход «конфигурация причин» (*configurational causation*) к выявлению каузальности связей в социально-экономических процессах, по сути, основан на идеях Джона Стюарта Милля, изложенных в книге «Система логики» [12], которые были развиты в работах [20, 21]. С технической точки зрения, это связано с переходом от методологии, основанной на переменных, к методике, основанной на конкретных (частных) случаях, в рамках которой рассматриваются атрибуты или условия. Атрибуты также идентифицируемы посредством сбора данных. Отличие заключается в том, что атрибуты рассматриваются как части социально-экономического процесса, а не как самостоятельные объекты, но, тем не менее, представляют собой независимые переменные. Таким образом, каузальность в этом смысле определяется особой конфигурацией атрибутов в целостной системе. Анализ переменных в рамках первого подхода ориентирован на выявление вклада отдельных причин, а конфигурационный анализ пытается проследить результаты на основе их сочетания (атрибутов). Данный тезис схематично можно изобразить в следующем виде (рисунком 2).

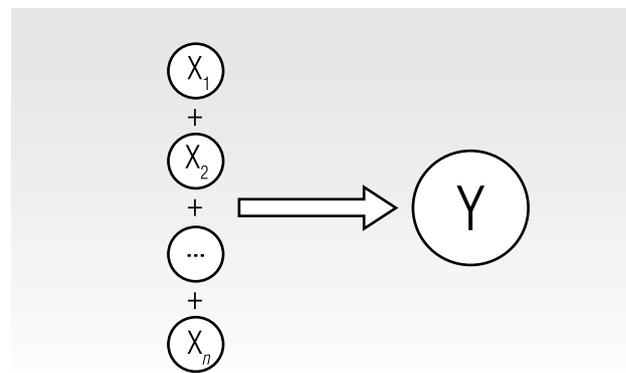


Рис. 2. Граф конфигурационной каузальности факторов социально-экономического процесса

Для того, чтобы пояснить смысл этого графа, приведем пример исследования Мура [29], в котором ранняя индустриализация Британии была обусловлена такими факторами, как слабая аристократия, технологический прогресс, сильный средний класс, перемещение дешевой рабочей силы, наличие колоний и др. Любой из этих факторов сам по себе вряд ли сможет вызвать изменения в промышленном производстве. Однако, вместе взятые, эти факторы дают мощный импульс. Действительно, технологический прогресс не будет масштабировать производство без притока дешевой рабочей силы, которая возможна за счет наличия колоний. Таким образом, знак «+» на рисунке 2 означает наличие некоторого набора атрибутов. Понимая атрибут как совокупность взаимосвязанных переменных, мы получаем первую принципиальную особенность второго подхода. Тогда становится видна ограниченность первого подхода, выявленная нами при рассмотрении исследования, посвященного моделированию процесса вступления России в ВТО [30]. Основная идея конфигурационной причинности заключается в том, что изменение социально-экономического процесса обусловлено взаимосвязью переменных в атрибутах. Отсутствие какой-либо одной переменной в атрибуте не вызывает изменений, следовательно, и сам атрибут не является причиной этого изменения. Именно комбинаторная природа структуры атрибута является ключевой характеристикой каузальной сложности, которая рассматривается в рамках второго подхода. Второй важный момент в понимании смысла конфигурационной причинности состоит в том, что именно сопоставимые явления сравнивают-

ся на предмет поиска каузальности. Например, в примере о ранней индустриализации Британии, компаративный анализ аналогичной структуры атрибутов в промышленно развитых странах того периода (Франции и Германии) дал бы нам ответ на вопрос, почему именно Британия стала лидером индустриализации того времени.

Таким образом, во втором подходе устанавливается новая причинно-следственная логика, значительно отличающаяся от модели первого подхода и имеющая следующие характеристики:

- ◆ конфигурации атрибутов объясняют причину;
- ◆ разнородные конфигурации атрибутов могут привести к одному и тому же результату;
- ◆ аналогичные конфигурации атрибутов могут привести к различным результатам;
- ◆ индивидуальные наборы атрибутов могут способствовать получению противоположных результатов.

В рамках второго подхода была разработана технология выявления причинно-следственных связей, получившая название качественного сравнительного анализа [21, 22]. Данная технология состоит в реализации четырех шагов:

1. Выдвинуть гипотезу и выбрать потенциальные атрибуты, которые могли бы привести к исследуемому результату;
2. Сбор данных (с помощью первичных или вторичных средств) и размещение их в матрице данных;

Упрощение «таблицы истинности» для выявления наиболее значимых причинно-следственных связей. Упрощение включает получение основных причинных конфигураций с использованием аналитических правил, например, следующих: «Если две строки таблицы истинности отличаются только одним атрибутом, но все же приводят к одному и тому же результату, то атрибут, который различает эти два ряда, может быть проигнорирован и исключен из рассмотрения: $Y = X_1.X_2.x_3.x_4$ (1100), $Y = X_1.X_2.x_3.X_4$ (1101)». Здесь «X» (прописная буква) означает код 1 (истина), а «x» (строчная буква) — код 0 (ложь). Такая запись обозначает, что присутствие или отсутствие атрибута номер 4 в таблице истинности x_4 (X_4) не имеет никакого значения для определенного класса ситуаций $Y = X_1.X_2.x_3$, если они находятся в одной таблице истинности;

Выбор основных конфигураций атрибутов и интерпретация результатов.

Подход генеративной (порождающей) причинности (*generative causation*) основан на упорядоченной последовательности применения правил к набору абстрактных символов [1]. Вопросы, связанные с возникновением и развитием этого подхода, имеют философские корни и связаны с понятиями критического реализма [25–28] и генеративного моделирования [30–32]. Ключевым отличием генеративной причинности является исследование причинно-следственных связей на уровне механизма их возникновения и функционирования в социально-экономических процессах (рис. 3).

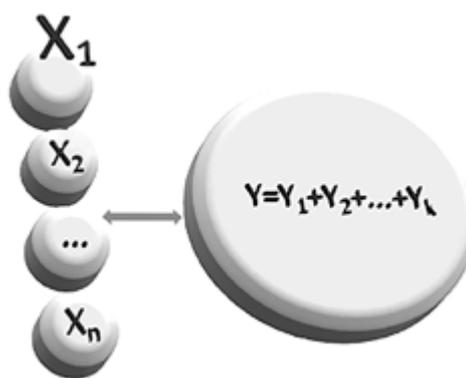


Рис. 3. Граф генеративной каузальности факторов социально-экономического процесса

Первое принципиальное отличие данного подхода заключается в ином представлении результата исследования. При генеративном объяснении цель состоит в том, чтобы объяснить, что вызывает причинно-следственные связи, то есть определить некоторые закономерности связей между атрибутами и результатами в виде ассоциативных правил. Набор таких закономерностей можно рассматривать как возможные паттерны поведения при исследовании социально-экономических процессов. По сути, представление результата также понимается как совокупность атрибутов, а причинная стрелка заменяется на знак «равносильности» (двунаправленную стрелку), который показывает взаимосвязь наборов переменных. Таким образом, в генеративном подходе результаты являются объектом объяснения, поскольку описывают более сложные последовательности, сравнения, тенденции и взаимосвязи.

Второе отличие — «порождающие механизмы» или «лежащие в основе механизмы», которые отражают уникальность подхода и объясняют паттерны результатов. Причинно-следственные связи в этом случае находятся в «механизме действия» каузальности и понимаются как «потенциалы» или «процессы», присущие изучаемой системе. Таким образом, социальные-экономические исследования начинаются с шаблонов результатов и с гипотезы о выборе и аргументации атрибутов.

К третьему отличию относятся контексты, которые необходимы для объяснения типологии результатов. Контексты представляют собой возможные варианты в генеративном объяснении каузальных связей. Контексты — это уже существующие институциональные, организационные и социальные условия, которые задают рамки исследования каузальности в социально-экономическом процессе. Они позволяют выработать инфраструктуру исследования каузальности в социально-экономических процессах.

Описав особенности генеративной причинности, можно концептуально описать поиск каузальности в социально-экономических процессах. Каузальность связей в социально-экономических процессах объясняется тем, что механизм (М), действующий в контексте (С), будет генерировать результат (О). Эти предложения технологии СМО являются отправной точкой и конечным продуктом исследования. Исследование начинается с гипотез, направленных на объяснение паттерна результата, постулируя, как они могут быть объяснены в пределах определенного контекста. Затем проводится эмпирическое исследование для более точной настройки понимания механизма действия в рамках итерационного процесса соотнесения исходных данных и результата.

Таким образом, сравнивая три перечисленных подхода, можно констатировать, что все они являются основой для построения устойчивых информативных каузальных связей социально-экономических процессов и обладают свойством вложенности:

Последовательность причин \subset Конфигурация причин \subset Генерализация причин

Все три подхода подразумевают построение гипотез и интерпретацию модели каузальности связей в социально-экономических процессах.

В рамках первых двух подходов исследователи сосредоточены на поиске и применении адекватных методов и инструментальных средств для того, что-

бы выполнить основные расчеты, которые оценивают силу и качество связи, поскольку именно эти характеристики являются основными для построения механизма каузальности, описание которого дано в третьем подходе. Однако в первых двух подходах исследования не сосредоточены на вопросе о том, почему отдельные частичные каузальности переменных и атрибутов имеют смысл. Это означает, что переменные и атрибуты, а также их взаимосвязи отвечают за установление силы причинно-следственной связи, но не учитывают инфраструктуру и контекст рассматриваемого социально-экономического процесса, хотя именно эти характеристики структурируют происходящее и влияют на качество проведенного исследования. Иначе говоря, первый подход (последовательность причин), который условно можно назвать линейным (одномерная модель), допускает улучшение путем добавления переменных, однако добавление такой «поэлементной» сложности приводит к возрастанию (в экспоненциальном виде) вычислительной и описательной сложности. Второй подход (конфигурация причин) учитывает взаимосвязи между переменными и позволяет представить их в виде атрибутов. Применяя положения этого подхода, можно утверждать, что мы имеем дело с каузальным полем факторов и атрибутов (двухмерная модель). Для улучшения результатов исследований в этом подходе используются дополнительные сравнения, что также приводит к возрастанию сложности модели оценки каузальности связей. В рамках этих двух подходов достаточно сложно получить устойчивые эмпирические обобщения и объяснительную убедительность.

Третий подход (генерализация причин) обладает наиболее полной технологией оценки каузальности связей в социально-экономических процессах, поскольку в нем присутствуют элементы, позволяющие усилить генеративные рассуждения. Однако то, что конфигурации «контекст — механизм — результат» обеспечивают большую гибкость объяснения, чем модели на основе переменных или атрибутов, не означает, что они в каком-то смысле являются окончательными или завершенными. Безусловно, для формирования механизмов каузальности связей требуется более мощный массив данных и комплексные методы оценки. В то же время, присутствие контекста позволяет усилить объяснительную природу каузальности в социально-экономических процессах, а каузальное пространство факторов позволяет с наименьшими потерями перенести построенный механизм из одной области в другую.

Примером генеративной каузальности может служить открытия Нобелевских лауреатов в области экономики, которые строят свои модели, исходя из некоторых причинно-следственных предположений, получая новые и обобщая традиционные экономические законы. Дж. Акерлофф утверждает, что рациональное поведение на различных сегментах рынка должно учитывать определенную степень информационной асимметрии между продавцом и покупателем [34]. Таким образом, для исследования эффективности рыночного поведения (по Парето) предлагается добавить атрибут «информационная асимметрия». При этом результат в таком каузальном пространстве получается многозначным, поскольку атрибут «асимметрия» для различных категорий рыночных агентов по-разному описывает реальную рыночную ситуацию. Генеративная каузальность в этом смысле порождает новую теорию рыночного поведения. Контекстом в данном случае может являться конкретный рынок, на котором рассматривается приведенное выше каузальное пространство факторов: рынок поддержанных автомобилей, страховой и медицинский рынки и другие.

2. Примеры применения подходов к выявлению каузальности социально-экономических процессов

Пример 1. Последовательность причин» (*successionist causation*)

В работе М.С. Юдаевой [30] рассматривается вопрос о каузальной связи между процессом присоединения России к ВТО и последствиями этого присоединения. Последовательная каузальность здесь представляет собой ациклический граф. Автор предлагает с помощью метода рандомизированных вероятностей оценить силу связей в ациклическом графе на конкретном примере – электроэнергетическом секторе экономики России.

В своем исследовании автором применена логика первого подхода. Однако феномен присоединения России к ВТО выходит далеко за рамки выбранных переменных, поэтому полученные оценки влияния можно считать лишь частичными (например, не обнаружено никакого эффекта для других отраслей).

Несмотря на эти недостатки, это исследование настолько точно, насколько мы можем приблизиться к манипулированию процессом присоединения к ВТО, чтобы наблюдать влияние одной переменной (вершины ациклического графа) на другую, когда все

остальные переменные априори считаются неизменными.

Основная логика данного подхода остается неизменной: выдвигаются гипотезы о причинно-следственных связях, собираются данные о наборе подходящих переменных для изучения этой закономерности и, в соответствии с результатами анализа, предполагаемая причина дополнительно разъясняется на конкретном примере.

Пример 2. Конфигурация причин» (*configurational causation*)

Исследования американского ученого Д. Майстера [35] в области каузальности «корпоративная культура – прибыльность предприятия» отражают принципы конфигурационного подхода. На первом этапе автор выделил несколько атрибутов корпоративной культуры, которые определяют финансовую успешность компании: самосовершенствование, лидерство и др. Логика построения каузальных связей представлена на рисунке 4. При этом автор строит каузальное поле и оценивает силу каузальности связей на основании статистической обработки результатов деятельности 139 фирм, в которых работало 5589 человек.

Используя эконометрический аппарат, Д. Майстер доказал, что наибольшее влияние на финансовый успех оказывают два фактора: рост прибыли (0,81) и прибыль на одного работника (0,53). Остальные факторы имеют существенно более низкий уровень влияния (0,27 и 0,24 соответственно). Ограниченность данного исследования заключается в базовом предположении о линейности и независимости влияния факторов.

Итак, применение технологии QCA в рамках конфигурационного подхода на конкретных примерах исследования каузальности корпоративной культуры и основных показателей деятельности предприятия (организации) показали реализацию всех обозначенных выше четырех этапов. Действительно, методы оценки, разрабатываемые авторами, начинаются с определения структуры атрибутов, которые могут способствовать достижению результата на основе здравого смысла, то есть анализа управленческих ситуаций в разных организациях. Затем автор, понимая сложность рассматриваемого явления, сделали попытку, каждый по-своему, объяснить сложное взаимодействие атрибутов и построить различные комбинации, отсортировав их по степени важности. На основе полученных конфигураций

был разработан метод оценки каузальности корпоративной культуры и основных показателей деятельности предприятия (организации).

Пример 3. Генерализация причин» (*generative causation*)

Модель Д. Денисона [36] оценки влияния корпоративной культуры на деятельность предприятия можно отнести к генеративному подходу исследования каузальности связи «корпоративная культура – эффективность деятельности предприятия».

Каждый компонент дуальной связи представляет собой синергетическую сумму нескольких атрибутов. Корпоративная культура включает вовлеченность, согласованность, способность к адаптации и миссию компании. Эффективность деятельности предприятия включает активы и инвестиции, продажи и качество продукции, удовлетворенность работников и уровень инноваций, креативность и клиентоориентированность, рост продаж и увеличение доли рынка [36, 37].

Такая декомпозиция позволяет наиболее полно представить механизм взаимосвязей между корпоративной культурой и эффективностью и содержит явные признаки генеративной причинности, являясь более точным инструментом для определения влияния корпоративной культуры на эффективность деятельности предприятия. По сути, Д. Денисон предложил свое оригинальное каузальное пространство факторов, связывающих показатели деятельности организации с корпоративной культурой, и описал механизм их действия в различных контекстах.

Результатом оценки каузальности связей в модели Д. Денисона можно считать набор ассоциативных связей, порождающих механизм каузальности корпоративной культуры и показателей деятельности организации, связывающий атрибуты (составляющие корпоративной культуры) и результаты (эффективность деятельности предприятия) [36, 37].

3. Математические и инструментальные модели каузальности

Вопросам концептуализации моделей каузальности на начальных этапах развития были посвящены работы достаточно большого количества ученых – философов и психологов.

Дж. Милль [12] обосновал принципы научного познания и разработал ряд концептуальных моделей обнаружения причин и следствий при изучении социально-экономических процессов (и не только). Он

отождествил понимание причины, используя логическую интерпретацию «причина – необходимое и достаточное условие следствия», а также предложил для выявления каузальности использовать модель различий. Суть этой модели заключалась в «просеивании» факторов изучаемых процессов через «сито» критерия, который был связан с оценкой коллинеарности изменения посылки и результата.

Вторая по значимости концептуальная модель каузальности связей была разработана психологом Д. Юмом [38]. Базовой характеристикой этой модели являются ассоциации, которые ученый определил как способности устанавливать связи между ощущениями. Ассоциации структурируют ощущения по параметрам сходства и пространственно-временной протяженности. Д. Юм определил условия возникновения ассоциации причинности следующим образом: причина и следствие должны быть смежны друг с другом во времени и пространстве, причина должна предшествовать следствию, и эта связь должна быть необходимой.

Таким образом, благодаря концептуальным моделям, предложенным в философии и психологии, к основным факторам, влияющим на оценку каузальной структуры процессов и явлений, относят следующие: статистические связи между событиями, временной порядок следования событий друг за другом, изменение естественного течения событий в результате разных событий, априорные представления и установки.

Метрика, оценивающая такие сочетания появления или отсутствия появления событий, может быть определена на основе классической формализации концептуальных моделей – уравнения сопряженности причины и следствия: $\Delta p = p(Y|X) - p(Y|\neg X)$. В этом уравнении степень сопряженности (Δp) определяется как разность (по Дж. Миллю) условных вероятностей следствия Y при присутствии и отсутствии фактора X . Обратим внимание на то, что такая формализация не отражает направление каузальной связи (от причины к следствию), которое является ключевым в оценке каузальности [7, 10, 15, 17]

В математике хорошо известны три теории, связанные с моделированием социально-экономических процессов в условиях неопределенности: теория вероятностей, теория возможностей и теория нечетких множеств.

В качестве фундаментальных экономико-математических моделей каузальности связей между факторами рассматриваются вероятностно-стати-

стические, нечеткие и экспертные методы и модели, подразумевающие, прежде всего, исследования свершения событий в рамках проводимых экспериментов с учетом дизайна экспериментального исследования.

Первая группа моделей связана с корреляционно-регрессионным анализом. В рамках этой группы моделей следует отметить структурные уравнения и диаграммы С. Райта, причинно-следственные модели Неймана–Рубина, функциональные модели Перла, динамические модели Дэвида и различные графовые модели. Так или иначе, во всех этих моделях в качестве меры детерминации применяются разные виды корреляционного анализа и вычисляется коэффициент корреляции. Более подробная информация о таких моделях содержится, например, в работах [5, 9, 39–43].

Вторая группа моделей получила общее название «конфирматорный анализ» [44, 45]. Суть конфирматорного факторного анализа заключается в оценке силы связей некоторой латентной переменной, которая оказывает влияние на результаты и атрибуты. Такой подход, основанный на эконометрическом аппарате исследований зависимостей, позволяет сравнить различные структуры факторов. Методология конфирматорного анализа основана на дедуктивной логике, поэтому этот метод является очень популярным в оценке каузальности связей.

Третья группа моделей базируется на экспертных методах оценки различных параметров социально-экономических процессов на основе анализа и сравнения многокритериальных альтернатив. Сущность матричных экспертных методов состоит в построении матриц, отражающих в разных формах относительную значимость исследуемых альтернатив по заданному пулу признаков. Что касается графовых методов, то они, в первую очередь, предполагают построение какой-либо иерархической (или сетевой) структуры, отражающей взаимные влияния и реализующей маршруты достижения различных целей. Заметим, что предложенное разделение условно, поскольку как в графовых, так и в матричных методах могут быть использованы отдельные элементы и тех, и других одновременно. Говоря об особенностях каждого метода, нельзя не обратить внимание на алгоритмы экспертных оценок, отвечающих на вопрос, как обрабатывается мнение эксперта или группы экспертов. Среди этих алгоритмов можно выделить, по крайней мере, две группы — алгоритмы количественных и качественных оценок. Одним из наиболее распространенных

методов экспертной оценки каузальности связей являются методы, позволяющие оценивать различные коэффициенты причинно-следственных связей между факторами социально-экономических процессов: DEMATEL [45–47], MICMAC [48–51], а также метод обнаружения и оценки влияния имплицитных факторов [39–41].

Метод DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) [45–47] представляет собой один из многих многокритериальных методов принятия решений и подразумевает эффективную идентификацию каузальных связей сложной системы на основе агрегации экспертных оценок. Данный метод агрегирует коллективное экспертное мнение, чтобы исключить случайные отношения между показателями и критериями, а на основе каузальных связей идентифицировать самые важные показатели, определяющие некоторую интегральную характеристику. Метод позволяет определить прямые, обратные и косвенные связи, а также направление взаимозависимости между критериями и показателями.

Метод MICMAC [48] расшифровывается как «Matrix d'Impacts Croises Multiplication Appliqué un Classement», что дословно означает «композиция перекрестной матрицы и классификации». Анализ с помощью данного метода представляет собой процедуру построения классификационной матрицы перекрестного влияния факторов и предназначен для оценки степени зависимости влияния переменных (силы каузальных связей) на основе ранжирования. Каждый из исследуемых факторов относится к одному из четырех кластеров: автономный, зависимый, взаимосвязанный и независимый. Данные факторы (драйверы) сгруппированы на основе определенного потенциала и силы влияния. Автономные факторы (квадрант 1) — это факторы, у которых слабый потенциал и сила влияния. Как правило, они практически незначимы при определении каузальности. Зависимые факторы (квадрант 2) — это факторы, у которых низкий потенциал, но сильное влияние. Взаимосвязанные факторы (квадрант 3) — это факторы, которые имеют высокий потенциал и силу влияния. Эти факторы связаны каузально, то есть действие над одним из них приведет к изменению другого. Независимые факторы (квадрант 4) — это факторы, которые имеют сильный потенциал, но слабое влияние. Все факторы наносятся на график с четырьмя кластерами, где потенциал переменной находится на оси Y, а сила влияния — на оси X.

В работах [39–41, 52] предложен пул экономико-математических моделей, которые позволяют на основе исследования множества факторов управления организацией выделить имплицитные, после чего, на основе аппарата нечеткой логики, используя импликацию по Гогену, оценить степень влияния этих факторов на другие факторы управления. В качестве примера предлагается оценить влияние корпоративной культуры на основные показатели деятельности организации. При этом, с применением нечетких бинарных отношений можно получить каузальное поле факторов, определяющих каузальную связь «корпоративная культура – основные показатели деятельности организации».

4. Основные тренды развития моделей каузальности социально-экономических процессов

Современные цифровые технологии позволяют получать и обрабатывать в режиме реального времени большие объемы данных. Это дает возможность широко использовать арсенал математических теорий и методов, связанных с вероятностной, статистической и экспертной оценкой различных детерминант социально-экономических процессов.

Соответственно, существуют, по крайней мере, три основных тренда, которые позволят совершить «революцию достоверности» в каузальных исследованиях социально-экономических процессов и повысить качество управления ими.

Первый тренд связан с развитием существующих методов на базе агрегации оценок, полученных с помощью технологий обработки больших данных. Данный тренд подразумевает развитие в рамках всех трех подходов оценки каузальности, однако наиболее явно кодифицирует два первых подхода – последовательности причин и конфигурации причин. Действительно, методы интеллектуального анализа данных, во-первых, «не боятся» кратного увеличения переменных в каузальных моделях исследования социально-экономических процессов. Это означает, что с помощью имеющихся инструментальных средств (SAP Analytic Cloud, SAP HANA, Power BI, QlikView, Python, R и др.) исследователь, при наличии данных, может выполнить различные виды проверок разных факторов на каузальность и повысить достоверность результата. Во-вторых, при наличии данных можно построить такие алгоритмы формализации количественных оценок (например,

ранжирования факторов), которые частично или полностью заменят экспертное мнение.

Второй тренд связан с применением интеллектуальных алгоритмов обработки данных, которые можно настроить на «измерение» каузальности полей и пространств факторов. Этот тренд позволит существенно формализовать подход генерализации причин и сделать его доступным для большинства исследователей. Заметим, что генерализация причин подразумевает построение ассоциаций и классификаций (по Д. Юму и Дж. Миллу). В рамках существующих алгоритмов хотелось бы обратить внимание на два основных метода – алгоритм построения байесовских сетей и алгоритм Априори, которые на основе специально подготовленных наборов данных позволяют построить ассоциативные правила, характеризующие поведенческие характеристики людей – участников социально-экономических процессов.

За последние двадцать лет байесовские сети стали одним из базовых инструментов формализации неопределенностей в искусственном интеллекте. Байесовские сети не только обеспечивают естественный и компактный способ кодирования факторов экспоненциального размера в каузальном пространстве, но и позволяют получить эффективный вероятностный вывод в режиме реального времени [53–56]. Важно, что байесовские сети являются ориентированными ациклическими графами, где узлы представляют собой случайные величины, а ребра – условные зависимости между случайными величинами, распределенными либо дискретно, либо непрерывно. Поскольку большинство структурно-функциональных моделей социально-экономических процессов представлены в виде различных иерархий, то есть ациклических графов, байесовские сети идеально подходят для выявления каузальности связей в них.

Алгоритм Априори [56] и его модификации позволяют формализовать так называемые рекомендательные системы, в рамках которых на основе данных строятся ассоциативные правила в виде импликаций «если – то». Различные срезы данных и наборы переменных позволяют установить каузальность связей в различных контекстах исследования социально-экономических процессов. Сущность алгоритма позволяет резко сократить размерность данных, а его настройки и быстрота действия в режиме реального времени – осуществить достаточно большое число экспериментов.

Третий тренд связан с алгоритмами и методами машинного обучения. Благодаря гибкости настроек и инструментальной поддержке, эти алгоритмы позволяют в рамках любого из рассмотренных выше подходов разработать новые, не известные на сегодняшний день методы и технологии оценки каузальных связей в социально-экономических процессах.

Заключение

В рамках проведенного теоретико-методологического исследования была предпринята попытка в рамках общепринятых подходов изучения каузальности социально-экономических процессов в мировой науке построить их модели, исходя из глубокого анализа контента по этой проблеме. Следует отметить, что в российской науке явно недостаточно публикаций, использующих три основных подхода к изучению причинно-следственных связей, к которым относятся «последовательность причин» (successionist causation), «конфигурация причин» (configurational causation)

и «генерализация причин» (generative causation). Цифровой формат развития социально-экономических процессов позволяет от концептуализации каузальности перейти непосредственно к прикладному использованию накопленного опыта и знаний в этой сфере, используя современный инструментарий анализа больших данных. Такой подход позволит более точно выявлять причинно-следственные связи социальных процессов и получать больший эффект от исследований в этом направлении. Универсальность рассмотренных методов и моделей гарантирует успешное применение программного обеспечения для развития исследований в области построения прикладных цифровых моделей каузальности социально-экономических процессов. ■

Благодарности

Статья выполнена при поддержке РФФИ, в рамках гранта РФФИ конкурса «Экспансия–2019» № 19-110-50281.

Литература

1. *Философский энциклопедический словарь*. 2-е изд. / Под ред. Л.Ф. Ильичева, П.Н. Федосеева, С.М. Ковалева, В.Г. Панова. М.: Советская энциклопедия, 1989.
2. Angrist J.D., Pischke J.-S. The credibility revolution in empirical economics: How better research design is taking the con out of econometrics // *Journal of Economic Perspectives*. 2010. Vol. 24. No 2. P. 3–30. DOI: 10.1257/jep.24.2.3.
3. Almond D., Mazumder B. Health capital and the prenatal environment: The effect of Ramadan observance during pregnancy // *American Economic Journal: Applied Economics*. 2011. Vol. 3. No 4. P. 56–85. DOI: 10.1257/app.3.4.56.
4. Asher H.B. Voting behavior research in the 1980s: An examination of some old and new problem areas // *Political science: The state of the discipline* / Ed. A.W. Finifter. Washington DC: American Political Science Association. 1983. P. 339–388.
5. Dawid A.P. The decision-theoretic approach to causal inference // *Causality: Statistical perspectives and applications* (eds. C.R. Berzuini, A.P. Dawid, L. Bernardinelli). Chapter 4. Wiley and Sons, 2012. P. 25–42. DOI: 10.1002/9781119945710.ch4.
6. Glymour C.N. *The mind's arrows: Bayes nets and graphical causal models in psychology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
7. Mackie J.L. *The cement of the universe: A study of causation*. Oxford, England: Clarendon Press, 1974.
8. Murphy G.L. *The big book of concepts*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
9. Pearl J. *Causality models, reasoning, and inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
10. Rescorla R.A., Wagner A.R. A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and non-reinforcement // *Classical conditioning II: Current research and theory* / Eds. A.H. Black, W.F. Prokasy. New York: Appleton-Century-Crofts, 1972. P. 64–99.
11. Hair trapping with valerian-treated lure sticks as a tool for genetic wildcat monitoring in low-density habitats / K. Steyer [et al.] // *European Journal of Wildlife Research*. 2013. No 59. P. 39–46. DOI: 10.1007/s10344-012-0644-0.
12. Mill J.S. *A system of logic*. Honolulu: University Press of the Pacific, 2002.
13. Sargent T.J. A note on maximum likelihood estimation of the rational expectations model of the term structure // *Journal of Monetary Economics*. 1979. No 5. P. 133–143.
14. Sims C. Money, income and causality // *American Economic Review*. 1972. Vol. 62. No 4. P. 540–552.
15. Suppes P. A probabilistic theory of causality // *British Journal for the Philosophy of Science*. 1973. Vol. 24. No 4. P. 409–410.
16. Salmon W. *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1984.
17. Woodward J. *Making things happen: A theory of causal explanation*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
18. Campbell D., Stanley J. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally, 1963.
19. Moore B. *Social origins of dictatorship and democracy*. Boston: Beacon Press, 1966.
20. Skocpol T. (ed.) *Vision and method in historical sociology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
21. Ragin C. *The comparative method*. Berkeley: University of California Press, 1987.

22. Ragin C. Constructing social research. Thousand Oaks: Pine Forge Press, 1994.
23. Abbott A. The causal devolution // *Sociological Methods and Research*. 1998. Vol. 27. No 2. P. 148–181.
24. Archer M. *Realist social theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
25. Bhaskar R. *A realist theory of science*. Hassocks: Harvester Press, 1978.
26. *Critical realism: Essential readings* / R. Bhaskar [et al.]. London: Routledge, 1988.
27. Blalock H. *Causal inferences in non-experimental research*. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1961.
28. Pawson R. *A measure for measures: A manifesto for empirical sociology*. London: Routledge, 1989.
29. Moore B. *Social origins of dictatorship and democracy*. Boston: Beacon Press, 1966.
30. Горбань М.И., Гуриев С.М., Юдаева К.В. Россия в ВТО: мифы и реальность // *Вопросы экономики*. 2002. № 2. С. 61–82.
31. Boudon R. *Tocqueville for today*. Oxford: Bardwell Press, 2006.
32. Elster J. *Nuts and bolts for the social sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
33. Fararo T. *The meaning of general theoretical sociology: Tradition and formalization*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
34. Akerlof G.A. The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism // *Quarterly Journal of Economics*. 1970. No 84. P. 488–500.
35. Maister D.H. *Practice what you preach: What managers must do to create a high achievement culture*. New York: Free Press, 2001.
36. Denison D., Hooijberg R., Lane N., Lief C. *Leading culture change in global organizations: Aligning culture and strategy*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2012.
37. *Culture getting started guide* / Denison Consulting, 2009. [Электронный ресурс]: <http://staff.studentlife.umich.edu/files/dsa/Getting+Started+Guide.pdf> (дата обращения: 24.05.2020).
38. Юм Д. *Трактат о человеческой природе / Сочинения в 2-х тт.* Т. 2. М.: Мысль, 1965.
39. Nazarov D.M. Fuzzy model for assessment of causality of factors in collaborative economy // *Proceedings of the 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI 2017)*. Thessaloniki, Greece, 24–27 July 2017. Vol. 2. P. 28–31. DOI: 10.1109/CBI.2017.4.
40. Nazarov D.M. The fuzzy logic methodology for evaluating the causality of factors in organization management / *Open access peer-reviewed chapter, 2019* [Электронный ресурс]: <https://www.intechopen.com/books/fuzzy-logic/the-fuzzy-logic-methodology-for-evaluating-the-causality-of-factors-in-organization-management> (дата обращения 01.07.2020). DOI: 10.5772/intechopen.84814.
41. Назаров Д.М. *Методология нечетко-множественной оценки имплицитных факторов в деятельности организации*. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016.
42. Wright S. Correlation and causation // *Journal of Agricultural Research*. 1921. No 20. P. 557–585.
43. Rubin D.B. Bayesian inference for causal effects: The role of randomization // *Annals of Statistics*. 1978. Vol. 6. No 1. P. 34–58.
44. Hair J.F., Hult G.T.M., Ringle C.M., Sarstedt M. *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS–SEM)*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2017.
45. Jassbi J., Mohamadnejad F., Nasrollahzadeh H. A fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map // *Expert Systems with Applications*. 2011. Vol. 38. No 5. P. 5967–5973. DOI: 10.1016/j.eswa.2010.11.026.
46. Chen F.H., Chi D.-J. Application of a new DEMATEL to explore key factors of China’s corporate social responsibility: Evidence from accounting experts // *Quality & Quantity*. 2015. Vol. 49. No 1. P. 135–154. DOI: 10.1007/s11135-013-9978-2.
47. Wu H.-H., Chang S.-Y. A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management // *Applied Mathematics and Computation*. 2015. Vol. 256. P. 394–403. DOI: 10.1016/j.amc.2015.01.041.
48. Khanam S., Siddiqui J., Talib F. Modeling the TQM enablers and IT resources in the ICT industry: An ISM-MICMAC approach // *International Journal of Information Systems and Management*. 2016. Vol. 1. No 3. P. 195–218. DOI: 10.1504/IJISAM.2015.072290.
49. Mudgal R., Shankar R., Talib P., Raj T. Greening the supply chain practices: An Indian perspective of enablers’ relationship. *International Journal of Advanced Operations Management*. 2009. Vol. 1. No 2–3. P. 151–176. DOI: 10.1504/IJAOM.2009.030671.
50. Poduval P.S., Pramod V., Raj J. Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM) // *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2015. Vol. 32. No 3. P. 308–331. DOI: 10.1108/IJQRM-06-2013-0090.
51. Raj T.; Shankar R.; Suhaib M. An ISM approach for modelling the enablers of flexible manufacturing system: The case for India // *International Journal of Production Research*. 2008. Vol. 46. No 24. P. 6883–6912. DOI: 10.1080/00207540701429926.
52. Назаров Д.М. *Теоретические и методические основы нечетко-множественной оценки имплицитных факторов управления организацией*. Автореферат дис. ... доктора экономических наук. СПб, 2016.
53. Russell S., Norvig P. *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall, 1995.
54. Suwignjo P., Bititci U.S., Carrie A.S. Quantitative models for performance measurement system // *International Journal of Production Economics*. 2000. Vol. 64. No 1–3. P. 231–241. DOI: 10.1016/S0925-5273(99)00061-4.
55. Tian J. Identifying direct causal effects in linear models // *Proceedings of the 20th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI–05)*. Pittsburgh, Pennsylvania, 9–13 July 2005. Vol. 1. P. 346–352.
56. Agrawal R., Srikant R. Fast algorithms for mining association rules in large databases // *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, Santiago, Chile, 12–15 September 1994*, pp. 487–499.

Об авторе**Назаров Дмитрий Михайлович**

доктор экономических наук;

заведующий кафедрой бизнес-информатики, институт менеджмента и информационных технологий, Уральский государственный экономический университет, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62;

E-mail: slup2005@mail.ru

Classification of models and description of trends in assessing the causality of relationships in socio-economic processes

Dmitry M. Nazarov

E-mail: slup2005@mail.ru

Ural State University of Economics

Address: 62, 8 Marta Street, Yekaterinburg 620144, Russia

Abstract

Scientific research of any socio-economic and managerial process can be represented as a chain of reflections on the causes and consequences of this or that phenomenon's occurrence. At the same time, the authors can try not only to answer the question "why?" but also to study and understand the nature of cause-and-effect relationships, to find out the mechanisms of their occurrence, and also to get the answer to the question posed as accurately and reasonably as possible. Each author, using the accumulated experience, offers both qualitative and quantitative methods that allow him to obtain one or another assessment of causality. However, there are not enough articles devoted to a comprehensive review of the methods and technologies of cause-and-effect relationships in socio-economic processes. This article discusses three well-known conceptual approaches to the assessment of causation in socio-economic sciences: successionist causation, configurational causation and generative causation. The author gives his own interpretation of these approaches, builds graphic interpretations, and also offers such concepts as a linear sequence of factors, the causal field, and the causal space of factors in socio-economic processes. Within the framework of these approaches, a classification of mathematical and instrumental models for assessing the causality of relationships in socio-economic processes is given, and trends in the development of these and new models are formulated, taking into account the global transition to a digital format. All of these trends are based on the use of digital technologies in different formats and include descriptions of such formats. The article contains specific author's examples of causality model implementation in scientific research related to economics and management.

Key words: causality; socio-economic process; sequence of reasons; configuration of reasons; generalization of reasons; causal field; causal space.

Citation: Nazarov D.M. (2020) Classification of models and description of trends in assessing the causality of relationships in socio-economic processes. *Business Informatics*, vol. 14, no 4, pp. 47–61. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.4.47.61

References

1. Ilyichev L.F., Fedoseev P.N., Kovalev S.M., Panov V.G., eds. (1989) *Philosophical encyclopedic dictionary*. 2-nd ed. Moscow: Soviet Encyclopedia (in Russian).
2. Angrist J.D., Pischke J.-S. (2010) The credibility revolution in empirical economics: How better research design is taking the con out of econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 24, no 2, pp. 3–30. DOI: 10.1257/jep.24.2.3.

3. Almond D., Mazumder B. (2011) *Health capital and the prenatal environment: The effect of Ramadan observance during pregnancy*. *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 3, no 4, pp. 56–85. DOI: 10.1257/app.3.4.56.
4. Asher H.B. (1983) Voting behavior research in the 1980s: An examination of some old and new problem areas. *Political science: The state of the discipline* (ed. A.W. Finifter). Washington DC: American Political Science Association, pp. 339–388.
5. Dawid A.P. (2012) The decision-theoretic approach to causal inference. *Causality: Statistical perspectives and applications* (eds. C.R. Berzuini, A.P. Dawid, L. Bernardinelli), chapter 4. Wiley and Sons, pp. 25–42. DOI: 10.1002/9781119945710.ch4.
6. Glymour C.N. (2001) *The mind's arrows: Bayes nets and graphical causal models in psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
7. Mackie J.L. (1974) *The cement of the universe: A study of causation*. Oxford, England: Clarendon Press.
8. Murphy G.L. (2004) *The big book of concepts*. Cambridge, MA: MIT Press.
9. Pearl J. (2009) *Causality models, reasoning, and inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
10. Rescorla R.A., Wagner A.R. (1972) A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and non-reinforcement. *Classical conditioning II: Current research and theory* (eds. A.H. Black, W.F. Prokasy). New York: Appleton-Century-Crofts, pp. 64–99.
11. Steyer K., Simon O., Kraus R.H.S., Haase P., Nowak C. (2013) Hair trapping with valerian-treated lure sticks as a tool for genetic wildcat monitoring in low-density habitats. *European Journal of Wildlife Research*, no 59, pp. 39–46. DOI: 10.1007/s10344-012-0644-0.
12. Mill J.S. (2002) *A system of logic*. Honolulu: University Press of the Pacific.
13. Sargent T.J. (1979) A note on maximum likelihood estimation of the rational expectations model of the term structure. *Journal of Monetary Economics*, no 5, pp. 133–143.
14. Sims C. (1972) Money, income and causality. *American Economic Review*, vol. 62, no 4, pp. 540–552.
15. Suppes P. (1973) A probabilistic theory of causality. *British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 24, no 4, pp. 409–410.
16. Salmon W. (1984) *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
17. Woodward J. (2003) *Making things happen: A theory of causal explanation*. Oxford: Oxford University Press.
18. Campbell D., Stanley J. (1963) *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally.
19. Moore B. (1966) *Social origins of dictatorship and democracy*. Boston: Beacon Press.
20. Skocpol T., ed. (1984) *Vision and method in historical sociology*. Cambridge: Cambridge University Press.
21. Ragin C. (1987) *The comparative method*. Berkeley: University of California Press.
22. Ragin C. (1994) *Constructing social research*. Thousand Oaks: Pine Forge Press.
23. Abbott A. (1998) The causal devolution. *Sociological Methods and Research*, vol. 27, no 2, pp. 148–181.
24. Archer M. (1995) *Realist social theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
25. Bhaskar R. (1978) *A realist theory of science*. Hassocks: Harvester Press.
26. Bhaskar R., Archer M., Collier A., Lawson T., Norrie A. (1988) *Critical realism: Essential readings*. London: Routledge.
27. Blalock H. (1961) *Causal inferences in non-experimental research*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
28. Pawson R. (1989) *A measure for measures: A manifesto for empirical sociology*. London: Routledge.
29. Moore B. (1966) *Social origins of dictatorship and democracy*. Boston: Beacon Press.
30. Gorban M.I., Guriev S.M., Yudaeva K.V. (2002) Russia in the WTO: myths and reality. *Voprosy Ekonomiki*, no 2, pp. 61–82 (in Russian).
31. Boudon R. (2006) *Tocqueville for today*. Oxford: Bardwell Press.
32. Elster J. (1989) *Nuts and bolts for the social sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
33. Fararo T. (1989) *The meaning of general theoretical sociology: Tradition and formalization*. Cambridge: Cambridge University Press.
34. Akerlof G.A. (1970) The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, no 84, pp. 488–500.
35. Maister D.H. (2001) *Practice what you preach: What managers must do to create a high achievement culture*. New York: Free Press.
36. Denison D., Hooijberg R., Lane N., Lief C. (2012) *Leading culture change in global organizations: Aligning culture and strategy*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
37. Denison Consulting (2009) *Culture getting started guide*. Available at: <http://staff.studentlife.umich.edu/files/dsa/Getting+Started+Guide.pdf> (accessed 24 May 2020).
38. Hume D. (1965) *A treatise on human nature*. Essays in 2 vols. Vol. 2. Moscow: Myisl (in Russian).
39. Nazarov D.M. (2017) Fuzzy model for assessment of causality of factors in collaborative economy. *Proceedings of the 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI 2017), Thessaloniki, Greece, 24–27 July 2017*, vol. 2, pp. 28–31. DOI: 10.1109/CBI.2017.4.
40. Nazarov D.M. (2019) *The fuzzy logic methodology for evaluating the causality of factors in organization management*. Open access peer-reviewed chapter. Available at: <https://www.intechopen.com/books/fuzzy-logic/the-fuzzy-logic-methodology-for-evaluating-the-causality-of-factors-in-organization-management> (accessed 01 July 2020). DOI: 10.5772/intechopen.84814.
41. Nazarov D.M. (2016) *Methodology for fuzzy-multiple assessment of implicit factors in the organization's activities*. Ekaterinburg: USUE (in Russian).
42. Wright S. (1921) Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, no 20, pp. 557–585.
43. Rubin D.B. (1978) Bayesian inference for causal effects: The role of randomization. *Annals of Statistics*, vol. 6, no 1, pp. 34–58.

44. Hair J.F., Hult G.T.M., Ringle C.M., Sarstedt M. (2017) *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS–SEM)*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
45. Jassbi J., Mohamadnejad F., Nasrollahzadeh H. (2011) A fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map. *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no 5, pp. 5967–5973. DOI: 10.1016/j.eswa.2010.11.026.
46. Chen F.H., Chi D.-J. (2015) Application of a new DEMATEL to explore key factors of China’s corporate social responsibility: Evidence from accounting experts. *Quality & Quantity*, vol. 49, no 1, pp. 135–154. DOI: 10.1007/s11135-013-9978-2.
47. Wu H.-H., Chang S.-Y. (2015) A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management. *Applied Mathematics and Computation*, vol. 256, pp. 394–403. DOI: 10.1016/j.amc.2015.01.041.
48. Khanam S., Siddiqui J., Talib F. (2016) Modeling the TQM enablers and IT resources in the ICT industry: An ISM-MICMAC approach. *International Journal of Information Systems and Management*, vol. 1, no 3, pp. 195–218. DOI: 10.1504/IJISAM.2015.072290.
49. Mudgal R., Shankar R., Talib P., Raj T. (2009) Greening the supply chain practices: An Indian perspective of enablers’ relationship. *International Journal of Advanced Operations Management*, vol. 1, no 2–3, pp. 151–176. DOI: 10.1504/IJAOM.2009.030671.
50. Poduval P.S., Pramod V., Raj J. (2015) Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM). *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 32, no 3, pp. 308–331. DOI: 10.1108/IJQRM-06-2013-0090.
51. Raj T.; Shankar R.; Suhaib M. (2008) An ISM approach for modelling the enablers of flexible manufacturing system: The case for India. *International Journal of Production Research*, vol. 46, no 24, pp. 6883–6912. DOI: 10.1080/00207540701429926.
52. Nazarov D.M. (2016) *Theoretical and methodological foundations of fuzzy-multiple assessment of implicit factors of organization management*. Doctoral thesis. Saint-Petersburg (in Russian).
53. Russell S., Norvig P. (1995) *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall.
54. Suwignjo P., Bititci U.S., Carrie A.S. (2000) Quantitative models for performance measurement system. *International Journal of Production Economics*, vol. 64, no 1–3, pp. 231–241. DOI: 10.1016/S0925-5273(99)00061-4.
55. Tian J. (2005) Identifying direct causal effects in linear models. Proceedings of the *20th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI–05)*, Pittsburgh, Pennsylvania, 9–13 July 2005, vol. 1, pp. 346–352.
56. Agrawal R., Srikant R. (1994) Fast algorithms for mining association rules in large databases. Proceedings of the *20th International Conference on Very Large Data Bases, Santiago, Chile, 12–15 September 1994*, pp. 487–499.

About the author

Dmitry M. Nazarov

Dr. Sci. (Econ.);

Head of the Department of Business Informatics, Institute of Management and Information Technologies, Ural State University of Economics, 62, 8 Marta Street, Yekaterinburg 620144, Russia;

E-mail: slup2005@mail.ru