



*Проблемы логики*  
(к 70-летию со дня рождения В.В. Целищева)

**ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС  
СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ:  
ПОВЕРХНОСТНАЯ И ГЛУБИННАЯ ИНФОРМАЦИЯ\***

*Целищев В. В.*

В статье рассматриваются проблемы измерения семантической информации средствами дистрибутивных нормальных форм логики первого порядка. Обосновывается различие в онтологическом статусе глубинной и поверхностной семантической информации.

**Ключевые слова:** онтология, семантика, информация, онтология

Повсеместное использование компьютеров привлекает пристальное внимание к концепции информации, поскольку сами компьютеры суть машины для хранения и обработки информации. Однако термин «информация» применяется в самых разнообразных контекстах – от теории сообщений К. Шеннона и теории информации в физике до концепции генетической информации в биологии. Компьютерные исследования связывают понятие информации с понятием сложности. Философское обсуждение этой концепции обычно сопряжено с анализом понятия семантической информации, восходящего к теории И. Бар-Хиллела.

В основе практически всех подходов лежит идея информации как исключения альтернатив. Любое информативное, в самом широком смысле слова, предложение языка утверждает одни альтернативы и устраняет другие. Предложение тем более информативно, чем больше альтернатив оно устраняет. Наличие многих альтернатив приводит к неопределенности, и полная определенность достигается утверждением лишь

---

\* Исследования, нашедшие отражение в данной статье, поддержаны грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 12-06-00318а «Семантическая информация и формальные онтологии».

одной из них. Эта вполне обоснованная идея требует уточнения того, каким же образом формулируются альтернативы. Основная трудность тут состоит в том, что внешний мир столь богат и разнообразен, что выделение собственно релевантных альтернатив представляется делом нереальным, поскольку число, скажем, физических конфигураций даже самой простой системы просто необозримо. Однако следует помнить, что описание положений дел в мире осуществляется средствами определенного языка, и поэтому естественно полагать, что различные возможные положения дел в мире реализуются языком. Другими словами, альтернативы, о которых говорилось выше, представлены в языке, который приспособлен для описания возможностей в определенных целях. В данном случае мы заинтересованы в таком языке, который бы специфицировал все мыслимые возможности, содержащиеся в предложении. Хотя число таких возможных ситуаций, как уже говорилось, может быть необозримо, мы можем выйти из затруднительного положения путем использования конечных средств языка. Таким образом, для экспликации понятия информации нам требуется, чтобы бесконечное число положений дел в мире описывалось конечными средствами языка.

Хотя возможные положения дел и описываются языком, в этом описании есть элементы, отражающие как характеристики внешнего мира, так и характеристики, присущие способу описания возможных положений дел языком. Эта кантианская двойственность любого описания внешнего мира проявляется чрезвычайно ярко при использовании дистрибутивных нормальных форм. Мы имеем дело с двумя видами семантической информации, онтологический статус которых различен. Речь идет о так называемой глубинной информации и поверхностной информации. Глубинная информация является в некотором смысле онтологическим аспектом, в то время как поверхностная информация – скорее эпистемологический аспект описания мира языком. Однако такая спецификация двух видов семантической информации на самом деле является производной от специфики логического языка как непротиворечивого описания возможных положений дел.

Онтологически разный статус двух видов информации имеет важное значение для оценки меры семантической информации. Содержание предложения языка, определяемое мерой несомой им семантической информации, является одной из важнейших составляющих любой коммуникации, особенно при компьютерной обработке информации. И если при построении теории содержания предложений языка встречаются значительные трудности (о чем свидетельствует многочисленность таких

теорий), решение, как преодолеть эти затруднения, следует искать в теории построения языков описания возможных состояний дел, или альтернатив, оперирование с которыми ведет к оценке семантического содержания, или информации, несомой предложением.

Для понимания деталей определения меры семантической информации требуется ввести ряд предварительных понятий. Прежде всего рассмотрим, как можно перечислить все альтернативы в содержании предложения, или другими словами, каким образом предложение несет некоторую семантическую информацию путем утверждения некоторых альтернатив и исключения других.

Каждая непротиворечивая формула  $P$  пропозициональной логики имеет совершенную дизъюнктивную нормальную форму, представляющую собой дизъюнкцию определенных конъюнкций, называемых конституентами. Пусть в формулу  $P$  входят атомарные формулы  $p_1, p_2, \dots, p_k$ . Тогда конституента в нормальной форме содержит для каждого  $i = 1, 2, \dots, k$  либо утверждение формулы  $p_i$  ( $+p$ ), либо его отрицание ( $-p$ ), но не оба вместе в качестве своей составляющей части. Произвольная конституента представляет собой конъюнкцию самых различных сочетаний утверждений и отрицаний атомарных формул. Таким образом, общий вид конституенты таков:

$$\mp p_1 \& \mp p_2 \& \dots \& \mp p_k,$$

или, сокращенно,  $\prod_{i=1}^k p_i$

Ясно, что может быть  $2^k$  таких конституент. Так, некоторая конституента будет иметь, например, следующий вид:

$$p_1 \& \neg p_2 \& \dots \& p_i \& \dots \& \neg p_k.$$

Как известно, интерпретацией атомарных формул является описание фактов в некотором утверждении, скажем, «Волга впадает в Каспийское море» или «снег белый». Интерпретация конституенты в этом случае является описанием возможных положений дел в отношении утверждаемых фактов.

Пропозициональная логика позволяет нам сформулировать факты через утверждения. В пропозициональной логике все альтернативы представимы без особого труда, и даже визуальное их представление весьма наглядно. Именно эта наглядность послужила основой для упрощенных представлений о природе соотношения мира и языка и для док-

трины о тавтологической природе логических истин. Однако под логикой обычно подразумевается предикатная логика, или более точно, логика первого порядка. Пропозициональная логика представляет собой истинный рай для теоретиков семантической информации по той причине, что предложения, утверждающие отдельные альтернативы, логически независимы друг от друга, являясь описанием «атомарных фактов». Но при переходе к кванторной логике происходит, как мы увидим позднее, подлинное изгнание из этого рая. Это связано с глубокими результатами относительно первопорядковой логики, в частности с тем, что в отличие от логики пропозициональной логика первого порядка неразрешима. Но, как и положено, есть переходный этап, этокое чистилище, в виде монадической теории, т.е. кванторной теории с одной переменной, для которой все выводы относительно, скажем, тавтологичности логических истин и, значит, соответствующих результатов измерения семантической информации совпадают с выводами в пропозициональной логике. Действительно, более полная информация о положении дел в мире может быть получена для более детальной структуры утверждений; простейшая детализация подобного рода имеет место при структуризации утверждения на субъект и предикат. Положение дел в мире фиксируется утверждением о существовании или несуществовании индивидов с определенными свойствами.

Ясно, что индивид может обладать многими свойствами. Пусть имеется  $k$  свойств и некоторые из них могут быть приписаны некоторому индивиду. Эти свойства представлены одноместными предикатами

$$P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_k.$$

Средствами этих предикатов можно образовать сложные предикаты через конъюнкцию утверждений или отрицаний исходных предикатов  $P_i$ . Индивид характеризуется сложным предикатом, общий вид которого таков:

$$\mp P_1 \ \& \ \mp P_2 \ \& \ \dots \ \& \ \mp P_i \ \& \ \dots \ \& \ \mp P_k.$$

Если прибегнуть к обычной практике, когда знак «+» не используется по умолчанию для утверждения, а для отрицания используется знак «-», произвольная последовательность такого рода будет иметь вид

$$P_1 \ \& \ \neg P_2 \ \& \ \dots \ \& \ P_i \ \& \ \dots \ \& \ \neg P_k.$$

Сокращенно такой предикат может быть представлен в виде

$$\prod_{i=1}^{i=k} P_i x \cdot$$

Таких сложных предикатов из  $k$  одноместных предикатов можно построить  $2^k$ . Некоторое возможное положение дел в мире характеризуется существованием индивидов, обладающих некоторыми из этих сложных свойств, представленными соответствующими предикатами, и несуществованием индивидов, которым можно приписать остальные предикаты из перечня  $2^k$  предикатов. Другими словами, относительно каждого из сложных предикатов можно утверждать существование индивида, обладающего этим предикатом, либо отрицать существование такого индивида. Например,

$$\begin{aligned} & (\exists x)(P_1 x \& \neg P_2 x \& \dots \& P_i x \& \dots \neg P_k x) \& \\ & \& (\exists x)(\neg P_1 x \& P_2 x \& \dots \& P_i x \& \dots \& \neg P_k x) \& \dots \\ & \dots \& \neg (\exists x)(P_1 x \& \neg P_2 x \& \dots \& \neg P_i x \& \dots \& P_k x). \end{aligned}$$

Это обстоятельство выражается формулой  $\neg (\exists x) \prod_{i=1}^{i=k} P_i x \cdot$

Ясно, что таких утверждений может быть

$$\prod_{j=1}^{j=2^k} (\exists x) \prod_{i=1}^{i=k} P_i x \cdot$$

Такое выражение называется конститuentой. По аналогии с пропозициональной логикой в отношении предикатов можно ввести нормальную форму, которая представляет собой дизъюнкцию таких конститuent. Обозначим те части этого выражения, которые утверждают существование индивидов, через  $C_i(x)$ . В этом случае последнее выражение может быть переписано в следующей форме:

$$\begin{aligned} & (\exists x)C_1(x) \& (\exists x)C_2(x) \& \dots \dots \& (\exists x)C_i(x) \& \dots \\ & \dots (\exists x)C_n(x) \& (\forall x) [C_1(x) \vee C_2(x) \vee \dots \\ & \dots \vee C_i(x) \vee \dots \dots \vee C_n(x)] \end{aligned} \quad (1)$$

где  $C_i(x)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) есть некоторое подмножество указанного множества предикатов.

Описанное представление легко проверяется, а в интуитивном смысле оно более ясно. Вместо того чтобы рассматривать все виды су-

существующих индивидов, а затем все виды несуществующих индивидов, можно указать только виды существующих индивидов и добавить, что этим списком исчерпываются все существующие индивиды. Именно это добавление обеспечивается дизъюнкцией

$$(\forall x) [C_1(x) \vee C_2(x) \vee \dots \vee C_i(x) \vee \dots \vee C_n(x)].$$

С учетом этого добавления формула (1) может быть переписана в виде

$$R (\exists x) \prod_{i=1}^{i=k} P_i x \ \& \ S (\forall x) \prod_{i=1}^{i=k} P_i x.$$

В данном случае использованы следующие сокращения: под  $R$   $\prod_{j=1}^{i=k}$  имеется в виду конъюнкция всех неотрицательных членов конъюнкции  $\prod_{i=1}^{i=k} P_i x$ , а под  $S$   $\prod_{j=1}^{i=k}$  – дизъюнкция тех же формул.

Хотя в случае монадического исчисления предикатов наглядность несколько теряется по сравнению с пропозициональной логикой, все же более или менее понятна идея тавтологичности логических истин как истин безинформативных. Но при переходе к логике первого порядка такая наглядность теряется. Не случайно логические позитивисты отказались от чисто синтаксического описания альтернатив в кванторном языке в пользу понятия значения. При этом они столкнулись с такого рода трудностями, которые довольно сильно запутали всю проблему определения семантической информации. Коль скоро для пропозициональной логики идея семантической информации основывалась на исключении альтернатив, представленных на синтаксическом уровне, очевидно, это следовало делать также и для логики первого порядка. Здесь идеальным языком являются дистрибутивные нормальные формы для языка первого порядка как чисто синтаксические структуры, определяемые комбинаторно. В комбинаторном аспекте их представления есть плюсы и минусы. С одной стороны, это чисто синтаксические структуры, а с другой – это чрезвычайно сложные структуры. Последнее обстоятельство является, видимо, основным препятствием для их использования в теории семантической информации. В некотором смысле трудно было ожидать, что переход к кванторной логике в теории дистрибутивных нормальных форм приведет к такой сложности. Автор идеи дистрибутивных нормальных форм для пропозициональной логики Г. фон Вригт в частном

разговоре сообщил автору данной работы, что никак не ожидал этой сложности при развитии теории его учеником Я. Хинтиккой [1].

Рассмотрим, какие усложнения вносит переход от одноместных предикатов, скажем, к двухместным. Напомним, что общий вид формулы в дистрибутивной нормальной форме для монадического исчисления предикатов таков:

$$(\exists x)C_1(x) \& (\exists x)C_2(x) \& \dots \dots \& (\exists x)C_i(x) \& \dots \dots (\exists x)C_n(x) \& (\forall x) [C_1(x) \vee C_2(x) \vee \dots \dots \vee C_i(x) \vee \dots \dots \vee C_n(x)].$$

При переходе к двухместным предикатам  $P(x, y)$  формула в дистрибутивной нормальной форме будет иметь тот же вид, только теперь каждая из конstituент  $C_i(x)$  будет такой:

$$(\exists x)C'_1(x, y) \& (\exists x)C'_2(x, y) \& \dots \dots \& (\exists x)C'_i(x, y) \& \dots \dots (\exists x)C'_n(x, y) \& (\forall x) [C'_1(x, y) \vee C'_2(x, y) \vee \dots \dots \vee C'_i(x, y) \vee \dots \dots \vee C'_n(x, y)] \& \prod_{i=1}^{i=r} P_i(x, y).$$

Каждая из конstituент  $C'_j(x, y)$  имеет вид

$$\prod_{i=1}^{i=r} P_i(x, y). \prod_{i=1}^{i=r} P_i(y, x). \prod_{i=1}^{i=r} P_i(y, y) [2].$$

Интуитивно значение этой формулы понять нетрудно. Изначально имелось описание возможных положений дел конstituентами, утверждавшими существование некоторого числа индивидов. Эти индивиды обозначаются связанной переменной  $x$ . Теперь относительно каждого такого индивида  $x$  мы утверждаем существование некоторого числа индивидов  $y$ , специфицированных уже предикатами  $P(x, y)$ . Спецификация индивида  $y$  относительно индивида  $x$  включает указание трех вещей: утверждается или отрицается отношение  $P$  индивида  $x$  к индивиду  $y$ , т.е. отношение  $\pm Pxy$ ; утверждается или отрицается обратное отношение индивида  $y$  к индивиду  $x$ , т.е.  $\pm Pyx$ ; наконец, утверждается или отрицается отношение индивида  $y$  к самому себе, т.е.  $\pm Pyy$ .

Коль скоро возможные ситуации в мире определяются ресурсами языка, следует оговорить, какие именно эти ресурсы в случае использования логики первого порядка. Конstituента как описание возможного положения дел содержит следующие параметры: конечное множество всех предикатов, множество свободных индивидных символов и максимальное число цепи кванторов, таких, что область действия внешнего (самого левого в формуле для конstituенты) простирается на всю формулу, область действия второго простирается на оставшуюся часть фор-

мулы и т.д. Более точно, здесь мы имеем в виду вложенные кванторы. Если ограничиться этими ресурсами, дистрибутивная нормальная форма в логике первого порядка описывает все возможные положения дел, которые могут быть ими специфицированы. (Вспомним, что наша способность к описанию мира определяется соответствующими ресурсами языка.)

Параметр, связанный с числом вложенных кванторов в формуле, называется глубиной формулы в дистрибутивной нормальной форме. Само по себе использование квантора в формуле подразумевает рассмотрение по крайней мере одного индивида, имя которого на место переменной подставляется согласно правилу экзистенциальной конкретизации, а именно « $(\exists x)Fx \supset Fa$ ». Тогда глубина формулы означает число индивидов, рассматриваемых в их взаимоотношениях. Рекурсивное определение глубины  $d$  формулы  $P$  таково:

$$\begin{aligned} d(P) &= 0, \text{ если } P \text{ есть атомарная формула;} \\ d(P_1 \supset P_2) &= \max(d(P_1), d(P_2)); \\ d(\neg P) &= d(P); \\ d[(\exists x)P] &= d(P) + 1. \end{aligned}$$

Для связок конъюнкции и дизъюнкции определение может быть построено с помощью импликации и отрицания. При наличии в формуле свободных переменных глубина формулы заменяется на понятие степени формулы  $D$ , где  $D = d +$  число свободных переменных. Однако при обсуждении дистрибутивных нормальных форм можно без потери общности ограничиться лишь глубиной формулы [3].

Конституента глубины  $d$  определяется рекурсивно в терминах конституенты глубины  $d - 1$ , так что дистрибутивная нормальная форма представляет собой дерево в математическом смысле слова. В конституенту глубины  $d$  входят как члены конъюнкции все конституенты глубины  $d - 1$ , в конституенту глубины  $d - 1$  входят как члены конъюнкции все конституенты глубины  $d - 2$  и т.д. Конечными точками дерева являются все конституенты глубины 0. Рассмотрим структуру, начиная с конституент глубины 0 [4].

Конституенты глубины 0 включают все возможные вхождения предикатов со свободными переменными. Например, в случае двухместного предиката  $P$  и трех индивидов  $x, y, z$  мы имеем конституенты глубины 0:

$$\begin{aligned} C_1^0(x, y, z) &= Pzz \ \& \ Pzy \ \& \ Pyz \ \& \ Pyy \ \& \ Pxx \ \& \ Pxy \ \& \ Pyx \ \& \ Pxz \ \& \ Pzx; \\ C_2^0(x, y, z) &= \neg Pzz \ \& \ Pzy \ \& \ Pyz \ \& \ Pyy \ \& \ Pxx \ \& \ Pxy \ \& \ Pyx \ \& \ Pxz \ \& \ Pzx; \\ C_3^0(x, y, z) &= Pzz \ \& \ \neg Pzy \ \& \ Pyz \ \& \ Pyy \ \& \ Pxx \ \& \ Pxy \ \& \ Pyx \ \& \ Pxz \ \& \ Pzx; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_4^0(x, y, z) &= Pzz \& Pzy \& \neg Pyz \& Pyy \& Pxx \& Pxy \& Pyx \& Pxz \& Pzx; \\
 C_k^0(x, y, z) &= \neg Pzz \& \neg Pzy \& \neg Pyz \& \neg Pyy \& \neg Pxx \& \neg Pxy \& \neg Pyx \& \\
 &\quad \neg Pxz \& \neg Pzx.
 \end{aligned}$$

Конъюнкция всех таких конституент описывает все возможные состояния дел в мире и по этой причине не несет никакой информации о действительном положении дел. Эта идея лежит в основании понятия тавтологии, т.е. логической истины. Для того чтобы конституента описывала действительное положение дел, нужно сделать утверждения о существовании индивидов с определенным набором свойств. Эти свойства фиксируются утверждениями предикатов  $P$  или их отрицанием  $\neg P$ .

Утверждение существования индивида включает в себе два шага. Во-первых, это связывание свободной переменной квантором существования, например:

$$\begin{aligned}
 C_{3n}^1(y, z) &= \exists x [Pzz \& \neg Pzy \& Pyz \& Pyy \& Pxx \& Pxy \& Pyx \& Pxz \& Pzx] = \\
 &= Pzz \& \neg Pzy \& Pyz \& Pyy \& \exists x [Pxx \& Pxy \& Pyx \& Pxz \& Pzx];
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{3s}^1(y, z) &= \neg \exists x [Pzz \& \neg Pzy \& Pyz \& Pyy \& Pxx \& Pxy \& Pyx \& Pxz \& Pzx] = \\
 &= Pzz \& \neg Pzy \& Pyz \& Pyy \& \neg \exists x [Pxx \& Pxy \& Pyx \& Pxz \& Pzx].
 \end{aligned}$$

Заметим, что мы получаем при этом конституенты большей глубины, а именно, глубины 1. В эти конституенты входят все варианты с варьированием утверждения и отрицания как квантора, так и предикатов. Например:

$$\begin{aligned}
 C_n^1(y, z) &= Pzz \& \neg Pzy \& Pyz \& \neg Pyy \& \exists x [\neg Pxx \& Pxy \& Pyx \\
 &\quad \& \neg Pxz \& Pzx].
 \end{aligned}$$

Последней в таком перечне конституент будет

$$\begin{aligned}
 C_s^1(y, z) &= \neg Pzz \& \neg Pzy \& \neg Pyz \& \neg Pyy \& \neg \exists x [\neg Pxx \& \neg Pxy \\
 &\quad \& \neg Pyx \& \neg Pxz \& \neg Pzx].
 \end{aligned}$$

Во-вторых, спецификация индивида  $x$  при этом не завершена, так как требуется знание того, как он соотносится с двумя остальными индивидами  $y$  и  $z$ . Начинается спецификация с указания на то, как индивид  $x$  соотносится с индивидом  $y$ . Для этого делается утверждение или отрицание существования индивида  $y$ , т.е. свободная переменная  $y$  связывается квантором существования. При этом мы получаем конституенты глубины 2. Например:

$$C^2_n(z) = Pzz \& \exists y \{ \neg Pzy \& Pyz \& \neg Pyy \& \exists x [ \neg Pxx \& Pxy \\ \& Pyx \& \neg Pxz \& Pzx] \}.$$

Опять-таки, при этом мы получаем конститuentу большей глубины 2, которая включает в себя все конститuentы глубины 1. Варьирование утверждения или отрицания при кванторах и предикатах составляет конъюнкцию всех возможностей при описании специфицированных индивидов  $x$  и  $y$  и еще не специфицированного индивида  $z$ .

Последней в таком перечне конститuent будет

$$C^2_s(z) = \neg Pzz \& \neg \exists y \{ \neg Pzy \& \neg Pyz \& \neg Pyy \& \neg \exists x [ \neg Pxx \& \\ \neg Pxy \& \neg Pyx \& \neg Pxz \& Pzx] \}.$$

Наконец, описание того, как индивид  $z$  соотносится с двумя индивидами  $x$  и  $y$ , достигается утверждением или отрицанием квантора существования, связывающего свободную переменную  $z$ . При этом мы получаем конститuentу глубины 3. Например:

$$C^3_n = \exists z ( Pzz \& \exists y \{ \neg Pzy \& Pyz \& \neg Pyy \& \exists x [ \neg Pxx \& Pxy \\ \& Pyx \& \neg Pxz \& Pzx] \} ).$$

Варьирование утверждения или отрицания при кванторах и предикатах составляет конъюнкцию всех возможностей при описании специфицированных индивидов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Конъюнкция таких вариаций составит описание возможного положения дел в мире, который специфицируется двухместным предикатом и тремя индивидами. Последней составляющей в такой конститuentе будет, естественно,

$$C^3_s = \neg \exists z ( \neg Pzz \& \neg \exists y \{ \neg Pzy \& \neg Pyz \& \neg Pyy \& \neg \exists x \\ [ \neg Pxx \& \neg Pxy \& \neg Pyx \& \neg Pxz \& \neg Pzx] \} ).$$

Таким образом, некоторая конститuentа глубины  $d$  представляется в виде конъюнкции конститuent меньшей глубины  $d-1$ , которые, в свою очередь, представляют собой конъюнкцию конститuent меньшей глубины  $d-2$ , и т.д.

Существует в некотором смысле обратное представление конститuentы глубины  $d$ , при котором она выражается в виде уже дизъюнкции конститuent большей глубины  $d+1$ . Каждая из новых конститuent, составляющих дизъюнкцию, в свою очередь может быть представлена в виде дизъюнкции конститuent глубины  $d+2$ . Этот процесс можно про-

должать до глубины  $d+e$ , где  $e$  – сколь угодно большое число. Этот процесс называется расширением конstituенты.

Для лучшего понимания этого процесса рассмотрим некоторый индивид  $z$ , относительно которого имеем простейший факт:  $Pzz$ , т.е. индивид имеет некоторое отношение  $P$  к самому себе. Вводим в рассмотрение возможный индивид  $y$  (который может быть тем же самым индивидом  $z$ ) и описываем его потенциальные взаимоотношения с индивидом  $z$ . Таких отношений может быть много, и некоторые из них существуют реально (если индивид существует), а некоторые из выписанных потенциальных отношений не существуют реально (если индивид не существует). Пусть мы утверждаем, что индивид  $z$ , который имеет отношение  $P$  к самому себе, существует, т.е.  $(\exists z) Pzz$ . Это формула глубины 1, и интуитивно мы понимаем, что речь идет об одном индивиде. Вводя в рассмотрение возможный индивид  $y$ , который может иметь отношение  $P$  к самому себе и к индивиду  $z$ , мы усложняем описание возможного состояния дел, получая дизъюнкцию конstituент глубины 2. Действительно, помимо квантора  $(\exists z)$  мы имеем вложенный квантор  $(\exists y)$ :

$$\begin{aligned} & (\exists z) [Pzz \ \& \ (\exists y) (Py_y \ \& \ Pyz \ \& \ Pzy) \ \& \ (\exists y) (\neg Py_y \ \& \ \neg Pyz \ \& \ \neg Pzy)] \vee \\ & \vee (\exists z) [Pzz \ \& \ \neg(\exists y) (Py_y \ \& \ Pyz \ \& \ Pzy) \ \& \ (\exists y) (\neg Py_y \ \& \ \neg Pyz \ \& \ \neg Pzy)] \vee \\ & \vee (\exists z) [Pzz \ \& \ \neg(\exists y) (Py_y \ \& \ Pyz \ \& \ Pzy) \ \& \ \neg(\exists y) (\neg Py_y \ \& \ \neg Pyz \ \& \ \neg Pzy)] \end{aligned}$$

В каждой из этих строчек описываются различные индивиды  $z$ , и различие их связано с тем, каково соотношение индивида  $z$  с возможными индивидами  $y$ . Каждый из полученных индивидов  $z$ , специфицированный с помощью возможных индивидов  $y$ , может «расщепляться», если конstituенту глубины 2 расширить до дизъюнкции конstituент глубины 3 путем введения возможных индивидов  $x$ . При этом все возможные индивиды  $y$  специфицируются с помощью всех возможных индивидов  $x$  и т.д. Ясно, что комбинаторная сложность представления процесса расширения конstituент резко возрастает.

Процесс расширения конstituент до большей глубины позволяет соотнести между собой перечни индивидов. Из представленного выше описания структуры дистрибутивных нормальных форм видно, что конstituента глубины  $d$  описывает систематическую процедуру выбора некоторой последовательности из  $d$  индивидов. Каждая из этих последовательностей изображает возможный ход событий в мире. Такие последовательности образуют своего рода перечни индивидов. Различение этих перечней играет важную роль в понимании проблемы возникновения противоречивых конstituент.

В приведенном выше примере мы начинаем с индивида  $z$ . Он есть элемент абсолютного перечня (единственность этого элемента объясняется простотой примера; естественно, что мы можем рассматривать в абсолютном перечне любое конечное число индивидов). Относительным к индивиду  $z$  будет перечень всех возможных индивидов  $y$ . Относительным к любому выбранному из этого перечня индивиду  $y$  будет перечень всех возможных индивидов  $x$ . И так далее.

В качестве иллюстрации рассмотрим выражения

$$(\exists x)C_1(x) \& (\exists x)C_2(x) \& \dots \dots \& (\exists x)C_i(x) \& \dots \dots (\exists x)C_n(x) \& \\ \& (\forall x) [C_1(x) \vee C_2(x) \vee \dots \dots \vee C_i(x) \vee \dots \dots \vee C_n(x)].$$

и

$$(\exists x)C'_1(x,y) \& (\exists x)C'_2(x,y) \& \dots \dots \& (\exists x)C'_i(x,y) \& \dots \dots (\exists x)C'_n(x,y) \& \\ \& (\forall x) [C'_1(x,y) \vee C'_2(x,y) \vee \dots \dots \vee C'_i(x,y) \vee \dots \dots \vee C'_n(x,y)] \& \\ \& \prod_{i=1}^{n'} P_i(x,x).$$

Эти выражения являются перечнями всех существующих для данного описания индивидов. Первая формула представляет собой абсолютный перечень индивидов, а вторая – относительный перечень индивидов относительно индивида  $x$  из абсолютного перечня. Вторая формула является частью первой, что соответствует структуре дистрибутивной нормальной формы в виде дерева. Из исходного перечня всех возможных сложных отношений, которые могут иметь место между  $n+1$  индивидами и которые могут быть специфицированы  $m$  слоями кванторов, конструируется перечень всех различных сложных отношений, которые могут быть между  $n$  индивидами и которые могут быть описаны  $m+1$  слоями кванторов. Для  $m = 0$  мы получаем случай пропозициональной логики.

Следует понимать, что в абсолютном и относительном к нему перечнях содержатся одни и те же индивиды, что определяется самой процедурой построения конститuent более высокого уровня. Поэтому важно, чтобы каждый индивид из абсолютного перечня нашел свое место в относительном перечне, а индивид из относительного перечня нашел свое место в абсолютном. Другими словами, каждые два перечня (абсолютный и относительный к нему) должны быть совместимы [1]. Это обстоятельство является решающим для понимания природы семантической информации.

Дистрибутивная нормальная форма предложения есть представление возможностей, которые утверждаются (или отрицаются) предложе-

нием. Число конститuent может служить мерой логической вероятности  $P(S)$  утверждения  $S$ . Мера информативности  $I(S) = 1 - P(S)$ .

Переход от пропозициональной логики к кванторной проявляет важную особенность дистрибутивных нормальных форм, свидетельствуя о важности этого формализма для прояснения природы логики. Логика первого порядка, согласно теореме Черча, неразрешима. В то же самое время известно, что пропозициональное исчисление и монадическая кванторная логика разрешимы. В соответствии с теоремой о существовании дистрибутивных нормальных форм в логике первого порядка они должны демонстрировать неразрешимость этой логики. Поскольку конструирование нормальных форм для кванторной логики осуществляется как обобщение нормальных форм для пропозициональной логики и монадической кванторной теории, требуется объяснить причину появления неразрешимости исходя из структуры самих дистрибутивных нормальных форм.

Исчисление разрешимо, если для любой формулы можно чисто механической процедурой показать, является ли она теоремой исчисления. Формула пропозициональной логики является теоремой, если и только если эта формула является тавтологией. Метод истинностных таблиц дает эффективную процедуру разрешения. Далее, в пропозициональной логике и монадической логике первого порядка дистрибутивные нормальные формы дают разрешающий метод: если формула имеет непустую нормальную форму, то она выполнима; и наоборот, формула логически истинна, если и только если ее нормальная форма содержит все конститuentы с теми же самыми параметрами. В пропозициональной логике формула имеет непустую нормальную форму, если и только если она непротиворечива. Отсюда следует, что неразрешимость общего случая дистрибутивных нормальных форм связана с наличием противоречивых конститuent.

Интуитивно причину противоречивости конститuent объяснить сравнительно легко. Вернемся к формулам, приведенным выше:

$$(\exists x)C_1(x) \ \& \ (\exists x)C_2(x) \ \& \ \dots \ \& \ (\exists x)C_i(x) \ \& \ \dots \ \& \ (\exists x)C_n(x) \ \& \ (\forall x) [C_1(x) \vee C_2(x) \vee \dots \vee C_i(x) \vee \dots \vee C_n(x)]. \quad (1)$$

и

$$(\exists x)C'_1(x,y) \ \& \ (\exists x)C'_2(x,y) \ \& \ \dots \ \& \ (\exists x)C'_i(x,y) \ \& \ \dots \ \& \ (\exists x)C'_n(x,y) \ \& \ (\forall x)[C'_1(x,y) \vee C'_2(x,y) \vee \dots \vee C'_i(x,y) \vee \dots \vee C'_n(x,y)] \ \& \ \prod_{i=1}^{i=P} P_i(x,x). \quad (2)$$

Здесь мы имеем два перечня индивидов; эти два перечня должны быть совместимы для каждого предложения формы (2), которое входит в (1). Условие совместимости распадается на два требования.

1. Каждый индивид, который существует согласно абсолютному перечню, должен найти свое место в относительном перечне существующих индивидов.

Если это требование не выполняется, тогда (1) противоречиво. Противоречивость может быть показана применением теоремы обмена:

$$(\exists x)(\forall y)P(x,y) \supset (\forall x)(\exists y)P(y,x).$$

Сравним перечень индивидов, существующих согласно некоторой конституенте  $C^{(d)}$  глубины  $d$ , с перечнем индивидов, обнаруживаемым после нахождения одного из индивидов, который существует согласно  $C^{(d)}$ . Но порядок выборки в процедуре обнаружения этого индивида может быть другим, и такое изменение порядка не должно выводить за пределы взаимоотносящихся последовательностей индивидов. Если это не так, тогда нарушается приведенная выше теорема.

Аналогия с пазлом в данном случае весьма уместна. Две «фигуры» из абсолютного перечня должны подходить друг другу для образования большей картины.

2. Каждый индивид, который существует согласно относительному перечню, должен найти свое место в абсолютном перечне.

Если это требование нарушается, тогда (1) опять-таки противоречиво. Противоречивость может быть показана применением теоремы обмена кванторов:

$$(\exists x)(\exists y)P(x,y) \supset (\exists x)(\exists y)P(y,x).$$

Соображения в пользу этого требования те же, что и выше. Аналогия с пазлом может быть продолжена следующим образом: фигура оставляет незаполненной «пробел» в пазле.

Если условия совместимости двух перечней индивидов не выполняются, мы имеем противоречивые конституенты, и это исчерпывает причины появления противоречивости конституент.

Существует два вида противоречивости конституент. Первый называется тривиальной противоречивостью, а второй – нетривиальной. Вы-

бор терминологии не совсем удачен, поскольку обычный смысл термина «тривиальная противоречивость» подразумевает одновременное наличие утверждения и его отрицания или же формулы и ее отрицания в конъюнкции. Тривиальная противоречивость вызывается нарушением приведенных выше условий. Ее отличие от нетривиальной состоит в том, что для тривиально противоречивых конституент существует эффективная процедура их удаления, в то время как отсутствие таковой для нетривиальной противоречивости связано с неразрешимостью логики первого порядка.

Хотя интуитивные представления о причинах противоречивости конституент достаточно прозрачны, формулировка критериев противоречивости весьма сложна. Тем не менее критерий (или критерии) хорошо согласуется с интуитивными соображениями. Что собой представляет противоречивая конституента? Как мы видели, противоречивость приводит к двум следствиям:

- 1) возможность конституенты влечь существование индивида, который не может существовать;
- 2) существование двух индивидов, которые не могут существовать в одном и том же возможном мире.

Рассмотрим структуру дистрибутивной нормальной формы. Конституента  $C^d_0$  описывает взаимоотношения индивидов таким образом, что различные последовательности индивидов представлены разными ветвями дерева. Поскольку индивиды отбираются из одного и того же универсума индивидов, одни и те же индивиды входят в состав различных конституент глубины  $d-1$ . Одинаковые наборы индивидов находятся на ветвях, идущих от конституент  $C^{d-1}_1, C^{d-1}_2, C^{d-1}_3, \dots$

Последовательности индивидов, идущих от этих конституент, могут быть сведены к более коротким последовательностям, если в соответствующих конституентах опустить один слой кванторов. Естественно ожидать, что такие укороченные последовательности индивидов должны быть одинаковы во всех конституентах  $C^{d-1}_1, C^{d-1}_2, C^{d-1}_3, \dots$  Таким образом, сведение конституент  $C^{d-1}_1, C^{d-1}_2, C^{d-1}_3, \dots$ , входящих в конституенту  $C^d_0$ , должно приводить к одинаковым результатам. Другими словами, опускание слоя кванторов в конституенте  $C^d_0$  должно приводить к одинаковым результатам независимо от выбора составляющих конституент  $C^{d-1}_1, C^{d-1}_2, C^{d-1}_3, \dots$ , если конституента  $C^d_0$  непротиворечива.

В качестве примера рассмотрим следующую конституенту глубины 2 с одним предикатом  $P$ , которая содержит две конституенты глубины 1:

$$C^{(2)}(P) = Pzz \& [(\exists x) C^{(1)}_1 \& (\exists x) C^{(1)}_2] \& (\forall x) (C^{(1)}_1 \vee C^{(1)}_2),$$

или же, более подробно,

$$\begin{aligned} Pzz \& \\ & \& (\exists x) [(Pxx \& Pxz \& Pzx \& \\ & \& (\exists y) (Pyu \& Pyx \& Pxy \& Puz \& Pzy) \& \\ & \& (\forall y) (Pyu \& Pyx \& Pxy \& Puz \& Pzy)] \& \\ & \& (\exists x) [(Pxx \& Pxz \& Pzx \& \\ & \& (\exists y) (Pyu \& Pyx \& Pxy \& Puz \& \neg Pzy) \& \\ & \& (\forall y) (Pyu \& Pyx \& Pxy \& Puz \& \neg Pzy)] \& \\ & \& (\forall x) (C^{(1)}_1 \vee C^{(1)}_2). \end{aligned}$$

(Здесь первая часть, находящаяся в области действия квантора  $(\exists x)$ , обозначена через  $C^{(1)}_1$ , а вторая аналогичная часть – через  $C^{(1)}_2$ ).

Результат описанной выше процедуры над конституентой  $C^{(1)}_1(z, x)$  имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} Pzz \& (\exists y) (Pyu \& Puz \& Pzy) \& \\ & \& (\forall y) (Pyu \& Puz \& Pzy). \end{aligned}$$

Результат описанной выше процедуры над конституентой  $C^{(1)}_2(z, x)$  имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} Pzz \& (\exists y) (Pyu \& Puz \& \neg Pzy) \& \\ & \& (\forall y) (Pyu \& Puz \& \neg Pzy). \end{aligned}$$

Очевидно, что оба этих выражения не являются нотационными вариантами друг друга, и поэтому проверяемая конституента тривиально противоречива.

Есть еще один критерий обнаружения тривиальной противоречивости, согласующийся с другим интуитивным представлением о причинах тривиальной противоречивости. На ветви, идущей от конституенты  $C^{d-1}_1$ , находятся все индивиды, специфицированные в конституенте  $C^d_0$ . Поэтому результат опускания квантора в  $C^{d-1}_1$  равносильно опусканию кванторов во всех конституентах глубины 0, если конституента  $C^d_0$  непротиворечива. Другими словами, конституента непротиворечива, если результаты опускания двух различных слоев кванторов в конституенте

суть нотационные варианты друг друга. В качестве примера рассмотрим ту же самую конституенту:

$$\begin{aligned}
 &P_{zz} \& \\
 &\&(\exists x) [(P_{xx} \& P_{xz} \& P_{zx} \& \\
 &\& (\exists y) (P_{yy} \& P_{yx} \& P_{xy} \& P_{yz} \& P_{zy}) \& \\
 &\& (\forall y) (P_{yy} \& P_{yx} \& P_{xy} \& P_{yz} \& P_{zy})] \& \\
 &\& (\exists x) [(P_{xx} \& P_{xz} \& P_{zx} \& \\
 &\& (\exists y) (P_{yy} \& P_{yx} \& P_{xy} \& P_{yz} \& \neg P_{zy}) \& \\
 &\& (\forall y) (P_{yy} \& P_{yx} \& P_{xy} \& P_{yz} \& \neg P_{zy})] \& \\
 &\& (\forall x) (C^{(1)}_1 \vee C^{(1)}_2).
 \end{aligned}$$

Опуская слой кванторов  $(\exists x)$ , получаем

$$\begin{aligned}
 &P_{zz} \& \\
 &\& (\exists y) (P_{yy} \& P_{yz} \& P_{zy}) \& \\
 &\& (\forall y) (P_{yy} \& P_{yz} \& P_{zy}) \& \\
 &\& (\exists y) (P_{yy} \& P_{yz} \& \neg P_{zy}) \& \\
 &\& (\forall y) (P_{yy} \& P_{yz} \& \neg P_{zy})].
 \end{aligned}$$

Опуская слой кванторов  $(\exists y)$ , получаем

$$\begin{aligned}
 &P_{zz} \& \\
 &\& (\exists x) [(P_{xx} \& P_{xz} \& P_{zx} \& \\
 &\& (\exists x) [(P_{xx} \& P_{xz} \& P_{zx}) \& \\
 &\& (\forall x) (C^{(1)}_1 \vee C^{(1)}_2).
 \end{aligned}$$

Очевидно, что оба этих выражения не являются нотационными вариантами друг друга, и поэтому проверяемая конституента тривиально противоречива.

Два представленных критерия позволяют нам выявить тривиально противоречивые конституенты. Поскольку формула в дистрибутивной нормальной форме представляет собой дизъюнкцию конституент, противоречивые конституенты опускаются из формулы. Измерение семантической информации предложения в дистрибутивной нормальной форме опирается на процедуру устранения противоречивых конституент. Предложение тем более информативно, чем больше возможных положений дел оно исключает. Возникает вопрос о статусе противоречивой конституенты: описывает ли она возможное положение дел? Это метафизическое предположение напрямую связано с вопросом, являются ли

логические истины тавтологиями. По определению этого последнего понятия, оно включает описание всех возможных положений дел и поэтому является безинформативным, в полном согласии со статистической теорией информации.

Есть аргументы в пользу того, что противоречивые конститuentы ничего не описывают вообще. Но эти аргументы опираются на сильнейшие метафизические предположения о соотношении языка и мира. При рассмотрении вопроса о тавтологичности логических истин мы находимся в сфере обсуждения природы дедуктивного знания. Интересно, что присутствие метафизических представлений делает обсуждение подобного рода вопросов точным аналогом дискуссии о природе индуктивных структур. Известно, что концепция индуктивного вывода предполагает определенную упорядоченность мира, и это предположение уже встроено в концепцию вероятностного описания мира. Понятие семантической информации, опирающееся на вероятности определенных возможных положений дел в мире, таким образом, зависит от чисто метафизических предположений.

Очевидно, что природа дедуктивной истины определяется принятием различных допущений о степени учета влияния противоречивых конститuent. Наипростейшая концепция состоит в том, что противоречивая конститuentа вообще не описывает никакого возможного положения дел в мире. Именно противоречивость позволяет считать, что такое положение, которое конститuenta имела целью описать, не может быть реализовано, и поэтому опускание противоречивой конститuentы в предложении не изменит его семантической информации. Это равносильно предположению о том, что дистрибутивная нормальная форма тавтологии содержит только непротиворечивые конститuentы.

Важным обстоятельством является то, что процесс обнаружения и устранения противоречивых конститuent – неотъемлемая часть структуры логического доказательства. Дело в том, что поиск таких конститuent есть попытка найти разрешающую процедуру для кванторного предложения. Как известно, в общем случае это невозможно, согласно теореме Черча. Это хорошо видно из анализа процедуры разрешения для ряда фрагментов логики первого порядка [6].

Но как раз реальный ход поиска такой процедуры и невозможность ее в принципе приводят к двум видам семантической информации, имеющим разный онтологический статус. Дело в том, что проверка формулы в дистрибутивной нормальной форме на общезначимость или непротиворечивость может не привести к успеху даже в том случае, если

будут выявлены все тривиально противоречивые конституенты. Конституента может быть противоречива, хотя эта противоречивость и не обнаружена непосредственно на некотором этапе применения приведенных выше критериев противоречивости конституент. Такая противоречивость называется нетривиальной.

Данный вид противоречивости может быть обнаружен расширением конституенты до дизъюнкции конституент большей глубины. Этот процесс расширения описан выше. Конституента глубины  $d$ , тривиально непротиворечивая, может оказаться противоречивой при расширении ее до глубины  $d+e$ , когда все члены дизъюнкции окажутся противоречивыми конституентами.

Наличие в принципе нетривиально противоречивых конституент приводит к важным философским следствиям. Как доказал Я. Хинтика, для некоторого  $e$  будут обнаружены все противоречивые конституенты [7]. Однако мы не можем знать, каково это число  $e$ , поскольку знание этого числа противоречило бы теореме Черча о неразрешимости логики первого порядка. Именно здесь мы наталкиваемся на некоторые указания на необходимость разделения онтологических и эпистемологических аспектов семантической информации. Предположение в том, что данная конституента является в принципе непротиворечивой, говорит об онтологической характеристике описания языком мира. А вот знание о том, что данная конституента является непротиворечивой, есть лишь ограниченное знание, способное к фальсификации при дальнейшем анализе конституенты, т.е. при увеличении ее глубины. Таким образом, мы имеем эпистемологическую характеристику соотношения языка и мира. Конфликт между ними проявляется в следующем: поскольку число  $e$  неизвестно, нетривиально противоречивая конституента вполне может быть принята на некотором этапе анализа за непротиворечивую. В таком случае возникает вопрос: как должна учитываться эта конституента при оценке информативности соответствующего предложения? Есть два ответа на этот вопрос, соответствующих онтологической и эпистемологической характеристике соотношения языка и мира.

Согласно первому ответу, опускание противоречивых конституент на определение семантической информации не влияет, поскольку противоречивые конституенты не отражают возможного положения дел в мире. Предложение не содержит информации, если его дистрибутивная нормальная форма включает конституенты, соответствующие всем описаниям возможных положений дел, кроме противоречивых. Но как уже было сказано, мы не можем гарантировать, что данная дистрибутивная

нормальная форма предложения не содержит противоречивых конститuent. Это значит, что при оценке семантической информации противоречивой конститuentе может быть ошибочно приписан некоторый вес, вносящий свою долю в общую оценку семантической информативности предложения, тогда как на самом деле эта конститuenta не описывает никакой возможности.

Однако при онтологической перспективе это не должно тревожить, поскольку существует же число  $e$ , такое, что конститuenta глубины  $d$  при расширении до глубины  $d+e$  проявит все свои противоречивые конститuentы. Это означает, что семантическая информация предложения представляет собой нечто завершенное, не зависящее от наших познавательных возможностей. Такая семантическая информация называется глубинной. Для оценки глубинной информации производятся чисто синтаксические операции путем введения в рассмотрение дополнительных индивидов. Другими словами, расписывание конститuent до некоторой глубины  $d+e$  представляет собой попытку «выжать» из предложения все, что может дать логика, и, значит, принять во внимание всю логическую систему. Но такое понятие семантической информации малопригодно в тех ситуациях, когда полный анализ подобного рода не нужен, например в индуктивных обобщениях. В эмпирически обоснованных предложениях на первое место выходят познавательные возможности.

Представляют интерес такие случаи, когда несомая предложением семантическая информация определяется приписыванием весов всем конститuentам предложения, кроме тривиально противоречивых, на некоторой глубине  $d$ . При этом не принимаются во внимание те потенциально противоречивые конститuentы, которые могли бы быть обнаружены расписыванием конститuent до большей глубины. Такая семантическая информация называется поверхностной.

Поверхностная информация гораздо более естественна в эпистемических контекстах. Действительно, при анализе пропозициональных установок типа «знает, что...», «верит, что...» и т.д. нет оснований считать, что требуемая семантическая информация не является рекурсивной неопределимой, как это имеет место в случае глубинной информации. Другими словами, в анализе познавательных процессов гораздо более естественным оказывается понятие поверхностной семантической информации.

Поверхностная информация в одних отношениях похожа на глубинную, а в других составляет с ней резкий контраст. Особый интерес для нас представляет понятие тавтологии, т.е. понятие безинформативного предложения, основанное на понятии поверхностной информации.

Рассмотрим понятие логического следования в терминах дистрибутивных нормальных форм. Каждое предложение в такой форме утверждает одни возможности и отрицает другие. Ясно, что если из предложения  $p$  следует предложение  $q$ , то дистрибутивная нормальная форма  $q$  должна включать в себя описание возможных положений дел, которые описываются дистрибутивной нормальной формой  $p$ , потому что в противном случае найдется такое описание состояния, которое утверждается в  $p$  и не утверждается в  $q$ , и тогда  $q$  не будет следствием  $p$  в интуитивной трактовке понятия следования. Другими словами, предложение  $q$  есть следствие предложения  $p$ , если и только если дистрибутивная нормальная форма  $p$  есть часть дистрибутивной нормальной формы  $q$ .

Глубинная информация предложения  $p$  никогда не бывает меньше глубинной информации его следствия  $q$ . Потому что если  $q$  утверждает больше возможных описаний возможных положений дел, то это за счет того, что  $q$  отрицает меньше такого рода описаний. Семантическая информация есть сумма весов конститuent, которые характеризуют исключенные возможные положения дел, и поэтому следствие  $q$  имеет меньшую глубинную информацию, чем  $p$ .

В случае поверхностной информации ситуация другая. Следствие  $q$  может иметь больше не только утверждаемых, но и отрицаемых конститuent, поскольку последними могут стать нетривиально противоречивые конститuent, которым приписывается вес. Ясно, что тогда логическое следствие предложения  $p$  предложение  $q$  может иметь большую поверхностную информацию, чем  $p$ . Это свойство поверхностной информации позволяет по-новому трактовать понятие тавтологии. В этом новом смысле понятия тавтологии многие логические и математические истины не являются тавтологиями.

Поверхностная информация некоторого предложения глубины  $d$  имеет тенденцию увеличиваться при расписывании этого предложения до глубины  $d+e$ , приближаясь к глубинной информации. Глубинная информация является пределом, к которому стремится поверхностная информация при бесконечном увеличении  $e$ . Отсюда следует наиболее интересный факт в отношении сопоставления глубинной и поверхностной информации: чисто логический вывод может увеличивать поверхностную информацию.

Как уже было сказано, в решении вопроса о природе противоречивых конститuent дистрибутивной нормальной формы есть две альтернативы: одна ведет к понятию глубинной информации, а другая – к понятию поверхностной семантической информации. Технически обе аль-

тернативы равноправны, но с точки зрения философии это не так. Понятие глубинной информации включает предположение об устранении всех противоречивых конституент, что является характеристикой не процесса логического размышления, и идеального его результата. Понятие поверхностной информации включает предположение об устранении всех противоречивых конституент при расширении конституенты до определенной глубины, что является эффективной процедурой. Эффективность процесса – это обстоятельство, которое важно для понимания применений понятия поверхностной информации.

Другим обстоятельством, важным при сопоставлении поверхностной и глубинной информации, является возможность интерпретировать первую как вклад в концептуальную схему. Если принять во внимание кантианскую схему познания внешнего мира, мы должны назвать параметры познания, характеризующие внешний мир, а также параметры, характеризующие вклад концептуальной схемы. Ясно, что на роль первых подходит понятие глубинной информации, а на роль вторых – понятие поверхностной информации. Обращаясь к метафоре кантианской концепции познания Эддингтона, мы можем получить весьма хорошую аналогию кантианской сети с поверхностной информацией [8]. Увеличение поверхностной информации при увеличении глубины предложения есть явный аналог уменьшения «ячеек» сети, т.е. все более детального знания. Стремление поверхностной информации к глубинной как к пределу может рассматриваться как аналог все более полного, но никогда не завершающегося процесса познания.

Признание предложения истинным есть указание на то, какие ситуации реализуются в мире, а какие – нет. Истинность предложений часто определяется, согласно кантианской точке зрения на познание, концептуальной схемой. В этом смысле дистрибутивная нормальная форма предложения весьма удобна, поскольку представляет собой перечень утверждаемых и отрицаемых альтернатив. Роль концептуальной схемы в данном случае состоит в том, что альтернативы описываются конечными средствами языка и сама эта конечность языковых ресурсов в существенной степени определяет наше видение альтернатив. Предложение глубины  $d$  заданными языковыми средствами описывает реальность с точностью до глубины  $d$ . Какого рода характеристикой является число  $d$ ?

Прежде всего, этот параметр характеризует «глубину» описания некоторым языком реального положения дел. Само по себе такое описание подвержено ограничению именно в силу наличия параметра  $d$ , и ограничение это может быть интерпретировано как ограничение, налагаемое

концептуальной схемой. Расплывчатый и слишком общий кантианский тезис о вкладе концептуальной схемы в познание мира в данном случае получает детализацию в виде оценки информации (в данном случае семантической), обязанной концептуальной схеме. Сопоставление информации о действительном положении дел и информации, обязанной концептуальной схеме, в некотором смысле аналогично сопоставлению У. Куайном онтологии и идеологии [9]. С одной стороны,  $d$  есть характеристика концептуальной схемы, поскольку она характеризует конечные ресурсы языка. С другой стороны, это характеристика адекватности описания языком действительного положения дел, так как в дедуктивно замкнутой концептуальной схеме с предложением глубины  $c$ , меньшей  $d$ , нет необходимости переходить к предложениям большей глубины.

Понимание характера глубины предложения в дистрибутивной нормальной форме возможно при рассмотрении процесса увеличения этого параметра. Если мы увеличиваем глубину предложения, увеличивается поверхностная семантическая информация, поскольку имеется эффективный способ ее измерения (которого нет для глубинной информации). Какова же онтологическая природа поверхностной информации? Увеличение глубины предложения происходит за счет того, что вычеркиваются противоречивые конститuentы. Это означает, что устраняется все больше и больше не проявляемых во внешней реальности возможных ситуаций и сужается круг тех ситуаций, которые описывает данное предложение. Процесс устранения противоречивых конститuent не требует эмпирических процедур, и поэтому знание, характеризуемое семантической информацией предложения, есть знание о том, что в действительном положении дел не может быть логически недопустимых ситуаций.

В этом смысле поверхностная семантическая информация является знанием фактов, которое позволяет получить подлинное знание о мире, и одновременно это знание может увеличиваться чисто дедуктивными средствами. Серия дедуктивных шагов (на практике очень большая, практически необозримая), которая осуществляется компьютерной программой, никак не связана с эмпирическими процедурами и, тем не менее, увеличивает информацию о мире. Если такой процесс может быть оценен с точки зрения увеличения информации, то эту роль может играть как раз поверхностная информация.

Пусть имеется конститuentа глубины  $d$ , дальнейший анализ которой до глубины  $d+e$  показывает противоречивость всех подчиненных ей конститuent (а значит, и ее собственную противоречивость). Применительно к глубине  $d$  мы не знаем о ее противоречивости и полагаем, что

описываемые конституентой возможные ситуации могут существовать в действительном мире. Такое допущение в значительной степени определяет, в какой мере концептуальная схема правильно описывает внешний мир. И нет никаких причин, с логической точки зрения, выходить за рамки ситуации. Другими словами, коль скоро устранены логические дефекты концептуальной схемы, т.е. устранены противоречивые конституенты, нет причин изменять ее как дедуктивно замкнутую систему. Анализ конституенты до  $d+e$  и обнаружение ее противоречивости суть получение нового знания о внешнем мире, поскольку соответствующие конституенте возможности оказываются нереализуемыми. Другими словами, устранение противоречивых конституент не есть процесс, необходимость которого вызывается потребностями самой концептуальной схемы. Таким образом, есть основания считать, что поверхностная информация дает знание о внешнем мире. «Причина этого состоит в том, что перед тем как я действительно устраню противоречивую конституенту из нормальной формы моего тотального знания, я должен быть подготовлен к ее истинности точно так же, как это имеет место в случае непротиворечивой конституенты [10]».

Хинтикакка приводит такой пример. Пусть конституента описывает некоторого индивида («Универсального Утешителя»), который любит тех и только тех, чья любовь осталась безответной. Имея знание о парадоксе Рассела, можно предположить, что такого индивида не существует. Но предположим, что на определенном этапе мы не знаем об этом факте. Что если такой Универсальный Утешитель попытается соблазнить несчастную в любви племянницу некоего джентльмена? Этот джентльмен должен быть готов встретить такого индивида и предпринять соответствующие предупредительные меры. Однако как только устанавливается противоречивость соответствующей конституенты, отпадает необходимость в таких мерах. «Но такое облегчение дела не является автоматическим, и оно предполагает определенные дедуктивные усилия, количество которых нельзя предсказать механически... Другими словами, не существует способа различить глубинную и поверхностную информацию на основании поведения информированного субъекта [11]».

Таким образом, можно сделать вывод, что поверхностная информация объективна и, поскольку она эффективно вычислима, может рассматриваться как мера семантической информации в большей части реальных случаев. Однако при этом возникает вопрос о приписывании такой информации численной меры. Коль скоро речь идет об информативных предложениях в самом широком смысле этого слова, чисто логи-

ческое количественное определение вряд ли уместно. Дело в том, что распределение вероятностей по конститuentам определяется тем, что мы знаем о реальности.

Приписывание весов конститuentам представляет собой очень сложный вопрос. Но только после решения этого вопроса можно говорить о мере семантической информации. Хинтиikka указывает на фактор релятивизации такой меры к концептуальному базису, включающему, среди прочего, нелогические константы, что усложняет оценку меры информации [12]. Кроме того, в процессе устранения противоречивых конститuent происходит перераспределение их весов [13].

Вообще, ввиду комбинаторной сложности дистрибутивных нормальных форм процесс устранения противоречивых конститuent весьма трудоемкий. Это обстоятельство может оказаться важным для определения несколько иного смысла семантической информации предложений в дистрибутивной нормальной форме. В частности, как утверждает Хинтиikka, взамен измерения поверхностной информации в терминах устранения «невозможных возможностей» можно постараться использовать сложность процесса элиминации всех этих возможностей в качестве меры их поверхностной информации. Другими словами, вес устранимой возможности зависит от объема работы (компьютерного времени), который требуется для ее устранения. И хотя устранение такого рода представляет собой эффективный процесс, его реализация может в существенной степени определять меру семантической информации.

Такое понимание семантической информации требует сопоставления с понятиями поверхностной и глубинной информации, что составляет отдельную тему.

## Примечания

1. Разговор этот состоялся в Хельсинки в 1974 г.

2. Строго говоря, различается два вида конститuent. Первый описывает состояние дел в мире, а второй – какие индивиды могут существовать при таком состоянии дел. Технически последние, так называемые атрибутивные, конститuent являются частью определения общего понятия конститuent. Для дальнейших интуитивных рассмотрений это различие несущественно.

3. См.: *Целищев В.В.* Философские проблемы семантики возможных миров. – М.: URSS, 2010. – С. 87–89.

4. Выписывание полной структуры этого дерева весьма трудоемко и практически неозоримо ввиду комбинаторной сложности. Пример такого выписывания для довольно скромной формулы глубины 3, занимающий 10 страниц, приведен в книге автора, упомянутой в примечании 3.

5. Хинтикка проводит такую аналогию между пазлом и конститuentами: все члены абсолютного перечня являются «фигурами» пазла. Каждый член абсолютного перечня специфицирует относительный перечень, который может быть сравнен с перечнем всех различных «мест-пробелов», которые должны быть заполнены «фигурами» (см.: *Hintikka J. Logic, Language Games and Information.* – Oxford University Press, 1973. – P. 170).

6. См.: *Oglesby F.G.* An examination of a decision procedure// *Memoirs of American Mathematical Society.* – N.Y., 1962.

7. См.: *Hintikka J.* Distributive normal forms in first-order logic// *Logic, Language Games and Information.* – Oxford University Press, 1973. – P. 242–286.

8. См.: *Целищев В.В.* Интуиция, финитизм и рекурсивное мышление. – Новосибирск: Параллель, 2007. – С. 69–70.

9. См.: *Целищев В.В.* Логическая истина и эмпиризм. – М.: URSS, 2010.

10. *Hintikka J.* Socratic Epistemology. – Cambridge University Press, 2007. – P. 196.

11. Ibid.

12. Ibid. P. 202.

13. См.: *Rantala V., Tselishchev V.* Surface information and analyticity// Jaakko Hintikka / Ed. by R. Bogdan. – Dordrecht: D. Reidel, 1987. – P. 77–90.

Дата поступления 05.07.2012

Институт философии и права  
СО РАН, г. Новосибирск  
[director@philosophy.nsc.ru](mailto:director@philosophy.nsc.ru)

***Tselishchev, V.V.* The ontological status of semantic information: surface and depth information**

The paper discusses the problems of measuring of semantic information by means of distributive normal forms of first-order logic. It gives proof of the difference of the ontological status of surface information and the ontological status of depth one.

**Keywords:** ontology, semantics, information, logic