

Ю. П. БУГАЙ, канд. техн. наук

**СВОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ И БИОНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. СООБЩЕНИЕ 5. СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ
С НАЧАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ**

При чувственном отображении объективной реальности субъект выделяет в ней такие элементы как объекты, процессы, события, их свойства и отношения. Будем предполагать, что способность расчленять реальность на перечисленные выше и другие элементы действительности является одной из важнейших особенностей отображающей деятельности субъекта.

В отличие от этого на низших уровнях отображение может быть предельно свернутым, редуцированным, не расчленяющим реальность на объекты, свойства и отношения. Так, один материальный объект дан другому (существует для другого) не иначе как в форме изменения этого другого объекта под действием первого. Процесс соответствующего изменения второго объекта под действием первого есть процесс отображения, который в соответствии с предложенной ранее классификацией* был обозначен как объектно-объектное отображение. При таком отображении перечисленные элементы действительности сливаются в одно целое. Эту нерасчлененность и «некомпетентность» объектно-объектного отображения необходимо учитывать при анализе и синтезе искусственных систем отображения.

* Бугай Ю. П. Свойства отображения и бионическое моделирование нервной системы. Сообщение 4. — В кн.: Проблемы бионики. Вып. 15. Харьков, 1975, с. 123—130.

Для расширения своих возможностей в обработке больших потоков информации и данных, непосредственно не воспринимаемых без предварительного преобразования в приборах, человек вынужден строить искусственные системы отображения (ИСО). Если результат работы ИСО предназначен непосредственно для человека, то этот результат должен быть представлен в естественной для человека форме, в виде структуры, включающей перечисленные выше СЭД.

В основу построения систем искусственного интеллекта, работающих на бионических принципах, должны быть, по нашему мнению, положены системы отображения с достаточно высокой начальной организацией. Атрибутом этой организации предполагается способность искусственных систем оперировать широким набором субъективных элементов действительности. Исследуемая ситуация представляется субъекту тем более сложной, чем разнообразнее элементы действительности.

При анализе свойств отображения появляется необходимость вводить достаточно четкие критерии сложности, уровня организации, реальных объектов и систем в отображаемом, отображающем и отображенном. Если предположить, что уровень организации — это некоторая многопараметрическая характеристика, включающая описание объектов, процессов, событий, отношений и свойств реальной системы, исследуемой на некотором уровне разрешения, то оказывается, что в настоящее время только естественный язык в какой-то мере пригоден для введения такой характеристики. Ни в одной из существующих наук, уделяющих специальное внимание анализу структуры исследуемых объектов, элементам этих объектов и отношениям между ними, нет необходимого арсенала четко определенных понятий, с помощью которых можно было бы провести формальное описание широкого класса реальных объектов и ситуаций с такой полнотой, как это необходимо в задачах отображения.

Но естественный язык в обычном виде не пригоден для формального описания реальных объектов и ситуаций, а без формализации описания становится невозможной физическая реализация или какая-нибудь другая интерпретация систем отображения, представляющих практический интерес. Единственным выходом является, вероятно, создание формализованного естественного языка, пригодного для выполнения своих функций на всех этапах анализа и синтеза систем.

Совершенно ясно, что такой язык не может возникнуть сразу, но его можно и нужно формировать сознательно. Формирование такого языка естественно осуществлять как на основе чувственного опыта отображения действительности человеком, так и на базе опыта построения формализованных языков. Этот язык должен быть пригоден для описания любых ситуаций, в том числе и желаемых, целевых ситуаций и состояний систем, и для описания способов перевода систем в необходимое конечное состояние.

Наиболее сложным этапом в процессе формализации любого языка является выбор исходных понятий, которые не подлежат какому-либо другому определению, кроме остенсивного, апеллирующего к интуиции и индивидуальному чувственному опыту, через указание на примеры. Но прежде чем переходить к более детальному анализу особенностей чувственного восприятия человека, лежащих в основе формирования первичных понятий естественного языка, рассмотрим некоторые общие особенности отображения субъектом окружающей действительности.

Общие особенности отображения реальности субъектом

Последовательное применение используемого нами положения о необходимости проведения различных рассуждений в сфере различных форм существования требует, чтобы все, что может существовать, рассматривалось с точки зрения конкретной формы существования. При анализе разнообразных форм отображения недостаточно утверждать, что объекты, свойства и отношения существуют. Перечисленные элементы действительности вообще невозможно эффективно различать без указания на объективный или субъективный характер их существования. Например, свойства и отношения могут быть рассмотрены как идеальные объекты, обладающие свойствами и способностью вступать в отношения в отображенном. Эти новые свойства абстрактных объектов, так же как и новые отношения, снова могут быть рассмотрены как объекты нового уровня абстракции и т. д. Но свойства и отношения, рассматриваемые как объекты, — это уже другие, идеальные объекты, и свойства этих идеальных объектов — идеальные свойства. Различие материальных и идеальных объектов, материальных и идеальных свойств не может быть установлено в рамках существования вообще. Учитывая сказанное, будем рассматривать не свойства и отношения вообще, а, например, свойства объектов (неживой природы) для таких же объектов, свойства материальных объектов для субъекта, отношения материальных или идеальных объектов для субъекта и т. д. для каждой формы существования и отображения отдельно.

Субъект всегда рассуждал о свойствах объектов, исходя из некоторого интуитивного представления о свойстве. Под свойством материального объекта для субъекта в наиболее распространенном смысле понимают нечто принадлежащее внешнему объекту, непосредственно или косвенно (например, через приборы) вызывающее у субъекта появление соответствующей особенности (особенностей) ощущения, но не зависящее от факта существования относительно субъекта. При этом предполагается возможность пренебрегать обратным влиянием субъекта или прибора на объект. Но, как теперь твердо установлено, такое представление о свойстве имеет ограниченную применимость. Там, где имеет место существенное взаимное влияние субъекта или прибора на объект, нельзя говорить о свойстве объекта в чистом виде. Во взаимодействии

возникает система прибор — объект и говорить нужно уже о свойствах всей системы в целом. В существенном взаимодействии элементов при возникновении системы возникают и свойства этой системы, которых не было у ее компонентов.

Выясним, что лежит в основе представлений субъекта об объектах, процессах, событиях, свойствах и отношениях.

Основные элементы объективной реальности даны субъекту косвенно, через его ощущения. Субъекту непосредственно доступны его внутренние состояния, возникающие под действием внутренних и внешних факторов, — ощущения субъекта. Пользуясь этими непосредственными знаниями своих ощущений, субъект опосредствует для себя элементы внешнего мира. В соответствии со спецификой его отображающих структур субъект имеет ограниченный набор качественно различных ощущений, модальностей ощущений.

Ощущения классифицируются либо по анатомическому признаку, указывающему какой орган воспринимает раздражитель (глаз, ухо), либо в соответствии с физической характеристикой раздражителя (механорецепция, хеморецепция, фоторецепция), либо по локализации раздражителя во внешней или внутренней среде организма (экстерорецепция, интерорецепция), либо по характеристике ощущений (зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные) [1, с. 17]. Хотя единой общепринятой и обоснованной классификации в настоящее время еще нет, можно выделить такие основные виды ощущений: зрение, слух, вкус, обоняние, осязание, терморецепция, проприорецепция (мышечно-суставная чувствительность), интерорецепция, вестибулярная чувствительность, ощущение боли и т. д.

Рассмотрим некоторые особенности ощущений, непосредственно доступные субъекту. Субъект с нормально развитыми ощущениями легко различает их по модальности (светлое, теплое, горькое и т. д.), по интенсивности (холодное, теплое, горячее), по длительности и протяженности в пространстве, по характеру изменения интенсивности. Субъекту доступно фиксировать возникновение (начало) и исчезновение (окончание) ощущения — границы ощущения во времени и пространстве. Благодаря памяти субъект отличает ощущения прошлые и настоящие, длительные и кратковременные.

Выделим основные компоненты содержания одномодального ощущения субъекта (и соответствующего этому ощущению понятия) — элементы ощущений, их особенности и отношения.

К *элементам* ощущения можно отнести: 1) начало (возникновение) ощущения во времени; 2) существование ощущения (факт наличия ощущения); 3) окончание ощущения (исчезновение) во времени.

Особенности ощущения: 1) модальность, 2) интенсивность, характер изменения интенсивности, 3) продолжительность (длительность) ощущения, 4) пространственная протяженность (одновременное наличие ощущения в различных местах пространственно

протяженного анализатора), 5) непрерывность (или прерывность) ощущений и т. д.

Отношения между элементами и особенностями ощущений: 1) начало ощущения раньше окончания ощущения, 2) интенсивность одного отдельного ощущения больше (меньше) интенсивности другого той же модальности, 3) изменение интенсивности быстрее (медленнее).

Особое значение в специфическом разбиении субъектом реальности на субъективные элементы действительности имеют упомянутые выше «начало» и «окончание» ощущений, которые играют роль границ ощущений. Границы ощущений различного рода являются одним из необходимых компонентов представления субъекта об объекте.

Наряду с рассмотренной способностью субъекта расчленять реальность на субъективные элементы действительности, необходимо отметить его способность отделять себя от этой реальности. Субъект в той или иной степени осознает себя как особый объект. Для высокоорганизованного субъекта говорят о его способности выделять свое собственное «Я» из остального мира. Сформировавшемуся субъекту свойственно отличать свои ощущения от их внешнего источника. Таким образом, «Я» субъекта является еще одним важнейшим и необходимым элементом рассмотренных выше субъективных элементов действительности. Представление субъекта о внешнем мире (субъектная модель этого мира) — есть структура, включающая в качестве необходимого элемента «Я» субъекта.

Сделаем предварительные выводы относительно происхождения представлений субъекта об объектах, свойствах и отношениях. Особенности ощущений, отнесенные к внешнему источнику без учета его пространственно-временных границ, составляют основу представлений субъекта о *свойстве* внешнего. При этом предполагается возможным возникновение представления о свойстве внешнего без возникновения представления о существовании локализованного в пространстве и во времени отдельного объекта. Субъект может испытывать ощущение тепла, света, тяжести и т. п., не имея возможности соотнести эти ощущения каким-либо локализованным в пространстве и во времени объектам. Если условия восприятия таковы, что субъект может выделить в пространстве и во времени границы ощущений, т. е. установить в пространстве и во времени место и момент возникновения и исчезновения ощущения, то у него появляется основа для возникновения представления об *объекте*.

Имея представление о свойстве и объекте, субъект может соотносить свойства и отдельные объекты, т. е. получить представление о *свойстве объектов*.

Анализаторы субъекта и процессы, в них протекающие, представляют собой некоторые структуры, упорядоченные в пространстве и во времени. Эти особенности отображающих структур субъекта определяют его способность непосредственно воспринимать (подробнее об этом будет сказано ниже) некоторые простейшие

отношения, такие как отношения порядка в пространстве, отношения порядка при различении интенсивностей ощущений (больших, меньших), отношения равенства интенсивностей ощущений и т. д.

Можно предположить, что источником представления субъекта об отношении объектов является именно его способность непосредственно воспринимать свойство системы двух, трех и более объектов. Отношение объектов для субъекта отличается от свойства отдельного объекта для субъекта тем, что отношение — это свойство нескольких объектов системы, не присущее каждому объекту в отдельности. Такая интерпретация отношений объектов для субъекта, по крайней мере, внешних материальных объектов, представляется нам конструктивной, так как помогает понять возможный способ восприятия субъектом отношений реальности через непосредственно доступные субъекту особенности ощущений, через свойства пар, троек, энок внешних объектов.

Интересно отметить, что при определении математического понятия «отношение» (см. сообщение 4 настоящей работы) в явном виде присутствует апелляция к таким способностям субъекта: различать отдельные объекты, свойства этих объектов, множества объектов, подмножества объектов, пары, тройки и энки объектов, различать упорядоченность элементов в паре, выделять подмножество пар на их множестве [2, с. 14]. В этом смысле известное математическое определение отношения абстрактных математических объектов более походит на констатацию ряда способностей субъекта. Постулируемая способность субъекта выделять подмножество пар на их множестве как необходимый момент в определении отношения предполагает способность субъекта определять по характеристическому свойству пары ее принадлежность к подмножеству пар данного отношения, т. е. предполагается способность субъекта непосредственно воспринимать свойство пары.

Итак, все, что субъект узнает о внешнем мире в процессе его непосредственного отображения, приходит к нему через особенности ощущений. Если субъект относит эти особенности к нерасчлененному на элементы внешнему, то в нем формируется представление о свойстве отображаемого как целого, в котором еще не выделены отдельные объекты. Если субъект относит особенности своих ощущений к элементам внешнего, имеющим пространственно-временные границы, данные субъекту через элементы его ощущений, у него возникает представление об отдельном внешнем объекте. Благодаря наличию памяти субъект может выделять поочередно несколько объектов и множество этих объектов. Воспринимая через особенности ощущений свойства пар, троек и т. д. объектов, данных ему в памяти или непосредственно, субъект получает возможность сформировать представление об отношении как свойстве группы объектов.

Рассмотренные особенности отображения реальности субъектом должны быть учтены при построении бионических искусственных систем отображения (БИСО). Такие системы должны подобно субъекту обладать способностью выделять в отображенном свой-

ства, объекты и отношения. Но как уже отмечалось выше, в структуру представлений субъекта об элементах действительности входит в качестве необходимого элемента «Я» субъекта. Субъект четко разделяет действительность на все, что относится к его собственному «Я» и на все остальное, «не — Я». Поэтому содержание представления субъекта, например, о внешнем материальном объекте можно описать следующим образом: материальный объект — это нечто вне меня (нечто принадлежащее «не — Я»), что вызывает соответствующие особенности моих ощущений (обуславливает особенности моих ощущений), имеет определенные пространственно-временные границы, существующее независимо от моего восприятия как нечто устойчивое целое. Независимость свойств внешних объектов и самого существования объекта от условий наблюдения справедлива, как отмечалось выше, лишь при несущественном влиянии субъекта (прямом или косвенном, через приборы) на отображаемые элементы действительности.

В приведенном примере описания представления субъекта о внешнем материальном объекте обращает на себя внимание сложная структура представления субъекта об объекте. От субъекта требуется умение оперировать отношением принадлежности обусловленности, способность выделять пространственно-временные границы ощущений и т. д., в то время как представление о внешнем материальном объекте только формируется. Однако мы предполагали, что представление об отношении формируется на основе возникшего представления о свойстве группы объектов. Еще раз в связи с этим необходимо напомнить, что без точной дифференцировки элементов действительности по форме их существования практически невозможно однозначно сказать, чем являются для субъекта (объектами, свойствами или отношениями) те или иные структуры в отображенном. К этому необходимо добавить, что объекты для субъекта существуют и на уровне представления, и на уровне воображения.

Отображение на уровне восприятия завершается формированием целостной системы ощущений в единый интегральный образ соответствующей части отображаемого. Образ, сохраняемый в памяти субъекта, может быть активизирован внутренними средствами отображающей системы без воздействия извне, т. е. в отображенном объекте могут существовать в форме представлений, без непосредственного воздействия раздражителей, обусловивших возникновение того или иного изменения в отображенном.

Субъект четко различает воспринимаемые и представляемые объекты. Будем считать, что такое различие воспринимаемых представляемых и воображаемых объектов в отображенном является принципиальной особенностью высокоорганизованных естественных систем отображения, которую в какой-то форме необходимо воспроизвести в бионических системах отображения (БСО). Образы — результаты восприятия, представления и воображения в естественных системах и их аналоги в искусственных системах должны иметь специальные признаки, так как в реальном процес-

се отображения возникают и вступают в отношения идеальные объекты всех указанных типов.

Важнейшие отношения реальности, такие как пространственно-временные отношения, отношения обусловленности, причинности, эквивалентности и другие становятся доступными субъекту именно благодаря его способности оперировать воспринимаемыми, представляемыми и воображаемыми объектами. Сама целенаправленная познавательная деятельность субъекта становится возможной благодаря его способности оперировать объектами указанного вида. При этом особую роль в отображающей деятельности субъекта играет его память. Она предоставляет субъекту уникальную возможность оперировать как несколькими различными состояниями одного и того же объекта в различные интервалы времени, так и состояниями различных объектов, наблюдавшимися в различных областях пространства одновременно или в разные интервалы времени, делая эти состояния сосуществующими в отображенном субъективном.

В искусственных бионических системах отображения представлению субъекта о свойстве отображаемого может быть поставлено в соответствие состояние некоторого датчика, изменяющего свое состояние под действием входных сигналов. Это состояние, зафиксированное в запоминающем устройстве искусственной системы, может быть рассмотрено как аналог субъективного образа свойства отображаемого. Сигналы, непосредственно поступающие от датчиков, и «машинные» образы этих же или других сигналов, вызванные из запоминающего устройства, в искусственной системе можно легко снабдить соответствующими признаками для четкого разделения «воспринимаемых» и «представляемых» машинных объектов. Более сложной является имитация в искусственной системе (ИС) отображения способности субъекта выделять внешние объекты. Для этого ИС отображения необходимо наделить возможностью различать пространственно-временные границы поступающих сигналов и формировать в отображенном интегральный сигнал о наличии целостного и относительно устойчивого внешнего объекта.

В нервной системе животных и человека обнаружены структуры, обеспечивающие выделение пространственных и временных границ сигналов. К ним относятся, например, так называемые детекторы контуров, детекторы включения, выключения и включения — выключения сигналов, обнаруженные в зрительном и других анализаторах. Детекторы включения — выключения делают для субъекта непосредственно доступными временные границы ощущения (возникновение и исчезновение ощущения). Акт возникновения ощущения (или исчезновения), фиксированный в памяти субъекта, является для субъекта источником его представления о внешнем событии. Образ этого события уже может выполнять для субъекта роль простейшего объекта, идеального объекта. Представляя пару таких объектов, субъект может устанавливать между ними отношение временного порядка, т. е. свойство пары таких

идеальных объектов выступает для субъекта уже как простейшее отношение, которое следует называть идеальным отношением по типу соотносящихся объектов. Это отношение, несомненно, имеет в нервном субстрате соответствующий материальный носитель, так же как и идеальным объектам соответствуют некоторые состояния нервных структур.

Сигнал о целостности воспринимаемого объекта может возникнуть в отображающих структурах субъекта на основе непрерывности ощущений субъекта. В зрительном анализаторе человека есть механизм, который мог бы обеспечить выделение отдельного целостного зрительного объекта. Эта возможность подробнее обсуждается в другой нашей работе [3]. Фиксация взгляда в характерных точках контуров воспринимаемого объекта в процессе зрительного восприятия обеспечивает возможность формирования в проекционной зоне зрительной коры локального максимума возбуждения, соответствующего максимуму автокорреляционной функции, от функции, описывающей входной сигнал.

ВЫВОДЫ

Рассмотренные особенности отображения субъектом объективной реальности могут быть положены в основу построения бионических систем отображения (БСО), в функциональном отношении подобных субъекту. Но для построения БСО не только нужно знать, на какие элементы расчленяет субъект отображаемое, но и как он это делает. Анализ непосредственно доступных субъекту компонент ощущения показывает, что им можно поставить в соответствие особенности функционирования искусственных систем отображения. Для воспроизведения способности субъекта отображать свойства, объекты и отношения внешнего мира необходимо, чтобы ИС отображения осуществляли следующие операции над входными сигналами.

1. Идентификацию внешних сигналов по модальности (путем использования соответствующих специализированных датчиков).

Выходные сигналы датчиков можно преобразовать в форму, по которой субъект легко найдет соответствие между сигналами с датчиков и своими ощущениями. Если субъект и исполнительные органы датчиков будут включать на табло надписи «теплое», «синее», «мягкое» и т. п., то реакцию датчиков легко сделать такой же, как и реакция у субъекта на идентичные возмущения.

2. Выделение в сигнале момента его появления и исчезновения (путем использования специальных датчиков-детекторов включения и выключения).

Такие детекторы включения-выключения легко реализуются на основе дифференцирующих блоков и пороговых устройств.

Сигнал одной и той же модальности может много раз появляться и исчезать, а субъекту необходимо знать, принадлежит ли сигнал одному или различным источникам, т. е. имеет ли он дело с несколькими объектами, обладающими аналогичными свойствами, или с одним и тем же объектом с дискретно проявляющимися свойствами.

Некоторую гарантию того, что сигнал принадлежит одному и тому же источнику, субъект получает на основе непрерывности ощущения.

3. Выявление в сигнале признаков непрерывности его существования в некоторых пространственно-временных границах.

4. Запоминание сигнала, имеющего определенную модальность и интенсивность.

5. Сравнение различных сигналов и одного и того же сигнала, изменяющегося во времени, для фиксированных моментов времени.

6. Оценка сигнала по интенсивности и его измерение.

7. Установление одновременной принадлежности сигналу определенной модальности, интенсивности, непрерывности, границ, определяемых моментом вклю-

чения и выключения сигнала, и формирование целостного образа отдельного сигнала.

8. Выявление в сложном сигнале одного или нескольких целостных сигналов, соответствующих наличию внешних событий, процессов, объектов или ситуаций.

Другие операции и действия, которые целесообразно воспроизводить в бионических системах отображения, будут рассмотрены в следующих сообщениях после более детального анализа функционального назначения первичного этапа обработки информации в анализаторах нервной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров П. О. Биофизика органов чувств. Л., «Знание», 1971. 17 с.
2. Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок. М., «Наука», 1971. 14 с.
3. Бахтигозин В. А., Бугай Ю. П. Применение принципов обобщенной голографии к проблеме синтеза образа. — В кн.: Проблемы бионики. Вып. 12. Харьков, 1974, с. 38—45.