

УДК 159.9

Ф.П. Тарасенко

ЧЕТЫРЕ ТИПА СВЯЗЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ РЕАЛЬНОСТИ

В поисках природных закономерностей принято выявлять причинно-следственные связи между двумя сущностями. Однако, в силу всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости в природе, в отношении между двумя сущностями всегда участвуют другие сущности. Поэтому реальное отношение в паре объектов отличается от причинно-следственного.

Ключевые слова: *системы, причина и следствие, типы взаимодействий в природе.*

Любое действие человека основано на информации об объекте, на который направлено действие, об окружающей его среде и о целях, на достижение которых направлено планируемое действие. Любая информация воплощена в виде некоторой *модели*, материального носителя информации. Естественное стремление к тому, чтобы наши модели как можно более адекватно отображали реальность (от этого зависит степень успешности достижения цели), привело к осознанию *системности* мира, в котором нам довелось жить. Понятие *системы* позволяет рассматривать реальность как бесконечную совокупность взаимосвязанных систем разных субстратных, пространственных и временных особенностей и масштабов.

Оказалось, что всю необходимую информацию о любой системе можно упаковать в виде всего трёх моделей: модели *состава* системы (перечня *существенных* частей системы), модели *структуры* системы (перечня *существенных* связей между её частями) и модели *чёрного ящика* системы (перечня *существенных* связей системы с окружающей её средой). Каждая из моделей, в зависимости от наших надобностей, может быть представлена в статическом варианте (отображение состояния оригинала в фиксированный момент времени, подобно фотографии) либо в варианте динамическом (отображение процесса изменения состояния оригинала со временем, подобно кинофильму).

При этом выяснилась основная особенность системной организации Вселенной – факт, что свойства системы не сводятся к сумме свойств её частей и не выводятся из их свойств. Система обладает свойствами, присущими только системе в целом, не присущими ни одной из её частей (например, ни одна из частей самолёта не летает, только самолёт летает). Такие свойства получили название *эмерджентных* (в статическом варианте) или *синергетических* (при динамическом описании). *Система есть нечто большее (или меньшее), чем просто несвязанное множество её частей.*

Стало очевидным, что эмерджентные свойства системы определяются не столько тем, как *действует* каждая часть сама по себе, сколько тем, как они *взаимодействуют*. Улучшение работы какой-то части вовсе не обязательно приведёт к улучшению работы системы (например, увеличение объёма производства гаек при сохранении объёма производства винтов только ухудшит экономическую эффективность предприятия, производящего болты). Для

улучшения работы системы иногда даже надо ухудшить работу какой-то части (например, убыточное производство определённого товара часто осуществляется ради поддержания спроса на комплектно сопровождающий прибыльный товар).

Таким образом, описание *связей* внутри и вне системы является чрезвычайно критическим этапом в построении любых моделей любых систем. Этот момент отражён в определениях трёх типов моделей присутствием термина *существенный*.

Системная картина мира основана на его представлении как гигантской системы систем, а всякая информация о любой системе представляется посредством подходящей комбинации трёх её моделей – чёрного ящика, состава и структуры. Бросается в глаза, что всё сводится к описанию всего двух сущностей – объектов (систем, частей, элементов) и связей между ними. Причём и описание самого объекта сводится к описанию его *свойств* – особенностей его проявлений в окружающей среде при взаимодействиях с нею, т.е. опять-таки через *связи* объекта с другими объектами. Необходимость достигать максимальной адекватности моделей, решающая роль в этом правильности отображения связей в моделях при колоссальном разнообразии реальных связей требуют тщательного учёта различий между разными типами связей и способами отображения этих различий в моделях.

По сути, *любые* сведения о реальности есть информация о *связях* объекта рассмотрения с его окружением. Даже такое понятие, как *свойство* объекта, является не унарным отношением, атрибутом объекта, а свёрнутым многоместным отношением объекта с окружающей средой. Например, мы говорим, что «стекло прозрачное». Это сжато обозначает, что «если с одной стороны стекла поместить источник света, а с другой – приёмник света, то приёмник зарегистрирует прохождение световой энергии сквозь стекло», и даже можно измерить степень «прозрачности» стекла. Или мы говорим, что «этот объект зелёный». Эта фраза кратко выражает тот факт, что «при освещении данного предмета белым светом анализатор света, чувствительный к цветам, обнаружит, что данный объект отражает только зелёную спектральную линию из всего спектра частот белого света». И такое понимание «свойства» относится ко *всем свойствам всех объектов*. Вот почему «объяснение» объектов и в анализе, и в синтезе сводится к перечислению их свойств, т.е. к построению *их моделей чёрного ящика*.

Особое значение для адекватности модели приобретает конкретный смысл того, что и почему считается *существенной связью* при решении вопроса, включать ли её в создаваемую модель. Главная сложность моделирования реальности состоит в том, что всё в мире взаимосвязано и взаимозависимо (это один из четырёх законов диалектики). Эта особенность реальности вытекает из факта *открытости* всех систем (т.е. факта взаимодействия любой системы с окружающей средой). В результате любые два объекта оказываются связанными многочисленными цепочками взаимодействующих пар объектов – через множество длинных или коротких их последовательностей. При этом прямая и обратная цепочки могут различаться, что приводит к разной «силе» прямого и обратного взаимодействий между ними. Так возникает

понятие о направленных, сильных или слабых, существенных или несущественных связях.

Естественно, при моделировании реальности мы стремимся включить в её модель только то, что позволит нам успешно достигать нашу цель, т.е. *существенное* для нас, оставив без внимания то, что для нашей цели «несущественно», хотя и присутствует. Например, при конструировании и эксплуатации подъёмного крана учитывается вес грузов, подлежащих перемещению, вес деталей самого крана, но не учитываются силы притяжения между самими частями и грузами, хотя все они есть проявления единого закона всемирного тяготения. Просто потому, что вес тела есть сила его притяжения к Земле, масса которой на много порядков больше масс остальных деталей крана и груза. В данном случае силы взаимодействия частей с Землёй существенны, а частей между собой – нет, хотя они и существуют!

При построении моделей важно обеспечить их адекватность, т.е. содержание всей информации, необходимой для достижения нашей цели, – существенной информации. Вот тут-то и выходит на первый план вопрос о том, а какие связи (из их бесконечного множества!) существенны, а какие – нет.

В физике, строящей модели Вселенной, при попытках описать взаимодействия между физическими объектами, сфокусировали внимание на взаимодействиях между только *двумя* отдельными объектами. При этом понятие *существенности* связи между ними свелось к понятию очень сильной, причинно-следственной, связи, установление которой становилось открытием очередного закона природы. Яркими примерами служат закон Ньютона всемирного тяготения и закон Фарадея о взаимодействии двух электрических зарядов (замечательно, что оба закона имеют тождественную структуру – произведение двух сущностей, делённое на квадрат расстояния между ними, что сигнализирует нам о единообразии устройства природы).

Важно подчеркнуть, что понятие причины и следствия является результатом абстракции от всеобщей взаимосвязанности в природе и рассмотрения взаимодействия только между двумя сущностями. Для причины и следствия не нужны никакие третьи сущности, для них окружающая среда как бы не существует: если причина состоялась, следствие обязательно наступит; если произошло следствие, то этому обязательно предшествовала причина. Причинно-следственная связь является необходимой и достаточной для объяснения (адекватного моделирования) явления.

Однако такое упрощение, не учитывающее наличия окружающей среды, лишь приблизительно описывает реальность, в которой два рассматриваемых объекта на самом деле не только «сильно» (и односторонне!) взаимодействуют между собой, но взаимодействуют и с другими объектами. Например, следствием закона тяготения является *одинаковость* ускорения свободного падения тел, независимо от их массы. Но если вы одновременно отпустите перышко и дробику, они полетят к земле с разными скоростями – из-за наличия атмосферы. Упрощённость «законов природы» сказывается и в том, что при ближайшем рассмотрении они оказываются не столь уж и универсальными. Например, законы Ньютона и Фарадея описывают силы взаимодействий между массами или зарядами как обратно пропорциональные квадратам расстояний между ними. При обращении этого расстояния в нуль, си-

лы должны стать бесконечными, чего в реальности не происходит. Тем не менее отыскание очень сильных, «причинно-следственных», связей – законов природы – остаётся одной из основных задач науки, поскольку установление таких законов позволяет с высокой точностью предсказывать последствия нашего вмешательства в реальность.

В реальности же нам приходится действовать и тогда, когда объекты нашего воздействия связаны не в столь сильной степени, какая отображается понятием «причина – следствие». В стремлении упростить описание мы стараемся свести его к совокупности попарных связей между всеми объектами нашего внимания. Сложность природы при этом выражается в том, что каждый объект оказывается связанным не с одним другим объектом, а ещё и с многими другими. В результате попарную связь приходится адекватно описывать и другими типами связи, нежели причинно-следственная. Можно усмотреть ещё три типа связей, отличающихся от необходимой и достаточной.

Связь может быть необходимой, но не достаточной. Примером может служить связь между жёлудем и дубом: для появления дуба жёлудь необходим, но для появления дуба нужны также соответствующие почва, влага, тепло, свет, воздух... Терминология для такой связи пока не установилась: иногда её называют «основной причиной», «системообразующим фактором», но, пожалуй, наибольшей чёткостью обладает предложенный Р. Акоффом [1] термин «продуцент – продукт».

Связь может быть достаточной, но не необходимой. Это имеет место, когда один и тот же результат может быть получен от любой из разных причин. Например, употребление водки вызывает опьянение, но опьянение может наступить и от вина или пива. Подходящим термином для такого типа связи представляется «направленная связь».

Связь может быть существенной, но не необходимой и не достаточной. Такие связи называются «стохастическими», «вероятностными», «статистическими», «ассоциативными». Например, не все курящие заболевают раком лёгких, и не все больные раком лёгких когда-нибудь курили. Ассоциативность связи проявляется в том, что процент заболевших среди курящих выше, чем среди некурящих.

Различение типов связей важно потому, что их степень существенности может быть разной, и разные типы связей требуют по-разному взаимодействовать с моделируемым объектом. Особенно наглядно это проявляется в случаях, когда одна связь ошибочно принимается за другую, например, «после значит вследствие», или когда сильная стохастическая связь принимается за причинно-следственную.

Примером такой ошибки является попытка решить проблему высокой заболеваемости туберкулёзом жителей промышленного района в Чикаго. Было установлено высокое загрязнение атмосферы выбросами из труб заводов и фабрик, сосредоточенных в этом районе, что, несомненно, отрицательно сказывалось на состоянии лёгких людей. После реализации занявшей несколько лет дорогостоящей программы сокращения выбросов, содержание сажи и вредных газов в воздухе было снижено до санитарных норм, но это практически не повлияло на заболеваемость туберкулёзом лёгких в этом районе. Оказалось, что основной причиной болезней была дешевизна жилья в непре-

стижном районе, привлекая туда малоимущие и малокультурные семьи, которые вообще не в состоянии обеспечить себе полноценные условия для здорового образа жизни.

Другой пример принятия ассоциативной связи за причинно-следственную привёл Р. Акофф [1]. Исследование, проведённое Министерством здравоохранения США, обнаружило высокую корреляцию между потреблением табака на душу населения в двадцати одной стране и числом заболеваний раком лёгких в этих странах. Из этого было сделано заключение, что курение является причиной рака лёгких. Акофф использовал те же данные о курении в тех же странах и вычислил их корреляцию с данными о заболеваниях холерой. Она оказалась ещё более сильной, но отрицательной. Поэтому, следуя той же логике, можно считать доказанным, что курение предохраняет от холеры. Ясно, что этот вывод неверен, но и вывод о курении как причине рака столь же ошибочен.

Литература

1. *Акофф Р.Л.* Менеджмент в 21-м веке. Преобразование корпорации: пер. с англ. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. 417 с.