

СВОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ И БИОНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. С О О Б Щ Е Н И Е 6

Первичные элементы действительности. В предыдущем сообщении были приведены результаты предварительного анализа некоторых существенных особенностей чувственного восприятия, к которым относится способность субъекта выделять в реальности некоторые устойчивые повторяющиеся компоненты, такие как свойства, события, объекты, процессы, отношения и другие элементы действительности (ЭД). Среди различных ЭД можно выделить особую группу наиболее простых и непосредственно доступных субъекту на уровне ощущений — первичные элементы действительности (ПЭД). Эти ПЭД являются прообразами соответствующих элементов чувственного восприятия — первичных субъективных элементов действительности (ПСЭД). Первичные субъективные ЭД предполагаются самыми простыми ЭД для субъекта, которые воспринимаются им как целостные, не расчлененные на уровне сознания на более мелкие элементы.

В настоящем сообщении приведены результаты более детального анализа особенностей чувственного восприятия человека, лежащих в основе формирования первичных представлений субъекта об элементах окружающего мира и соответствующих исходных понятий естественного языка.

Имитирующие действия субъекта. Предположим, что отображающий субъект может находиться в условиях, в которых он способен посредством своих действий имитировать те или иные ЭД, совершать имитирующие действия (ИД). Под имитирующими действиями при этом будем подразумевать действия субъекта, направленные на объективизацию субъективных элементов действительности (СЭД), — образов объективных ЭД, путем создания во внешней среде таких же ситуаций, которые были причиной возникновения соответствующих СЭД. Так, если субъект воспринимал световой раздражитель, то он может воспроизвести этот раздражитель, например, путем включения соответствующего источника света.

Имитирующие действия субъекта рассматриваются в связи с тем, что с их помощью можно ввести точный критерий адекватности отображения субъектом объективной реальности. Предварительно отметим, что отображение будем считать адекватным, если под действием раздражителя в представлении субъекта возникли образы (СЭД), которые так активируют его ИД, что в результате этих ИД во внешней среде возникают объекты и процессы, являющиеся прообразами соответствующих представлений.

Воспользуемся введенными ранее обозначениями для элементов и множеств отображаемых, отображающих и отображенных объектов. Обозначим эти множества соответственно через $Q_1(x_1)$, $Q_2(x_2)$ и $Q_3(x_3)$, где $x_1 \in Q_1$, $x_2 \in Q_2$, $x_3 \in Q_3$. Множества *первичных элементов* действительности отображаемых, отображающих и отображенных будем соответственно обозначать теми же символами, но добавим еще один индекс в обозначениях: Q_{11} , Q_{21} и Q_{31} , где в обозначениях первый индекс сохраняет свой прежний смысл, а второй индекс — единица указывает на то, что это символы первичных элементов. Такими же двойными индексами снабдим и обозначения соответствующих первичных элементов отображаемых — x_{11} , отображающих — x_{21} , отображенных — x_{31} , где $x_{11} \in Q_{11}$, $x_{21} \in Q_{21}$ и $x_{31} \in Q_{31}$. Множество ИД обозначим через $Q_4(x_4)$, где $x_4 \in Q_4$, а множество соответствующих результатов действий — через $Q_5(x_5)$, где $x_5 \in Q_5$.

Процесс отображения будем считать полным, если он состоит из такой цепочки промежуточных отображений:

$$\langle \varphi_{12} : Q'_1 \rightarrow Q'_2; \varphi_{23} : Q'_2 \rightarrow Q'_3; \varphi_{34} : Q'_3 \rightarrow Q'_4; \varphi_{45} : Q'_4 \rightarrow Q'_5; \\ \varphi_{51} : Q'_5 \rightarrow Q'_1 \rangle,$$

где $\varphi_{12} : Q'_1 \rightarrow Q'_2$ — отображение подмножества материальных ЭД Q'_1 в подмножество состояний отображающих структур субъекта $Q'_2 \in Q_2$; $\varphi_{23} : Q'_2 \rightarrow Q'_3$ — отображение состояний Q'_2 в подмножество Q'_3 отображенных элементов Q'_3 ; $\varphi_{34} : Q'_3 \rightarrow Q'_4$ — отображение Q'_3 в подмножество Q'_4 имитирующих действий; $\varphi_{45} : Q'_4 \rightarrow Q'_5$ — отображение этих имитирующих действий в подмножество результатов действий Q'_5 ; $\varphi_{51} : Q'_5 \rightarrow Q'_1$ — отображение результатов имитирующих действий во

множество исходных элементов действительности. Отдельные звенья в полном цикле отображения могут быть рассмотрены как последовательные интерпретации структур одной формы существования на структурах другой. Отображение будем считать *адекватным*, если отображение $\varphi_{51} : Q'_5 \rightarrow Q'_1$ — взаимно однозначное соответствие.

Детекторы нервной системы. Выше было отмечено, что среди многочисленных элементов действительности, доступных субъекту непосредственно на уровне ощущений, есть особая группа наиболее простых, первичных ЭД. К таким элементам можно, например, отнести события — возникновения возмущений во внешней среде (вызывающие ощущения возникновения раздражителя), процессы существования того или иного воспринимаемого возмущения, события изменения или исчезновения воспринимаемого возмущения. Субъект имеет в составе анализаторов соответствующие структуры, способные выделять во внешней ситуации перечисленные выше и множество других ЭД.

Так, многочисленные электрофизиологические исследования зрительного, слухового, тактильного и других анализаторов показали, что существуют особые группы нервных клеток — рецептивные поля, реагирующие только на специфические пространственно-временные и другие признаки раздражителей. Выходные клетки рецептивных полей образуют большую группу так называемых детекторов нервной системы, совершающих первичное расчленение воспринимаемой реальности на элементы, остающиеся большей частью в подсознании.

Будем обозначать детекторы временных, пространственных и других признаков внешних раздражителей следующим образом: $on - t - d$ — детектор включения, возникновения раздражителя, зависящего от времени; $on - s - d$ — детектор границы пространственного возмущения; $off - t - d$ — детектор выключения, исчезновения, временного раздражителя; $on - off - s - d$ — детектор контуров пространственного раздражителя; $is - \Delta t - d$ — детектор длящегося раздражителя (например, рецепторный элемент, относительно медленно адаптирующийся к действию постоянного от времени раздражителя); $v - \Delta t - d$ и $v - \Delta s - d$ — детекторы каких-либо специальных особенностей в изменениях соответственно временного и пространственного раздражителей. Существует множество других детекторов в анализаторах нервной системы, к которым мы будем обращаться по мере необходимости. Некоторые результаты исследований детекторов нервной системы методами математического и физического моделирования описаны подробно в работах [1—4].

В настоящем сообщении детекторы нервной системы рассматриваются преимущественно в роли структур, обеспечивающих субъекту возможность непосредственного отражения целого ряда первичных элементов действительности, чаще всего не выходящих даже на уровень сознания. Именно благодаря детекторам субъект становится обладателем простейших представлений о ситуациях внешнего мира.

Указав на некоторые первичные ЭД, мы не предполагали, однако, что субъект не может воспринимать непосредственно сложные комбинации различных элементов. Но на ранних стадиях развития психики это восприятие целостных объектов чрезвычайно поверхностно и недифференцированно. Субъект с достаточно развившейся в онтогенезе психикой оперирует и сложными целостными группами дифференцированных ощущений и может непосредственно воспринимать сложные много-модальные ситуации как целое, не подвергая явному анализу все промежуточные стадии ощущений, которые по мере совершенствования восприятия уходят на подсознательный уровень. Можно вспомнить о знакомых каждому стадиях совершенствования техники чтения текстов от отдельных букв, слогов, целых слов и даже фраз.

Переход первичных актов сознательной деятельности на уровень подсознания является одной из причин возникновения существенных трудностей детального анализа сложных мыслительных и физических действий, совершаемых субъектом. Однако для создания искусственных систем, совершающих сложные операции, подобные интеллектуальным, совершенно необходимо найти пути осуществления декомпозиции подсознательной деятельности на простейшие операции, осуществимые средствами современной техники. В этом смысле анализ функционального назначения детекторов нервной системы является, по нашему мнению, одним из путей «снизу» в осуществлении такой декомпозиции. Отметим также, что существует и другой путь декомпозиции «сверху», основанный на анализе и интерпретации свойств отношений, используемых субъектом при описании реальных ситуаций любой природы на различных уровнях абстракции. Многие отношения, используемые субъектом, являются для него как результат скрытых процессов переработки информации на подсознательном уровне. Но в неявной форме следы этих процессов представлены в известных свойствах отношений.

Свойства отношений достаточно подробно исследованы в сфере математических отношений и результаты этих исследований могут быть в значительной мере полезными при анализе свойств конкретных отношений любой природы. В явном виде процедура декомпозиции отношений порождает их операции и действия будет описана нами при рассмотрении физической интерпретации математических отношений.

Первичные субъективные элементы действительности. Будем различать первичные отображаемые, отображающие и актуально отображенные элементы действительности, где под актуально отображенными ЭД будем понимать субъективные образы материальных объектов, свойств, отношений, событий, процессов и любых материальных ситуаций, возникающие в акте непосредственного чувственного восприятия перечисленных компонентов материального мира.

Пока мы не будем вводить какое-либо полное определение понятия «первичный элемент действительности». Уточним лишь что под первичными отображенными элементами действительности следует понимать в дальнейшем изложении такие субъективные образы, возникающие непосредственно под действием наиболее простых для субъекта элементов материального мира, которые он уже не может на уровне сознания расчленить на более мелкие, отдельно осознаваемые элементы.

Рассмотрим, например, такое событие для субъекта, как вспышку света очень малой длительности, сосредоточенную в малом точечном элементе пространства. Пусть длительность вспышки и ее пространственные размеры находятся за пределами временной и пространственной разрешающей способности зрительного анализатора субъекта и субъект не может оценить

длительность и протяженность вспышки. Предположим, однако, что субъект успевает получить качественное представление об интенсивности и цвете вспышки. Даже такое относительно простое событие является структурой, включающей следующие элементы: факт существования вспышки, модальность, интенсивность и конкретное качество (цвет) вспышки. Эти элементы находятся в отношении принадлежности к целостному образу вспышки, но каждый из них уже не подлежит дальнейшей декомпозиции на более мелкие осознаваемые элементы.

Реальные ситуации и их субъективные образы представляют собой структуры, состоящие из элементов, обладающих свойствами и находящимися в отношении. Но говорить о свойствах и отношениях в отрыве от их носителей (объектов и взаимодействий) можно лишь в ограниченных пределах в сфере идеальных рассуждений. В сфере свойств и отношений материальных объектов, воспринимаемых субъектом, свойства принадлежат объектам или их взаимосвязанным группам. Но объекты могут быть сами по себе очень сложными структурами, состоящими из элементов, обладающих свойствами и находящимися в отношении, т. е. прежде чем говорить об отношении объектов и его определении, мы должны определить, что такое отношение элементов структуры внутри объекта. Если, однако, удастся выделить множество «бесструктурных» по какому-либо параметру объектов, не нуждающихся к тому же в другом определении, кроме остенсивного, через указание на примеры, то субъект компетентен на множестве таких объектов переходить к определению свойств и отношений.

Событие, описанное в рассмотренном выше примере со вспышкой света, относительно воспринимающего субъекта можно считать бесструктурным, точечным по пространственному и временному параметрам. Аналогично можно рассмотреть «точечные» события для слухового, тактильного и других анализаторов. Точечные события различных модальностей интересны тем, что с их помощью субъект может получить представление о единичных элементах и их множествах, свойствах и отношениях простейших элементов материального мира, еще не имея представления о том, что такое внешний материальный объект во всем его богатстве. Представление о внешнем материальном объекте, данном всеми своими атрибутами, возникает в отображенном на более позднем этапе структурирования ощущений, когда субъекту уже «понятно», что такое свойство и отношение более простых элементов реальности.

Рассматривая точечные события, субъект естественным образом отвлекается, «абстрагируется» от множества особенностей реальных событий, не имея физической возможности непосредственно с помощью органов чувств анализировать пространственно-временную структуру таких событий. При этом

в отчетливой и явной форме выступают такие особенности ощущений, как их интенсивность, модальность и другие конкретные качества (цвет, тон и т. п.), которые мы будем в дальнейшем относить к первичным субъектным элементам действительности — *первичным свойствам*.

Но введение бесструктурных материальных элементов для субъекта не снимает трудности, возникающие в связи с необходимостью ответа на вопрос о том, как же субъект отличает разные элементы как целостные отдельные объекты. Следующий шаг проникновения на уровень анализа структуры целостных «точечных» элементов есть уже шаг на уровень анализа процессов подсознательной деятельности, на котором осуществляется первичная обработка сенсорной информации. Мы предполагаем, что анализ функционального назначения детекторов нервной системы животных и человека может облегчить декомпозицию первичных еще осознаваемых элементов восприятия на еще более мелкие элементы и отношения, выявление которых может быть физически интерпретировано и поручено автоматическим устройствам.

Прежде чем рассматривать элементы реальных ситуаций и событий, которые могут быть обнаружены особыми нервными структурами — детекторами различных признаков раздражителей, приведем еще один пример сравнительно простого раздражителя. Пусть теперь субъекту предъявляется вспышка света, локализованная в точечном элементе пространства, но имеющая некоторую воспринимаемую субъектом фиксированную длительность и постоянную интенсивность.

При нормальном и адекватном восприятии всякий субъект способен установить, что световая вспышка имела начало, длилась некоторое время, имела определенную интенсивность, цвет и окончилась в некоторый момент. Обычно субъект не анализирует свое целостное ощущение вспышки света столь детальным образом (без специальной установки на осуществление такого анализа), но может при необходимости более или менее определенно дать отчет о всех упомянутых выше особенностях элементов ощущения. Такие элементы субъективного образа как момент возникновения, существования, изменения и исчезновения раздражителя лишь с определенной натяжкой можно отнести к осознаваемым элементам. Эти элементы успевают уйти на уровень подсознания в силу своей тривиальности для субъекта раньше, чем субъект ставит им в соответствие понятия, используемые на сознательном уровне. С одной стороны, это избавляет субъекта от необходимости оперировать на уровне сознания огромным количеством мелких деталей, но с другой — лишает его возможности установить, как же осуществляется переход к крупным информационным структурам, уже выходящим на уровень сознания. Анализ перехода к осознаваемым информационным структурам от подсознательных имеет принципиальное

значение для выяснения возможности и целесообразности имитации этого перехода в искусственных системах обработки сигналов.

Предварительное знакомство с перечисленными элементами ощущений, образами этих особых состояний отображающих структур субъекта и первичными понятиями, соответствующими этим образам, возникает невольное предположение о надуманности таких понятий, их ненужной и неиспользуемой субъектом детализации. Но более подробное знакомство с задачами разработки искусственных анализаторов и проблемой выделения первичных понятий естественного языка, связанной с этой разработкой, постепенно убеждает нас в том, что без таких простых понятий, вероятно, нельзя ввести систему первичных базовых понятий, отражающих уровень конкретного и непосредственного восприятия и удовлетворяющих элементарным требованиям однозначности и определенности содержания. Невозможен без таких понятий, по нашему мнению, и корректный переход на следующий уровень первичных абстрактных базовых понятий естественного языка, уже не соответствующих непосредственно каким-либо конкретным материальным элементам действительности, и переход к понятиям высших уровней абстракции.

Назовем фрагменты события для субъекта, подобного рассмотренному выше одномодальному ощущению (возникновение ощущения, существование его после возникновения, изменения в период существования и исчезновения ощущения), первичными одномодальными объектами для субъекта, которые обозначим через *on* (возникновение), *is* (существование), *v* (изменение) и *off* (исчезновение) ощущения. Первичные свойства, названные выше модальностью, интенсивностью и конкретным качеством, обозначим соответственно через *m*, *i* и *p*.

Будем предполагать, что наряду с первичными свойствами и объектами субъекту непосредственно доступны на уровне ощущений и некоторые отношения — *первичные отношения*. Такими будем считать отношения принадлежности R_1 элементов *on*, *is*, *v* и *off* к одному целостному ощущению, отношение порядка R_2 этих элементов в рамках отдельного ощущения, отношение принадлежности R_3 множества первичных свойств $\{m, i, p\}$ множеству первичных элементов, что можно записать в виде выражения

$$\{m, i, p\} \in \{on, is, v, off\}.$$

Непрерывность целостного ощущения (переход одного фрагмента в другой без перерыва в ощущении) можно представить отношением R_4 «быть непосредственно рядом во времени», «касаться» между упорядоченными фрагментами $(on)R_4(is) \times \times R_4(off)$. Рассмотренные отношения необходимо дополнить отношением различия R_5 между фрагментами *on*, *is*, *v* и *off*.

отношением эквивалентности этих фрагментов по модальности, интенсивности и качеству, отношением сходства и различия интенсивности или качества (например, цвета) в пределах отдельного одномодального ощущения и многими другими отношениями, которые мы пока не будем рассматривать.

В целом структура одномодального события для субъекта подобного вспышке света конечной длительности, несмотря на внешнюю простоту и привычную определенность для субъекта, оказывается достаточно сложной. Такую структуру можно простейшим образом описать путем перечисления первичных элементов события:

$$\{on, is, v, off\}; \{m, i, p\}; \{R_1, R_2, \dots, R_n, \dots\}.$$

Значительно более сложные структуры в отображенном виде возникают при восприятии сложных многомодальных ситуаций. Но мы предполагаем возможным выделить достаточно полный набор первичных субъектных элементов (ПСЭ), первичных субъектных свойств (ПСС) и первичных субъектных отношений (ПСО), на основе которых может быть осуществлен синтез сложных производных структур в отображенном, соответствующих сложным ситуациям объективной реальности.

Важно отметить, что описание абстрактных структур с заданными элементами и отношениями сопровождается аксиоматическим описанием свойств соответствующих отношений. На уровне конкретных ощущений субъекту тоже доступны свойства отношений (то, что, например, произошло раньше другого, субъект не станет менять местами, учитывая тем самым асимметричность отношения временного порядка событий). Но отношения возводятся в ранг идеальных объектов, которые могут иметь свойства, только на сравнительно высоких уровнях абстрактного мышления, где осознаются признаки, по которым субъект четко отличает одно отношение от другого. Но сформировавшись на уровне абстрактных представлений, наши знания о свойствах отношений неожиданно становятся конструктивными правилами, которые оказались возможным использовать при физической интерпретации конкретных и абстрактных отношений и построении устройств, которые можно было бы назвать детекторами отношений.

Кратко резюмируя основные положения об особенностях чувственного отображения реальности, затронутые в настоящем сообщении, отметим, что живая природа в процессе эволюции нашла целесообразным закрепить в составе анализаторов животных и человека огибающие структуры, которые выделяют такие наиболее простые и существенные компоненты реальности, как первичные элементы, первичные свойства и отношения. На высших абстрактных уровнях психической деятельности эти элементы идентифицированы как события, процессы, объекты, свойства объектов, отношения, свойства отношений и ситуации,

представляющие собой производные структуры от перечисленных и других элементов.

С нашей точки зрения, искусственные системы отображения, которые могли бы заменить человека в условиях, где необходима человеческая интерпретация ситуаций, но человек не может или не хочет находиться, должны взять на себя функции выделения таких же элементов реальности, которые существенны для человека.

Способы физической интерпретации и технической реализации устройств-детекторов, обеспечивающих выделение первичных элементов и свойств (прообразов ПСЭ и ПОС), мы рассмотрели в работах [1—4]. В ближайшем сообщении будут рассмотрены способы физической интерпретации отношений и построения детекторов первичных и более сложных отношений. При наличии всех необходимых детекторов первичных элементов, свойств и отношений можно непосредственно приступить к синтезу простейших искусственных систем отображения, осуществляющих интерпретацию реальных ситуаций, близкую по многим параметрам к человеческой интерпретации реальности.

Рассмотренные в настоящем сообщении некоторые результаты декомпозиции способности субъекта расчленять реальность на ряд специфических элементов кажутся нам реальной основой для имитации целого ряда особенностей адекватного отображения реальности человеком. По результатам имитирующих действий субъекта и искусственного отображающего устройства (имитирующие действия понимаются в указанном в начале сообщения смысле) можно осуществлять сравнение идентичности и адекватности отображения реальности субъектом и воспроизводящим некоторые функциональные особенности субъекта автоматом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугай Ю. П. Исследование нейроподобных элементов и систем как устройств первичной переработки информации. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Харьков, 1968.
2. Бахтигозин В. А., Бугай Ю. П., Червов В. Г. Орбитальная модель детектора ориентированных отрезков зрительного анализатора животных. — В кн.: Проблемы бионики. Вып. 6, Харьков, 1971, с. 74—78.
3. Бахтигозин В. А., Бугай Ю. П., Червов В. Г. Оптико-электронная модель локальных детекторов зрительного анализатора. — В кн.: Проблемы бионики. Вып. 10, Харьков, 1973, с. 120—124.
4. Нефедов Ю. И., Червов В. Г., Абдула В. Г. Телевизионная модель детектора движения. — В кн.: Проблемы бионики. Вып. 7, Харьков, 1971, с. 85—89.

Поступила 12 сентября 1975 г.