

Логические структуры в сложных системах

С. Д. Илиев

Логическое исследование познавательной ситуации, возникающей в ходе интенсивного развития науки, позволило выявить специфические семантические контексты конкретных областей знания. Они служат основой более современного и детализированного понимания логических особенностей структур, возникающих в процессе познания мира человеком. Особый интерес представляет развивающийся последние десятилетия общий подход к исследованию специфики и характеристик так называемых сложных систем¹. Для сложных систем характерны сложные взаимодействия между элементами данной системы, проявление нелинейных и синергетических эффектов, способность части элементов самостоятельно анализировать ситуацию и адекватно действовать, стремясь реализовать собственные цели² в условиях неопределенностей и случайных факторов. Сложные системы представляют особый интерес для логики, так как важное место в сложносистемном анализе занимает сам процесс формализации познавательного предмета, процесс описания предметного универсума и обособления элементов в нем. А именно в сложных системах интегрируются особенности активного познавательного процесса субъекта и формализации им мировосприятия. Сам субъект, с присущими ему особенностями поведения, множеством целей и желаний (возможно и противоречивых), возможностями оценки ситуации, является элементом системы. Это дает возможность на формализованном языке более детально анализировать логической структуры объектов в общем смысле и операторов, уточнять интенциональные компоненты в них, а также связать проблематику истинности высказываний с особенностями характеристик самого субъекта, делающего высказывания. В данной работе мы рассмотрим логические особенности описания элементов³ и логических констант в сложных системах и их корреляцию с целевой установкой познающего субъекта.

¹ Подробно о характеристиках сложных систем см. в. Казарян В.П. Новая познавательная ситуация в исследованиях сложных систем. М.: Изд.-во Моск. У-та. 1990.

² См., например, Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа, М.: Наука, 1981.

³ Проблему определения понятия «индивидов» Скотт ставит среди основных проблем в модальной логике. См.: Скотт Д. Советы по модальной логике. В Сб. Семантика модальных и интенциональных логик. М.: Прогресс, 1981, 280-317.

В системном анализе⁴ принято описывать сложную систему в терминах состояния. Состояния могут быть фазовыми переменными, относящимися к конечномерным объектам, или функциями (в том числе и функциями распределения), если речь идет об объектах континуальной или стохастической природы, функционалами, зависящими от фазовых переменных. Состояние, в котором находится система, идентифицируется через положение, занимаемое ею в фазовом пространстве

$$\Psi = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3, \dots, \xi), \quad (1)$$

в котором

$$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \dots \quad (2)$$

множество векторных фазовых переменных, определяющих физические параметры системы,

$$\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3, \dots \quad (3)$$

множество векторных фазовых переменных, изменение каждой из которых находится в распоряжении определенного субъекта (управляющие функции), ξ - случайная вектор функция. Каждая из переменных принадлежит некоторому множеству возможных состояний, определенному, исходя из физических ограничений. Фазовые переменные подчиняются действию множества функциональных связей. Если после наложения всех ограничений и связей, возможные состояния системы оказываются неединственными, то активные элементы системы – i, j, k, \dots могут выбирать состояние фазовых переменных u, v, w, \dots так, чтобы максимизировать свои вектор-функции,

$$\mathbf{F}_i(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots) \rightarrow \max_{\mathbf{u}_i} ; i, j, k, \dots \quad (4)$$

и имеют для этого определенные возможности, которые описываются вектором $\mathbf{u}_i \in G_i$. Состояние системы меняется с течением времени, в связи с изменением физических параметров, случайных факторов, так и из-за действия активных элементов. Помимо исследования эволюции системы интерес представляют и одношаговые изменения, поскольку в них проявляются особенности стратегии действия активных элементов и стационарных задач, т.е. ситуаций равновесия, в которых активным элементом невыгодно предпринимать действия, изменяющие их состояния.

Одна из особенностей сложных систем, прямо отражающаяся на структуре логических высказываний, заключается в том, что ее элементы являются не только точками в фазовом пространстве, но и множествами в нем. Это определяет специфику структуры

⁴ Н.Н. Моисеев, Модели экологии и эволюции, - М.: Знание, 1983, Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа, М.: Наука, 1981, Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.

элементов и связей между ними. С логической точки зрения на это обратили внимание в связи с особенностями квантовой механики еще в 30-тые годы. Исходя из представления об универсуме как фазовом пространстве, Г. Биркгоф и Дж. фон Нейман⁵ показали, что в качестве математических представителей экспериментальных высказываний (например, высказываний о значениях физических величин) могут быть рассмотрены не только точки, но и подмножества фазового пространства. Нечто подобное имеет место в синергетических системах, например, при определении солитонов, вихрей в жидкости и т. д. (в динамических системах характеристики объекта могут быть связаны с особенностями всей его траектории в фазовом пространстве). Это же можно отнести к кванторам, индивидуальным переменным, константам, атомарным формулам, и к высказываниям о субъектах как элементах сложной системы. В фазовом пространстве фиксируются мгновенные состояния системы. В разные моменты времени элемент системы может менять свое состояние в фазовом пространстве. Поэтому для идентификации этого объекта, равно как и для определения его характеристик, иногда необходимо установить связь с элементами системы одновременно всего множества его состояний. Такого рода действия являются вполне привычными в нашей повседневной практике. Так, например, для анализа высказывания «А – хороший человек», мы связываем с А множество ситуаций, в которых мы наблюдали как «А» себя ведет, информацию об «А», полученную нами от других людей, а также косвенные данные, такие, например, как результат его действий, и т.д. На базе объединения (специфической свертки) этих данных, полученных об А, мы можем определить правильность исходного высказывания. Т.е. некое высказывание связано с конкретным множеством в фазовом пространстве, а его истинность определяется как функция от этого множества. Для разных предложений, в которых фигурирует А, мы рассматриваем, вообще говоря, разные совокупности «картин». Конечно, не все высказывания, в которых участвует А, требуют анализа разных его состояний.

Сходный подход к определению элементов универсума имеется в поздних работах Витгенштейна, где он рассматривает метод (известный как языковые игры) определения значения данного слова через множество действий, связанных с этим словом. В таком случае мы снова имеем ситуацию, когда единичный элемент А (в данном случае слово) определяется через множество его проявлений. Факт множественности отличает подход Витгенштейна и рассматриваемый нами подход от операционализма, требующего, чтобы только одно действие или «операция» была ассоциирована с данным сло-

⁵Birkhoff G. and Neumann von J. The Logic of Quantum Mechanics. — Annals of Math., 1936, 37.

вом (в более общем случае, - с элементом).

Независимо от того, что в определенных случаях элемент можно рассматривать и как точечную функцию времени, с познавательной точки зрения очень важно суметь выявить характеристики элементов в фазовом пространстве, обладающих в определенной степени вневременным характером. Это дает возможность исследовать конкретные человеческие формы «свертывания» развернутой во времени информации. Сами свертки (не только по времени, но и по любой фазовой переменной⁶) меняют структуру системы, чем определяют необходимость изменения категориального аппарата. Подобное имеет место и при дальнейшем применении свертки к системам, полученным путем свертывания. Часто вместо создания новых сверток человек использует привычный для него познавательный аппарат и связывает с исследуемым им данным элементом множество состояний этого объекта. Возможно, это не только состояния системы в прошлом, но и некое потенциально возможное множество состояний, которые необязательно уже реализовались. Это дает возможность ввести вероятностный компонент в высказывания об элементах системы, и тем самым связать логический анализ сложной системы с подходом вероятностной логики, рассмотреть истинность определенного высказывания по отношению к «возможным мирам».

Эта особенность объектов сложных систем иногда определяется через усложнение временных характеристик. Определенный момент физического времени можно связать с множеством временных состояний, сопряженных с исследуемой характеристикой определенного элемента системы, а также с оператором, трактуемым как «внутреннее» время. Подобный подход разрабатывает И. Пригожин⁷. Оба подхода к идентификации элемента или свойства в сложной системе, а именно: объект, идентифицируемый как точечный в операторное время, или объект как множество в точечное время, в определенной степени идентичны. Выбор между ними в конкретной ситуации определяется тем, насколько привычны человеку получаемые понятия. Важно отметить, что именно сложносистемный подход раскрывает причину наличия подобных особенностей у элементов системы и создает методологическую и логическую базу оперирования такого типа объектами. Они закономерно появляются при более детальном описании, не отражают парадоксальность или ошибочность моделей и высказываний, показывая необходимость принять логику, в которую были бы включены элементы более сложной природы, и определить характер логических операций, которые можно было бы с ними

⁶ См., например, эффекты, возникающие при отображении в Арнолд В.И., Варченко А.Н., Гусейн-Заде С.М. Особенности дифференцируемых отображений. М.:Наука, 1984.

⁷ Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.

проводить. Более того, в обыденной жизни мы постоянно оперируем именно с такими объектами. Попытка рассматривать логический объект как гомогенный субстрат сильно ограничивает возможности логического анализа важных нюансов высказываний.

В обоих случаях, однако, выявляется проблематика временного следования, развития определенной характеристики элемента, определенного таким образом, или высказывания во времени. В подходе Пригожина время есть оператор и упорядочивания событий по отношению к собственному «времени» весьма ограничены (подобную проблему мы встречаем в случае упорядочивания векторов), в другом подходе свойства элемента по отношению к данному моменту, относятся к целому набору временных моментов. Например, в выражении «А – ученик», указанное свойство А связано с периодом в несколько лет. Т.е. указанное свойство А есть свертка состояний А по промежутку времени продолжительностью в несколько лет. События, которые можно выразить посредством высказываний: «А – ученик» и «В – студент», не всегда можно описать в терминах раньше – позже. Упорядочивание «событий» среди сложных элементов необязательно будет следовать эволюции состояния системы в фазовом пространстве. Представление о том, что с каждым проявлением элементов универсума можно связать точечное время, хотя ряд его характеристик на самом деле проявляется при свертки по времени, привела к парадоксальному представлению о свойствах времени⁸. Более глубокое и подробное представление об объектах сложных систем и их свойствах дает возможность развить более реалистичную временную и динамическую логики.

Независимо от используемой концепции времени при исследовании характеристик элементов сложных систем, центральными проблемами являются методика свертывания различных «срезов», объединение различных проявлений в одно, соотнесение множественностью с одним объектом или термином. В том числе и сингулярным, что сближает представления о единичном и общем, устанавливает связь между сингулярной силлогистикой и расширенной силлогистикой. Человек в своей деятельности вырабатывает множество критериев, которые позволяют ему, с одной стороны, выявить, а с другой – объединить в одно целое (или в несколько разных «целых») множественность функциональных, временных и т. д. представителей данного элемента.

Одной из важнейших сверток представлений о действиях данного элемента во времени является концепция цели, которая исторически занимает важнейшее место в познавательной традиции. Цель – это объединяющее звено совокупности действий данно-

⁸ Эффект свертывания при восприятии, в результате которого возникает представление о “сейчас” рассмотрен в: Илиева Л.П., Илиев С.Д. О феноменологических проблемах восприятия единичной сущности. Вестник Моск. У-та, сер. Философия, 3, 2000.

го элемента, которые зависят от изменяющейся ситуации, уже достигнутых результатов, случайных факторов, оказывающих воздействие как в рамках самой системы, так и на нее, а также и от поведения других активных элементов системы. Цель отображает множество на единичность. Аппарат логических операций развит именно для единичности. Поэтому, посредством цели можно установить связь между множественностью и логическими операциями. Логические операции над целями, рассматриваемыми как идентификация объекта со свойственными ему свойствами, можно определить как целевую логику. И в обыденной жизни при помощи понятия «цели» человек привык рассматривать, и оценивать много интересующих его характеристик других субъектов и структур, способных к самостоятельному поведению. Например, истинность высказывания «ученик А – отличник» определяется тем, насколько он своими действиями (в данном случае написанием контрольных работ и ответами на оценку «отлично») за определенный период времени он достигает «цель» получать пятерки (максимизировать определенный критерий эффективности). Представление о целях содержится во множестве классификаций и обособлении элементов и типов. Необходимо отметить, что связь между «целью» и «объектом» глубоко заложена в языке. Так, в древнегреческом языке, как отмечает Снелл, «существительные, образованные от глаголов, одновременно обозначают некоторый орган, его функцию и результат этой функции»⁹. В древнегреческом языке именно особые способности к действию или «активности» некоего объекта (*dynameis*) были выделены как характерное свойство существующих вещей, позволяющее их идентифицировать, что нашло свое отражение в концептуальных особенностях древнегреческой философии традиции¹⁰, а оттуда позднее - и в западноевропейской философской традиции. В древнегреческой философии активности группируются в единое благодаря наличию у них общей направленности на реализацию некоего «конечного пункта», цели или предела. С ними ассоциировались представления о *telos* и *ergon* («функция», «произведение» в смысле (типичного) продукта деятельности).

Перед тем как рассмотреть связь целей с логическими высказываниями, остановимся на формализации понятия цели, на связи между целями и действиями элементов системы, рассмотрим структуру множества целей. Связь цели и действий активных элементов системы формализована и разработана в теории исследования операций

⁹ Snell B. *The Discovery of the Mind*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1953, p. 234.

¹⁰ На важное значение этой связи для логики обратил внимание Хинтиikka. См. Хинтиikka, Я., *Познание и его объекты у Платона*. В: Хинтиikka, Я., *Логико-эпистемологические исследования*. М.: Прогресс, 1980, с. 355 – 391. Настоящий параграф базируется на результатах этого исследования.

(признаки цели в описании явлений имеются еще в вариационных принципах). В ней действия активных элементов системы определяются как желание максимизировать некий критерий эффективности. В этом контексте связь между действиями и целями заложена в системе (2)-(4), и тем самым, их исследование является частью анализа этой системы. Описание действий, поведения через цель, формализованную указанным образом, охватывает очень широкий круг явлений. Цель прямо не связана со стремлением изменить состояние, с эволюцией, телеологичностью, желанием достичь «цели» в обыденном смысле. Любое условие, в том числе и отсутствие какого-либо изменения, может быть записано в терминах функции выигрыша, а отсюда и через указание цели. Мы можем задать функцию выигрыша таким образом, что ее значение будет равно единице, если определенное условие выполняется, и нулю, если оно не выполняется. Можно в качестве цели можно определить правильное высказывание о данном элементе, в частности, высказывание о его состоянии в фазовом пространстве (в том числе определение его пространственного положения, импульса и т.д.).

В системе (2) – (4) заложена не просто связь между действиями объектов их целей, но и взаимосвязь между целями в системе, как связанными с одним элементом, так и между целями разных элементов. Это следует из (4), где функции данного активного элемента есть множества, и каждая из них зависит от всех переменных в фазовом пространстве. Таким образом, кроме фазового пространства, с системы можно ассоциировать и функциональное пространство целей, изучения свойств которого представляет исключительный интерес. Если состояние системы в фазовом пространстве рассматривать как базовое, поле «первого порядка», то множество целей в системе будут «производными» этого поля, и будут представлять собой поле «более высокого порядка» (цели и связанная с ними информация могут, со своей стороны, сами по себе, быть иерархизированным множеством).

Еще в древнегреческой философии выявилась актуальность исследования соотношений между фазовым пространством и функциональным пространством целей, в частности. Это нашло свое отражение в представлении о том, что у каждого объекта ли есть своя цель, и у каждой ли цели есть свой объект. Отсюда возникал вопрос, должны ли различные *dynamis* быть направлены на разные объекты (как думал Платон); определена ли каждая вещь своим *ergon* (как считал Аристотель)? Почему возможны «пустые понятия»? Принципиальным является вопрос о существовании взаимно однозначного соответствия между некими множествами целей и объектов, определенными по их «функций».

Условие (4) показывает, что в рассматриваемой модели потенциально заложена возможность наличия у активных элементов множества целей. Это определяется сложившейся познавательной ситуацией, в которой понятийный аппарат разработан таким образом, что он идентифицирует с субъектами множество целей. По отношению к наличному понятийному аппарату человеку присуще желание реализовать больше целей, чем это ему позволяют находящиеся в его распоряжении вариации параметров системы (например, купить как можно больше вещей, потратив на это как можно меньше денег), тем самым, его цели, определенные таким образом, являются одновременно недостижимыми (например, - приобрести все бесплатно). В этой ситуации (как показывает и теория исследований операций), целью активного элемента является желание максимизировать лишь свертку по желаемым критериям эффективности. Сама свертка исходных целей есть реальная цель данной ситуации. Но поскольку свертка в состоянии изменить понятийный аппарат, часто человек предпочитает не создавать новую понятийную систему, а работать с аппаратом, связывающим его с одним элементом множества, в том числе и в противоречивых целях. На базе сложносистемного подхода можно провести анализ особенностей введения новых объектов и понятий в теоретические конструкции, и объектов более «высокого» уровня, которые сопутствуют процессу формирования сверток. В теории исследования операций было установлено, что в определенных классах фазового пространства любая свертка критериев может быть представлена как комбинация пяти основных сверток¹¹. Это может послужить важной основой для анализа функционального пространства целей, в частности, для определения базового множества целей по отношению к данному фазовому пространству, а также особенностей изменения множества целей при смене парадигм. Свертку целей можно рассматривать и как метод перехода от одних предложений к другим даже без непосредственного обращения к их содержанию, а за счет обращения к их логической форме. В этом контексте базовые свертки выполняют роль логических терминов.

Указанные особенности наблюдаются в логике квантовой механики. Так, например, принцип дополнительности – это типичный пример невозможности одновременного достижения двух взаимосвязанных «целей» (в данном случае, точное измерение двух определенных величин данного квантового объекта), связанных с одним элементом системы при имеющихся экспериментальных возможностях. С точки зрения «целей», когда целей больше, чем свободных параметров для их достижения, достигается лишь некая свертка желаемых целей. Свертка определяет высказывания на «мета кон-

¹¹ Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М. :Наука, 1971. гл. 1, § 4.

текстуальном» языке, если рассматривать высказывания при достижении каждой отдельной цели как базовые объектные языки. Структура этого метаязыка относится к структуре базового языка также как свойства свертки к свойствам отдельных целей. Именно это наблюдается в предложенной структуре метаязыка для логики квантовой механики в работах П. Хилана и В. Меськова. В них¹² структура метаязыка моделируется через решеточные операции взятия наибольшей нижней грани и наименьшей верхней грани по отношению к высказываниям базовых языков. Эти операции являются типичным примером свертывания критериев¹³.

Поскольку в рассматриваемой системе значение функций выигрыша данного элемента зависит от состояний других элементов системы, случайных факторов, значений физических параметров, для каждого активного элемента системы желательно исследовать состояние, в котором находится вся система, а также поведение и цели других активных элементов системы. Важным аспектом познавательной деятельности является процедура выявления данным активным элементом других элементов системы и их целей (если они имеют собственные возможности формировать такие). Таким элементом может быть и сам субъект, что позволяет реально моделировать активность познавательной деятельности человека. Возможность активного элемента, пусть это будет i , влиять на систему определяется его способностью менять значение переменных u_i , которыми он может оперировать по своему усмотрению и передавать информацию об этом другим активным элементам системы.

Изменение переменных u_i можно рассматривать как действия по реализации цели – познание элементов системы (напомним, что это могут быть объекты, высказывания и т. д.). Достижение цели определяет успешность процесса познания. Подобным процессом познания даже простых физических характеристик, может быть не одношаговый акт, а многошаговый процесс, который может являться уточнением, сужением множества возможностей, постепенным выявлением свойства, вмешательством в процесс анализа реакции и т.д. Анализ многошагового процесса познания субъекта является основой так называемых логических игр, а также познавательной и динамических логик. Подобные системы были предложены П. Лоренцем (под игрой понимался диалог между проponentом и оппонентом¹⁴), Я. Хинтиккой (в предложенной им игре для кван-

¹² Heelan P., Quantum logic and Classical Logic: Their Respective Roles. – Synthese, 1970, vol. 21.; Меськов В.С. Очерки по логике квантовой механики. М.: Изд.-во Моск. у-та, 1986.

¹³ Подробно об этом смотри в: Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.

¹⁴ Lorenzen Paul, and Lorenz Kuno. *Dialogische Logik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1978; Felscher, Walter. *Dialogues, Strategies and Intuitionistic Provability*. Annals of Pure and Applied Logic 28 (1985): 217--254

торов ход игры состоит в преобразовании формулы в некоторую непосредственную подформулу). Алгоритм действий субъекта в предложенных подходах, по существу, есть поиск данной точки в фазовом пространстве. В ходе развития этих подходов целью обычно является выявление объекта простой структуры. Например, в подходе Лоренца - это последовательность действий с картами, цель которых - угадать цвет какой-то карты¹⁵. В обоих подходах, как в случае рассматриваемых здесь систем, имеется связь между «целью» и «истинностью». На отождествление цены выигрыша, (в исследуемых здесь системах достижение цели определяется значением соответствующей ей функции выигрыша) с «истинностью» предложения обратил внимание Хинтикка¹⁶. Пусть дано высказывание A , с проверкой его истинности связан процесс достижения цели F при возможном изменении фазовых переменных u . Согласно Хинтикке, A истинно, если фазовые переменные приняли значения, для которых

$$F = \bar{F} = \max_u F(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{u}_1, \dots).$$

В некоторых случаях, на наш взгляд, можно использовать более слабое условие истинности, считая, что A истинно уже в том случае, когда мы уже находимся достаточно близко к выигрышному положению. Это соображение можно формализовать, введя дополнительную двузначную функцию

$$W(\bar{F} - F) = (\bar{F} - F) \rightarrow \{0,1\} \quad (5)$$

которая переводит количественную характеристику степени достижения цели в качественную. В этом случае A истинно, если $W=1$, иначе – ложно. Это же имеет место и для случая, когда само A есть функция от цели. В этом случае истинность высказывания определяется в результате выявления наличия (или отсутствия) причастности к цели, фигурирующей в высказывании. Этот частный случай имеет важное значение в человеческой познавательной деятельности. Перед тем как записать в формальной форме оценки истинность высказывания о «цели», сделаем несколько замечаний о самом характере познания целей в сложных системах.

При анализе целей сложных элементов необходим многошаговый процесс познания, поскольку, как было указано, цели выявляются только при наличии множества «срезов». В системе (2) – (4) заложена способность активных элементов формировать

¹⁵ Этот подход сейчас разрабатывается в университете Амстердама под руководством проф. Johan van Benthem.

¹⁶ Хинтикка, Я., Языковые игры для кванторов. В: Хинтикка, Я., Логико-эпистемологические исследования. М.: Прогресс, 1980 с. 274.

алгоритмы по выявлению целей элементов системы. Эта конкретная познавательная задача, в подходах Хинтикки и Лоренцена не могла быть поставлена, поскольку в то время исследование операций сводилось к анализу игр двух лиц с противоположными интересами. Интерес к исследованию сложной структуры множества целей в системе появился в результате качественно нового уровня развития теории исследования операций – игр с непротивоположными интересами, иерархических игр и др.¹⁷. В этом подходе проявляется новизна, которую вносит в логику более разностороннее исследование понятия цели и особенностей ее достижения.

Изменение переменных u_i можно рассматривать как действия по выявлению целей других элементов системы. В этом случае поведением остальных активных элементов системы будут функции от u_i . Например, элемент j будет подбирать u_j из соображений максимизации своей функции выигрыша при заданном значении переменной u_i . Так, варьируя параметры системы, u_i элемент i может искать зависимость $u_j(u_i)$. Вместе с получаемой им информацией о состояниях фазовых переменных системы он будет формировать представление о цели, свойствах, локализации, идентификации элемента j .

Заметим, что выявление целей в системе не сводимо только к исследованию эволюции системы в фазовом пространстве, поскольку свертку и тем самым связанную с ней цель, на одном и том же фазовом пространстве можно задать неединственным образом. Это указывает на ограниченное применение принципа редукционизма по отношению к структуре множества элементов в описанных здесь сложных системах, что ведет к несводимости логических исследований к первопорядковой логике. Подобные объекты сложной системы зависят от всей системы, их нельзя изолировать.

Операции по выявлению целей ведут к приобретению новой информации, информации более глубокого уровня. Наличие целей в системе дает возможность по-новому взглянуть на саму проблематику информации. В сложносистемной методологии, как указывает Н. Моисеев, необходимость введения понятия информации появляется, «когда мы начинаем изучать объекты, способные к целенаправленным действиям»¹⁸. Обыденный опыт показывает, что человеку привычнее определять количество информации по тому, насколько она помогает ему реализовать его цели. В рассматриваемом нами подходе, количество информации можно определить посредством того, насколько она дает возможность улучшить определенный выигрыш данного элемента системы. Формализованное определение целевой информации дано в *Приложении*.

¹⁷ Подробно см.: Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа, М.: Наука, 1981; Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1976.

¹⁸ Моисев Н.Н., Современный рационализм. - М.: МГВП КОКС, 1995, с.107.

Располагая возможностью знать состояние, в котором находятся элементы системы, элемент i может анализировать поведение остальных элементов системы при их попытках достижения максимума своих функций выигрыша. Подобным анализом человек пользуется в своей повседневной практике, делая предположения о степени информированности других активных элементов системы. При этом можно проверять истинность ряда модальных высказываний таких, как: «элемент j знает, что...», «элемент j надеется, что» и т.д., поскольку выбор стратегии активного элемента зависит от знаний состояния системы в рассматриваемый момент времени. В первом случае элемент j в своих действиях, возможно, будет использовать чистую стратегию, а во втором – определенной тип смешанной стратегии¹⁹. Этот случай показывает, что при исследовании сложной системы выявляется истинность высказываний эпистемической логики.

Итак, на основании выявления целей других элементов системы и того конкретного состояния, в котором они находятся, данный элемент системы может проверять истинность ряда высказываний, касающихся этих элементов. Истинность высказываний может зависеть как от того, достиг ли элемент максимального значения функции выигрыша рассматриваемой цели, так и от самого наличия у элемента определенной цели. В первом случае, формализованное условие истинности высказывания об элементе A имеет тот же вид, как и в модели Хинтикки, а именно: Высказывание A об элементе i истинно, если значение фазовых переменных u_i максимизирует функцию выигрыша F этого элемента

$$F = \bar{F} = \max_{u_i} F(x_1, \dots, u_1, \dots).$$

И в этом случае можно определить более слабое условие истинности при использовании (5), считая, что A истинно, если мы находимся достаточно близко к выигрышному положению. В этом случае A истинно, если $W=1$, иначе – ложно. Более слабое условие можно трактовать и как определение на исследуемом множестве функции принадлежности, что ведет к эффекту нечеткости элементов, а это, в свою очередь, ведет к наличию неклассических логических законов в системе²⁰.

Связывание высказывания A с определенной функцией выигрыша (с определенной целью) дает возможность определить истинность $\neg A$, а также $A \vee B$, $A \wedge B$ в терминах цели.

¹⁹ Подробно см.: Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.

²⁰ См.: С.Д.Илиев, Логика без законов противоречия и исключенного третьего. В: Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Материалы V Всероссийской научной конференции. СПб, 1998, с. 128-131.

$\neg A$ можно определить как высказывание для элемента i , связанное с целью, которая будет противоположной цели, с которой связано высказывание A , а значит и с противоположной функцией выигрыша – в случае с $-F$ (подобным образом определяется противоположная цель в теории игр). Например, если с высказыванием « i - хороший ученик» связан процесс максимизации функции G , принимающей значения $\{2,3,4,5\}$, то с высказыванием « i - плохой ученик» связан процесс максимизации функции $-G$. Определение отрицания в этом контексте обычно не ведет к пустым высказываниям. При определении операции отрицания можно, для некоторых конкретных моделей, вместо $-F$ использовать другой вид функций, в любом случае зависящей от F .

Истинность высказываний $A \vee B$, $A \wedge B$ для высказывания A , связанного с целью F_i для элемента i и высказывания B , связанного с целью F_j для элемента j будет иметь место, если значение фазовых переменных u_i максимизирует функцию выигрыша F_i , или (и, для второго случая) если значение фазовых переменных u_j максимизирует функцию выигрыша F_j . Необходимо особо подчеркнуть, что истинность этого высказывания не есть функция от истинности высказываний A и B , взятых по отдельности. Это определяется тем, что как цели F_i и F_j , так и фазовые переменные u_i и u_j могут не быть независимыми. В частности, они могут относиться и к одному и тому же элементу ($i \equiv j$). В зависимости от конкретной системы, структура этих операций может обладать интересными особенностями (выше был рассмотрен пример особенностей операции \wedge для квантовой механики).

В определенных высказываниях A истинность может определяться наличием у данного элемента j определенной цели F . A истинно, если $F \in \mathbf{F}_j$, где \mathbf{F}_j определено условием (4). Подобно вышерассмотренным случаям удобно ввести более слабый критерий истинности, тем более, что точный вид функций выигрышей активных элементов определяется трудно. Само определение целей объекта по его действиям очень сложная обратная задача (это показывает и повседневная человеческая практика). Часто точное решение указанной обратной задачи меняется исследованием корреляции действия определенного элемента к определенной функции выигрыша. Слабый критерий истинности можно ввести способом, подобным тому, что был указан выше, если будет определена мера $\| \cdot \|$ на множестве функций выигрыша. То есть A истинно, если среди функций \mathbf{F}_j существует функция F_j^k такая, что $W(\|F - F_j^k\|) = 1$; W – функция, определенная условием (5). И в этом случае можно определить операции \neg, \vee, \wedge . $\neg A$ истинно (цель $-F$ наличная элементу j), если среди функций \mathbf{F}_j существует функция F_j^k такая, что $W(\| -F - F_j^k \|) = 1$. Подобно предыдущему случаю формулируются и две другие опе-

рации, а также и особенности применения логических операций, возникающих из-за взаимосвязи между целями и взаимосвязи между фазовыми переменными.

Часто человек исследует корреляции действия определенного элемента к определенному набору “возможных целей” которые определяются множеством функций выигрыша $\{F^i \parallel i = 1, 2, \dots\}$, (это может быть и класс признаков, по отношению к которым элемент i хочет получить информацию об элементе j). Набор целей у элемента системы по отношению ко множеству “возможных целей” определяется тем $\{F^i \parallel i = 1, 2, \dots\}$, для которого $W(\parallel F^i - F_j^k \parallel) = 1$. Множество “возможных целей”, причастных определенной сложной системе, определяют целевое функциональное пространство. В этом пространстве определены операции \neg, \vee, \wedge и элементы, которые получаются посредством этих операций, они также будут элементами этого пространства. Таким образом у нас появляется возможность задать на этом пространстве базовые элементы, их можно трактовать и как «целевую познавательную матрицу» в рассматриваемой системе, исследовать эффекты перехода от одной базовой системы к другой, мы, в частности, можем проанализировать эффект изменения множества активных элементов. Это позволяет исследовать соотношения между фазовым пространством и функциональным пространством целей.

Подобным образом можно определить \neg, \vee, \wedge и для других аспектов познавательной деятельности, где имеется связь истинности высказывания с «целью», как, например, в указанных выше эпистемических временных логиках. Важно то, что во всех рассмотренных случаях посредством цели можно определить основные логические операции над элементами системы и на основе множества целей реализовать логическую структуру.

Приложение

В исследовании операций²¹ мерой ценности информации считаются данные о неинформированности противника. Это можно обобщить для исследуемой здесь сложной системы по отношению к информации о любом событии.

Пусть элемент i имеет цель максимизировать функцию выигрыша

$$F_i(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots) \rightarrow \max_{\mathbf{u}_i}$$

И он может точно определять значение «физических компонент» $\mathbf{x}_1 = \mathbf{x}_1^0, \mathbf{x}_2 = \mathbf{x}_2^0, \dots$. Тогда гарантированный выигрыш элемента i будет:

²¹ Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. с. 165.

$$F_i^0 = \max_{\mathbf{u}_i} \min_{\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_{i-1}, \mathbf{u}_{i+1}, \dots} F_i(\mathbf{x}_1^0, \mathbf{x}_2^0, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots)$$

Если элемент i приобретет информацию о значении \mathbf{u}_j^a , которое имеет переменная \mathbf{u}_j в распоряжении элемента j , то тогда он может улучшить гарантированное значение своей функции выигрыша, которое в этом случае будет

$$F_i^a = \max_{\mathbf{u}_i} \min_{\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_{i-1}, \mathbf{u}_{i+1}, \dots, \mathbf{u}_{j-1}, \mathbf{u}_j^a, \mathbf{u}_{j+1}, \dots} F_i(\mathbf{x}_1^0, \mathbf{x}_2^0, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_{j-1}, \mathbf{u}_j^a, \mathbf{u}_{j+1}, \dots).$$

Ценность для элемента i знания информации о значении переменной \mathbf{u}_j тогда будет пропорциональна $F_i^a - F_i^0$. Поскольку максимальный выигрыш для игрока i есть

$$F_i^{\max} = \max_{\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_i, \dots} F_i(\mathbf{x}_1^0, \mathbf{x}_2^0, \dots, \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots),$$

ценность полученной информации можно определить как

$$k \ln\left(\frac{F_i^a - F_i^0}{F_i^{\max} - F_i^0}\right),$$

где коэффициент k можно трактовать как ценность достижения цели F_i . Количество информации будем считать пропорциональным ценности информации и отвечающим приведенной выше формуле. Если до получения данной информации элемент уже имел определенную информацию о действиях других активных компонент, информацию, которая обеспечивала ему гарантированный выигрыш F_i^{base} , то ценность новой информации приводящей к гарантированному выигрышу F_i^a , будет

$$k \ln\left(\frac{F_i^a - F_i^{base}}{F_i^{\max} - F_i^0}\right).$$

Так как поведение элемента j зависит от поведения элемента i , то элемент i может передавать информацию о своих действиях элементу j и увеличивать свой выигрыш. В этом случае по приведенным выше формулам можно определить, какую ценность для элемента i представляет та информация, которую элемент i передает элементу j . Подобным образом можно рассмотреть и случай, в котором элемент i не знает точного значения определенной физической переменной \mathbf{x}_j и приобретает более точную информацию о ее значении. Частным, но очень важным случаем по отношению цели и связанной с ней информацией, является тот случай, в котором цель – это определение целевых функций другого активного элемента системы. В этом случае ценность информации определяется тем, насколько она позволяет объекту определить точный вид этой целевой функции.