

Федеральное агентство по образованию

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. П. Евменов

Интеллектуальные технологии и представления знаний

Гипотезы об интеллектуальных системах управления

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2007

УДК 004.82: 004.6 (075.8)

ББК 32.813

Е 191

Е в м е н о в В. П. Интеллектуальные технологии и представления знаний. Гипотезы об интеллектуальных системах управления: Учеб. пособие. СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 301 с.

Обсуждается возможность машинного моделирования интеллекта человека; приведены обоснования гипотез о материальности мысли, материальности информации и универсальности процессов управления. На основании этих гипотез уточнены основные понятия управления, информационной связи и языковой коммуникации. Установлено качественное различие процессов моделирования природы мозгом и компьютерной программой. Предложены два направления исследования скрытых от наблюдения процессов мышления.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению “Информатика и вычислительная техника”, и всех читателей различных специальностей, которых интересуют интеллектуальные возможности компьютеров и относящиеся к ним проблемы философии, психологии, лингвистики и программирования.

Табл. 1. Ил. 5. Библиогр.: 134 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

ISBN

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2007

Оглавление

Введение	6
1. Мировоззрение вульгарного материалиста	8
1.1. Вульгарный материализм.	8
1.2. Принципы диалектического материализма.	11
1.3. Психические процессы	27
1.4. Денотат термина «психический процесс»	29
1.5. О пользе иллюзий	39
1.6. Материальность мысли	45
1.7. Естественный интеллект	50
1.8. Сознание и интеллект.	60
2. Принцип «стальной иглы»	61
3. Тектология и общая теория систем	69
3.1. История «системного подхода»	69
3.2. О пользе «системного подхода»	75
3.3. Отношение «элемент — система»	78
3.4. Диалектика и «системный подход»	81
3.5. Динамическая система	86
4. Информация.	89
4.1. Проблема информации	89
4.2. Информация и компьютер	91
4.3. Кодирование и преобразование информации	100
4.4. Материальность информации	104
4.5. Форма информации	107
4.6. «Смысл» информации	113
4.7. Сэр Р. Пенроуз о машине Тьюринга	118
5. Генетическая информация	123
6. О базовом курсе информатики	140
7. Язык, денотат и смысл слова	145
7.1. Понятие «язык»	145

7.2. Понятие «знак»-----	149
7.3. Язык и знание-----	155
7.4. Гипотеза Г. Фреге -----	161
7.5. Экспликация треугольника Фреге -----	168
7.6. Язык и речевая деятельность -----	172
7.7. Формальная грамматика -----	181
7.8. Тексты «физиков» и «лириков» -----	183
7.9. Лакуны разговорного текста-----	184
8. Данные и знания -----	187
9. Физическое и логическое представления данных-----	200
10. Управление-----	204
10.1. Обратная связь -----	204
10.2. Из истории теории управления-----	208
10.3. Цель и управление -----	211
10.4. О понятии «противоречие» -----	218
10.5. О понятии «задача»-----	221
11. Модель объекта -----	225
11.1. Понятие «модель объекта» -----	225
11.2. Модель Природы естественного интеллекта. -----	230
11.3. Машинная модель объекта-----	235
12. Автоматическое и автоматизированное управление	239
12.1. Естественное и искусственное управление -----	239
12.2. Машинная формальная теория объекта -----	240
12.3. Пример обращения к операции «ага»-----	246
12.4. Управление сложным объектом -----	249
12.5. Автоматическое управление простым объектом	259
12.6. Модификация реляционной базы данных -----	262
13. Формализмы искусственного интеллекта. -----	264
13.1. Искусственный интеллект-----	264
13.2. Семиотическая модель и адаптация -----	265
13.3. Экспертные системы -----	268
13.4. Эвристическое программирование -----	271
Вместо заключения.-----	275
Приложения-----	278

<i>Приложение А. Несколько страниц науки о мозге</i> -----	278
<i>Приложение Б. Как понимать текст?</i> -----	287
Список аббревиатур-----	291
Библиографический список-----	293
Предметный указатель-----	303

Введение

Не за горами то время, когда будет синтезирована шахматная программа для компьютера, которую не сможет обыграть ни один человек. Будет ли этот факт означать превосходство искусственного, т. е. машинного, интеллекта (ИИ) над интеллектом естественным, т. е. интеллектом человека (ЕИ), в сфере проблем, которые решает ЕИ. Есть основания полагать, что не будет, несмотря на обилие оптимистических публикаций о реализации компьютерными программами интеллектуальных систем управления (ИСУ). В настоящей работе предпринята попытка выяснить и обсудить эти основания, и, если возможно, определить обнадеживающий путь моделирования естественного интеллекта.

Современная литература возбуждает естественное желание разобраться в достижениях ИИ и ИСУ. Но этому мешает терминологическая неразбериха. Как заметили авторы [40, с. 47] по поводу игнорирования точных определений:

«Такое весьма безответственное отношение к терминологии укоренилось, по крайней мере, в технической литературе по управлению».

А поскольку идеи ИИ и ИСУ зарождались и разрабатывались в контексте «технической литературы по управлению», то «безответственное отношение к терминологии» перекочевало и в эту литературу.

Обсуждение достижений ИИ и ИСУ должно опираться на ясную, непротиворечивую систему понятий, наделяющую не только смыслом, но и денотатом (разд. 7.4) используемую терминологию, а все рассуждения должны следовать логическим законам, в частности закону тождества [50, с. 596]. Создать понятийную, а следовательно, и терминологическую систему для обсуждения «наших баранов» можно различными способами. Критериями оценки спо-

соба разумно использовать простоту, ясность и непротиворечивость.

Если теории ИИ и ИСУ разрабатываются с целью машинного моделирования ЕИ, то понятийные системы этих теорий должны адекватно отражать природу ЕИ или хотя бы не противоречить нашим скромным знаниям этой природы, а также уважать общечеловеческую логику. Если такая задача не ставится, то все методологические ограничения, конечно, могут быть отброшены.

Начнем с обсуждения самых распространенных и обычно неопределяемых в литературе по ИИ и ИСУ терминов. Конечно, создать абсолютную и безупречную систему терминов и понятий в подвижном мире и при многообразии точек зрения невозможно. Но ясность и точность определений принятой системы не только облегчат обсуждение предмета мысли, но и будут стимулировать ее сознательное усовершенствование.

Все рассуждения настоящей работы основаны на трех принципах, или гипотезах:

- 1) материалистического монизма;
- 2) «стальной иглы»;
- 3) универсальности управления.

Суть этих принципов обсуждается в главах 1, 2 и 10. Опровержение любого из них опровергает все содержание настоящей работы.

Поскольку нет существенных различий в предметах изучения ИИ и ИСУ, в дальнейшем мы будем их обобщенно именовать «теория ИСУ», а весь материальный мир, находящийся вокруг человека и внутри его, обозначать коротко словом «Природа», символизируя заглавной буквой единство материального мира.

Читателю изложение может показаться слишком многословным. Этот недостаток обусловлен тем обстоятельством, что для уяснения адекватности любой идеи приходится обращаться к истокам ее возникновения.

Смотри в корень!
Козьма Прутков. «Плоды раздумья».

1. Мироззрение вульгарного материалиста

1.1. Вульгарный материализм.

Вульгарный материалист — это автор настоящих строк, а эту позицию его заставляет принять предмет обсуждения — возможность машинного моделирования интеллекта человека. Это предмет онтологии, а не гносеологии. Различие рассуждений в гносеологии и онтологии проявляется, в частности, в широте интерпретации термина «отражение». В онтологии отражение — это материальный процесс, т. е. либо непосредственное физическое взаимодействие между двумя материальными объектами, либо неразрывная цепь таких взаимодействий, либо материальный след таких взаимодействий в одном из материальных объектов (разд. 10.1). В гносеологии отражение — это абстракция, допускающая более широкое толкование. Например, в гносеологии возможно утверждение: «Форма крыши дома является отражением закона всемирного тяготения» или:

«Форма внешнего объекта, существующая в действии субъекта»
[36, с.132].

Последнее выражение допустимо в гносеологии потому, что имеет денотат, т. е. отражение свойств «внешнего объекта» «в действии субъекта». Только такое отражение гарантирует успешность действия. Но в онтологии это выражение сомнительно. Действие с объектом может быть угадано субъектом на основании аналогии без физической связи между образом и прообразом.

Приступая к изучению нового объекта Природы, человек имеет перед собой либо сам объект, либо множество фактов отношения объекта с окружением, отмеченных им или другими людьми. Но, кроме того, человек всегда пользуется сложившимися у него мировоззрением, т. е. миропониманием явлений Природы, и освоенными им приемами исследования.

«Какую бы позу ни принимали естествоиспытатели, над ними властвует философия. Вопрос лишь в том, желают ли они, чтобы над ними властвовала какая-нибудь скверная модная философия, или же они желают руководствоваться такой формой теоретического мышления, которая основывается на знакомстве с историей мышления и ее достижениями» [136, с. 179].

Хорошо понимают друг друга люди, владеющие единым, точнее, схожими, мировоззрениями. По этому критерию Человечество можно разделить на классы. К одному классу отнести тех, кто верит, что Бог (по современной терминологии — Дизайнер) создал человека, наделил его некоторыми своими качествами, отпустил в мир и с интересом наблюдает, что из этого получится. Эти люди уверены, что мышление человека — дар Божий. Моделировать его бесполезно, поскольку для этого необходимо знать намерения Бога. К другому классу относятся люди, которые полагают, что Бога создал человек в своем воображении, наделил его всеми человеческими качествами и мучается, выпрашивая у него отпущения своих грехов. Эти люди полагают, что мышление человека возникло в ходе эволюции органической материи. Искать способы его моделирования — не бесполезно, поскольку и модель, и мышление находятся в пределах материального мира. К третьей категории можно отнести тех, которых не интересует ни то, ни другое. Ниже следующее изложение адресовано людям второй категории. Кроме этого указания, для них будет полезно иметь в виду еще следующее.

Проблемы моделирования ЕИ человека программными средствами обсуждаются далее с позиции теории познания диалектического материализма, но с отклонениями в сторону «вульгарного

материализма». «Вульгарный материализм» — это хорошее противоядие для всяких мистических фантазий, встречающихся в сочинениях по ИСУ .

«ВУЛЬГАРНЫЙ МАТЕРИАЛИЗМ — философское течение, возникшее в Германии в 50-х годах XIX в. Наиболее известные представители этого течения — Бюхнер, Фохт и Молешотт. ...Признавая единственной реальностью материю и отстаивая атеизм, вульгарные материалисты считали, однако, что мозг выделяет мысль так же, как печень выделяет желчь, т. е. объясняли мышление грубо, упрощенно. ...Для вульгарного материализма характерны абсолютное игнорирование диалектики, отрицание активной роли сознания, защита устаревшего, механистического взгляда на законы движения, а также идеализм в понимании общества» [51, с. 93].

В последующих рассуждениях только два допущения совпадают с точкой зрения первых вульгарных материалистов. Во-первых, гипотеза о том, что мысли и знания человека, т. е. продукты деятельности его ЕИ, материальны. Во-вторых, отказ от гипотезы о том, что в мозгу происходят психические или иные идеальные процессы. Отличие же состоит в принятой гипотезе о том, что продукты познания ЕИ никогда не покидают пределов мозга. Речевые высказывания — это только гомоморфные образы, даже не копии, мыслей.

Если отказаться от первой гипотезы или принять вторую, то это равносильно утверждению, что моделировать машиной интеллект человека невозможно, поскольку идеальная субстанция не взаимодействует с машиной. Однако многочисленные энтузиасты продолжают штурмовать проблему создания ИСУ [7, 17, 22, 32, 38, 39, 100, 125, 129], выражая тем самым недоверие к противоречию между «духом и телом».

При обсуждении гносеологических проблем не только допустимо, но и необходимо противопоставлять материю и идею. При обсуждении онтологических проблем, т. е. физического устройства Природы, такое противопоставление недопустимо, потому что в Природе идеального нет и, следовательно, это противопоставле-

ние ведет в мир лжи. Надо полагать, что попытки моделировать ЕИ человека относятся к области онтологии. Противопоставление в гносеологии осуществляется по признаку «дано в ощущении»/«не дано в ощущении», который эквивалентен критерию «существует независимо от наблюдателя»/«существует идеей только в мозгу наблюдателя». Такое противопоставление в онтологии бессмысленно, потому что все существующее в мозгу наблюдателя — материально, хотя пока, т. е. временно, недоступно осознанному ощущению. Многие фрагменты Природы недоступны непосредственному наблюдению даже с помощью хитроумных инструментов. Но даже такие фрагменты существуют, независимо от наблюдателя.

1.2. Принципы диалектического материализма.

В целях уточнения принятой в настоящей работе точки зрения обсудим перечень основных принципов диалектического материализма, приведенных Р. М. Айдиняном [3, с. 4] .

«Если исходить из этимологии слова, то принцип (от лат. *principium*) означает первоначальное основание чего-либо: бытия, познания, предметной деятельности. Будучи осознанным, такое первоначало становится идейным основанием соответствующего учения.

К важнейшим принципам диалектико-материалистической философии относятся следующие:

1. *Принцип первичности материи по отношению к сознанию*: материя (природа, объективный мир, объективная реальность) существует вечно, а сознание (психика, познающий дух, субъективная реальность) возникает лишь на определенном этапе развития материи как свойство высокоорганизованных живых систем (данное положение выражает исторический аспект содержания принципа первичности материи); в сознании, психике субъекта отображается внешний, независимо от него существующий, объективный мир, сознание как познающий дух невозможно без объекта познания (гносеологический аспект); сознание не может существовать в отрыве от своего материального носителя — головного мозга (психологический аспект).

2. *Принцип материалистического монизма*: существующий объективный мир един и материален, в нем нет никакого объективного духа, вопреки утверждениям представителей объективного идеализма.

3. *Принцип познаваемости*: существующая реальность может быть познана и познается человеком вполне адекватно.

4. *Принцип детерминизма*: в мире все имеет свою причину, все существующие явления причинно обусловлены.

5. *Принцип развития*: все подвержено необратимому изменению (развитию).

6. *Принцип всеобщей связи*: все явления связаны между собой прямо или опосредованно.

7. *Принцип ведущей роли практики в процессе познания*: познание осуществляется благодаря практической деятельности общественно-исторического субъекта и подчинено интересам общественной практики; познание начинается с практики и вновь возвращается к ней, ибо здесь проверяется истинность знаний.

8. *Принцип единства сознания и коллективной деятельности людей*: сознание возникает (как в фило-, так и в онтогенезе) и существует исключительно благодаря совместной жизни и коллективной деятельности людей по удовлетворению своих потребностей».

Эту выдержку полезно дополнить замечанием, что, будучи осознанным, принцип становится не только идейным основанием, но и инструментом познания Природы. В этом состоит польза принципов.

Как утверждает автор этого перечня, принципы в содержательной теории фрагмента Природы выполняют ту же роль, что и аксиомы в формальной теории. Во-первых, принципы — это первоначальные основания теории, т. е. их истинность в теории принимается без доказательства, и, во-вторых, принципы — это критерии истины теории: ни одно из утверждений теории не должно противоречить ни одному принципу.

Истинность принципов в содержательной теории не доказывается, но она принимается таковой на основании веры, или убеждения, что принципы не противоречат жизненному опыту. Мышление человека руководствуется многими другими принципами, в том

числе и неосознанными [92, с. 44]. Учитывая эти обстоятельства, обсудим принципы приведенного перечня.

Начнем с принципа 2, который является центральным в приведенном списке. Согласие или несогласие с этим принципом определяет доверие ко всем остальным.

Должны ли мы согласиться с принципом 2 в полном объеме или только с оговоркой ... «существующий объективный мир един и материален» за пределами мозга человека, а мозг человека способен производить «объективный дух» в форме нематериальных идей и нематериального сознания, которые управляют движением материи, например мышц при разговоре. Соблазн принять такую оговорку возникает по причине удивительного свойства мозга человека не терпеть незнания подобно тому, как природа не терпит пустоты. Если мозг не знает, а его исследовательский рефлекс не справляется с проблемой, — он выдумывает Бога, Космический Разум, Информационное Поле, психический процесс и т. д.

Указанная оговорка смешивает гносеологию и онтологию, что образует лазейку для идеализма в едином здании материализма. Э. Шредингер, например, в работе [130] дал обстоятельную критику этой точки зрения. Примем следующую формулировку этого принципа:

2. Принцип материалистического монизма: существующий мир материален, в нем нет ни субъективного, ни объективного духа.

Но тем самым мы становимся на позицию вульгарного материализма. Однако учтем, что современная наука не знает никаких средств для извлечения знаний из мозга человека. Речевые высказывания являются, в лучшем случае, только отображениями, или фотографиями, мыслей, а потому не содержат знаний, как фотография человека не содержит человека.

Из этого принципа следует заключение: если следствие материально, то причина необходимо материальна. Вероятно, наблюдения на опыте этой связи послужили причиной появления в логике закона достаточного основания. Ни Информационное Поле,

ни Космический Разум не могут влиять на движение материи, а при любой информационной связи между материальными объектами информация должна быть материальной (разд. 4.4).

Как и все догмы, принцип материалистического монизма не вечен. Научная мысль не раз ошибалась, пытаясь обнаружить неизменную субстанцию мира. Не является ли материя такой субстанцией? Проникновения физиков в космос и микромир могут привести к отрицанию такой идеи. Что происходило с материей при Большом взрыве или происходит при «коллапсе» в черной дыре?

«Таким образом, “коллапс” разрушает все до основания.

При этом разрушается не только материя, но даже само пространство-время прекращает свое существование. Такая окончательная катастрофа называется пространственно-временной сингулярностью. Читатель, конечно, может задаться справедливым вопросом, откуда мы знаем, что подобные катастрофы должны иметь место и при каких обстоятельствах пространство-время ожидает такая судьба. Вывод о неизбежности пространственно-временной сингулярности следует из классических уравнений общей теории относительности и оказывается справедливым при любых условиях, в которых находится уже сформировавшаяся черная дыра» [75, с. 274]

Будем надеяться, что физики найдут ошибочность этого следствия до того, как наша Солнечная система достигнет своей черной дыры. Но даже если этого не произойдет, принцип материалистического монизма не будет опровергнут для макромира. Уточнится понимание денотата, именуемого термином «материя», вероятно, он лишится статуса вечной и неизменной субстанции мира, но эти уточнения вряд ли потребуют коррекции физических законов эволюции макромира, в котором действует ЕИ.

Если принять принцип 2 без указанной оговорки, то принцип 1 следует отвергнуть как внутренне противоречивый и противоречащий принципу 2. Формулировка принципа 1 возводит барьер между материей и сознанием, превращая этот принцип не в инструмент познания, а в препятствие познанию познания.

Принцип 1 ставит сознание в один ряд с психикой, познающим духом, субъективной реальностью. Но, согласно принципу 2,

все это химеры, или псевдоимена. Псевдоимена ничто не именуют, т. е. не имеют денотатов, поэтому наука не может устанавливать истинностные значения суждений, в которых они используются. Так, нет никаких оснований, кроме слепой веры, отвергать гипотезу о том, что психика, познающий дух и субъективная реальность существуют вечно, витая над мертвой материей, пытаясь ее оживить. Эта гипотеза затушевала бы все белые пятна в знаниях о мозге и закрыла бы проблему машинного моделирования интеллекта человека, так как «познающий дух» не пытается оживлять машины.

Если сознание «свойство», то в нем не может отображаться «внешний, независимо от него существующий, объективный мир». Для такого отображения свойство должно обладать способностью изменяться, что невозможно.носителем свойства является материальный объект, свойства которого проявляются во взаимодействии с материальным окружением. Изменяются взаимодействия только в результате изменения состояний материальных объектов. Как проявляются свойства идеальных сущностей — тайна, которую игнорируем вместе с идеальными сущностями. Нет материального объекта — нет его взаимодействий с окружением, нет его свойств. Разумно принять гипотезу, что сознание возникло не как свойство, а как материальный объект, который дает о себе знать какими-то специфическими взаимодействиями с окружением, не проявлявшимися у предшествующих материальных объектов. Надо полагать, что сознание появилось на каком-то этапе эволюции живой материи в результате возникновения какой-то странной конструкции материи, скорее всего внутриклеточной. Эта конструкция стала проявлять специфическое поведение, запоминая следы внешних воздействий и их временные последовательности в форме своих собственных состояний или состояний соседних конструкций, но материальных состояний. Образ объекта в субъекте, точнее в мозгу субъекта, — это не «субъективная реальность», а материальная реальность. Для решения вопроса о возможности машинного моделирования интеллекта человека нужно добраться до физических

процессов, происходящих в этих странных материальных конструкциях, демонстрирующих свойство, принимаемое за сознание. Моделировать необходимо не свойство, а эти таинственные физические процессы.

Свойства не могут отражать материальный мир без изменения самого носителя свойства, но выражения типа «сознание отражает ...» превратились в литературные штампы, поэтому термином «сознание» следует обозначать либо физиологический (точнее, физический) механизм, который создает в мозгу материальный образ материального мира, либо сам образ материального мира, либо и то и другое. Предоставим читателю самостоятельно решить, куда отнести корень квадратный из минус единицы, т. е. $\sqrt{-1}$. Можно отнести к механизму, его породившему, либо к продукту этого механизма, либо к тому и другому. Но независимо от этого решения разумно полагать, что этот корень квадратный в мозгу математика, оперирующего им, является устойчивой материальной системой, для которой существует и соблюдается системообразующий фактор (разд. 3.4). Иначе он быстро исчез бы из головы математика. Этой гипотезой негласно пользуются все исследователи искусственного интеллекта. Например, результаты обучения, восприятия, память, стереотипное поведение и так далее представляются состояниями «синапсов» формальных нейронов в «нейронных сетях» [97], т. е. состояниями материальных объектов в программах или аппаратуре.

В ходе филогенеза обнаружили какие-то преимущества у организмов с зачатками физиологических процессов, фиксирующих материальными образованиями следы воздействия окружения. Эти преимущества выделили их из среды конкурентов и сохранили для усовершенствования потомками. Могли ли на почве физиологических процессов возникнуть процессы психические? Ссылка на диалектический скачок при переходе от количества к качеству [79] неубедительна. В ходе филогенеза живых организмов Природа ничего не создавала заново, из ничего. Развитие осуществлялось только путем модификации существующих, активно работающих и по-

лезных материальных конструкций за счет физических взаимодействий между их компонентами и компонентами среды. Неработающие или бесполезные образования отмирали. Все живые организмы на Земле сконструированы из пяти нуклеотидов и двадцати аминокислот. Можно вообразить, что работающая в живом организме конструкция из них может быть физическими взаимодействиями видоизменена к лучшей или к худшей конфигурации. Но представление о том, что физические взаимодействия могут преобразовать материальный объект к конфигурации, при которой он начнет демонстрировать психику, познающий дух, субъективную реальность или иные идеальные эффекты, — не более чем фантазия.

Познание материального мира мозгом, согласно принципу 2, — это материальный процесс, продуктом которого может быть только материальный объект. Поэтому образ материального мира, создаваемый мозгом в процессе управления организмом, материален, вторичен по отношению к материальному миру и находится в гомоморфном отношении с последним.

«Выясненные аналогии. Аналогия часто является смутной. Ответ на вопрос, что чему аналогично, часто неоднозначен. Смутность аналогии не уменьшает ее интереса и полезности; однако те случаи, когда понятие аналогии достигает ясности логических или математических понятий, заслуживают специального рассмотрения.

... тип вполне выясненной аналогии есть то, что математики называют на техническом языке гомоморфизмом (или многозначным изоморфизмом). Подробное изложение примера или точное описание этого понятия заняло бы слишком много времени, но мы можем попытаться понять следующее приближенное описание. Гомоморфизм есть своего рода систематически сокращенный перевод. Оригинал не только переводится на другой язык, но и сокращается, так что то, что получается в конечном счете после перевода и сокращения, оказывается систематически равномерно сжатым в половину или одну треть или в какую-либо другую долю первоначальной протяженности. Тонкости при таком сокращении могут быть потеряны, но все, что есть в оригинале, чем-то представлено в переводе, и в уменьшенном масштабе соотношения сохраняются» [82, с. 50].

Адекватное поведение организма в окружающем мире можно считать основанием гипотезы о том, что его мозг создает и пользуется в управлении поведением гомоморфным образом мира. Гомоморфизм обнаруживается в том, что мозг отражает отношения между событиями материального мира в отношениях между их образами в мозгу. Именно такой гомоморфизм необходим мозгу для управления жизнедеятельностью организма. Управление должно опираться на аналогию между процессами вне мозга и процессами в мозгу. Для адекватного поведения мозгу важны не столько фрагменты окружающей среды, как отношения между ними. Эти отношения и моделирует гомоморфизм мозга. Такое заключение подсказывают экспериментальные наблюдения за поведением испытуемых с искажающими призмами на глазах.

«Следует отметить, что использование призм связано со многими другими искажениями. Угол отклонения лучей света будет тем больше, чем больше угол падения. Объект, видимый через такие очки, будет смещаться тем сильнее, чем дальше от наблюдателя находится объект. А это вызывает деформацию объектов, искажения в относительном расположении элементов поля зрения и особенно в оценке расстояний. Осложнения возникают с каждым движением головы. Испытуемый, надевший такие очки, попадает в мир, подверженный постоянным искажениям, где объекты то и дело совершают кажущееся движение и никогда не оказываются там, где испытуемый надеется их схватить.

Какими бы именно ни были искажения, вносимые очками, их носит взрослый человек, владеющий хорошо организованной и многократно испытанной во многих ситуациях системой отсчета, и вот внезапно он сталкивается с ложными зрительными данными. При малейшей необходимости совершить какое-либо действие испытуемый оказывается перед альтернативой:

1) или доверится старой зрительной системе отсчета и расположить по отношению к ней верх, низ, правую и левую стороны; в этом случае возникает противоречие с другими сенсорными данными и, что более важно, с физической реальностью;

2) или отвергнуть старую систему отсчета и построить новую систему соответствий между физическим миром, новыми зрительными и другими сенсорными данными.

В первом случае его поведение будет неприспособленным: он будет наталкиваться на предметы, падать, садиться рядом со стулом и т. д., во втором — будет происходить постепенная адаптация и одновременное формирование новой системы отсчета» [118, с. 222].

Эксперимент показал, что человек с искажающими призмами на глазах постепенно вырабатывает адекватное поведение в прежнем мире, подобное поведению человека с нормальным зрением. А это означает, что мозг заменяет один гомоморфизм другим. Отличаются эти гомоморфизмы только отображениями отношений между прообразами в отношении между образами.

Конечно, математический гомоморфизм является идеализацией нейрофизиологического гомоморфизма сенсорной системы мозга. Кроме того, последний развивается, как и все функции мозга, и в фило- и в онтогенезе, и тенденция этого развития направлена, вероятно, на сближение свойств нейрофизиологического и математического гомоморфизмов. Изучение зрительных гомоморфизмов представлено, например, в [99], а слуховых в [105, 127].

В работе [24] используется термин «предмет мысли»:

«Таким образом, выражение (термин) предмет мысли обозначает универсальное множество, включающее в себя все то, о чем мы можем размышлять. При анализе научно-технического знания необходимо рассматривать три подмножества — мир вещей, мир идей и мир знаков. К миру вещей мы будем относить не только сами вещи, но также их отношения, свойства (способности), явления (феномены, эффекты), процессы, события, состояния, т. е. все то, что наблюдается в объективном мире» [24, с. 38].

В настоящей работе используется термин «денотат смысла» вместо «предмет мысли» (разд. 7.4).

Чтобы не выходить за пределы принципа материалистического монизма, пользуясь понятием «предмет мысли», необходимо термин «идея», или «мысль», понимать как имя материального объекта, т. е. как имя устойчивой материальной системы в мозгу со специфическими особенностями. Одна из особенностей этой материальной системы состоит, возможно, в том, что она лишается ус-

тойчивости за пределами нервной системы или какой-то области коры головного мозга. За этими пределами она существовать не может, и мы утверждаем, что мысль никогда не покидает мозга. Вероятно, это не так, и биохимики смогут выделить когда-либо из нервной ткани и хранить в пробирке какую-то систему, полагая, что это «мысль». Подозреваемые на эту роль уже обсуждаются в литературе [1, 56, 57]. Но установить экспериментально это будет невозможно, потому что мозг использует мысли в качестве знаков. Физические свойства знаков не связаны ни с их значениями, ни с результатами их интерпретации (разд. 7.2). Для проблем гносеологии и обучения эти детали не имеют никакого значения, но они могут оказаться «камнем преткновения» для моделирования ЕИ.

Для устранения явного противоречия с принципом 2 примем следующую формулировку принципа 1:

1. Принцип первичности мира относительно сознания: сенсорная система каждого мозга разделяет единый материальный мир на три части:

- 1) часть, не воспринимаемую сенсорной системой мозга;*
- 2) часть, воспринимаемую сенсорной системой мозга;*
- 3) часть, производимую сенсорной системой и интеллектом мозга.*

Так, например, в электромагнитном излучении выделяются видимые и не видимые диапазоны частот, а законы этого явления представлены отношениями между понятиями электродинамики.

Принцип познаваемости выражает оптимистическую веру в силу человеческого разума, возникшую, вероятно, индуктивно. Но эту веру подвергают сомнению, во-первых, на основании гипотезы о существовании психических процессов. Разве можно познать «познающий дух», если с «духом» нет никаких контактов? Это сомнение устраняется принципом 2 в предложенной формулировке.

Вторым источником сомнения можно назвать теоретико-множественное понятие «мощность множества». Познающая система должна создать внутри себя образ познаваемой системы, поэтому мощность ее должна быть не меньше мощности познавае-

мой системы. Как же мозг может познать сам себя? Это противоречие разрешается, вероятно, утверждением, что мозг создает не изоморфизм, а гомоморфизм окружающего его мира. А среди гомоморфных образов возникают такие абстрактные экстраполяции, как несчетные множества, у которых часть по мощности может быть эквивалентна всему множеству.

Оптимизм в познаваемости мозгом самого себя внушают и некоторые наблюдения. Например, мозг человека не в состоянии воспроизвести умозрительно вычисление, которое осуществляет компьютер по некоторой программе. Но мозг точно определяет все детали этой программы.

Примем следующую формулировку:

3. Принцип познаваемости: материальный мир познается человеком адекватно; познание не ограничено, но не достигает абсолютной истины; результатом познания является материальный гомоморфный образ познанной части мира.

Принцип детерминизма не вызывает сомнения, если его дополнить утверждением, что детерминизм Природы возникает из хаоса. Детерминизм интересует Человечество с точки зрения возможности предсказывать ход событий в Природе.

«Начиная с древних времен возможность предсказывать воспринималась как удел мудрецов и одна из основных целей развития науки» [41, с. 22].

Иллюзия детерминизма Природы порождена в умах ученых ошеломляющим триумфом механики Ньютона. Но последние достижения физики внесли коррективы в эту иллюзию, и на смену детерминизма пришел индетерминизм.

«Индетерминизм — или, точнее, физический индетерминизм — представляет учение, утверждающее всего лишь, что не все события в физическом мире predeterminedены с абсолютной точностью во всех своих наимельчайших деталях. За исключением этого, он допускает возможность любой степени регулярности, какая только вам нравится, и потому вовсе не утверждает существование “событий без причины”, так как понятия “событие” и “причина” достаточно расплывчаты для того, чтобы со-

вместить учения о том, что у каждого события есть своя причина, с физическим индетерминизмом» [85, с. 213].

Хаос сменяется упорядоченностью, когда возникает устойчивая уравновешенность противоположных тенденций, например, при усреднении случайных флуктуаций в макрообъектах. Это дает возможность физикам моделировать явления Природы математическими уравнениями. К сожалению, будущее Природы детерминировано прошлым и настоящим, но не вычислимо [75, 89].

Примем следующую формулировку:

4. Принцип индетерминизма: в физическом мире все события имеют свою причину, все существующие явления причинно обусловлены, но не все предопределены с абсолютной точностью во всех своих деталях.

Движение — это способ существования материи. Нет движения, нет материи. Диалектика движения материи проявляет две противоположные тенденции: деградацию и эволюцию. Эволюция — это развитие материальных систем в направлении от простого к сложному, путем повышения упорядоченности, т. е. понижения энтропии [21]. Деградация — это развитие в противоположном направлении. Движение материальной мысли, т. е. знания, о фрагменте Природы подчиняется общим для материи законам эволюции.

5. Принцип абсолютного движения: материальный мир находится в абсолютном движении: каждое явление мира развивается либо в сторону прогресса, либо в сторону регресса, либо находится в динамическом равновесии.

Понятие «связь» является частным случаем общего понятия «отношение», а отношения могут быть связывающими или разъединяющими. Так, плазматическая мембрана живой клетки образована молекулами, один конец которых гидрофильный, а другой — гидрофобный. Гидрофильный конец образует соединения с молекулами воды, а гидрофобный — отталкивает молекулы воды. Благодаря таким отношениям с водой эти молекулы образуют устойчивые в определенных условиях мембраны, отделяющие среду, в ко-

торой происходит понижение энтропии, от среды, в которой энтропия стремится повышаться.

Наличие противоположных типов отношений приводит к образованию в мире устойчивых границ между группами явлений мира, которые именуют термином «система». Математики конструируют очень хитроумные абстрактные системы, многие из которых с большим успехом применяются в качестве моделей фрагментов Природы. Генезис каждой математической абстракции начинается с абстрагирования единственного вида бинарного отношения, который именуют словом «принадлежит»: «класс x принадлежит классу X » ($x \in X$), или «система x принадлежит системе X ». Математическая абстракция — это выделение отношения «принадлежит» из класса всех отношений Природы и освобождение его от второстепенных конкретизирующих деталей.

В связи с этим приемом, в согласии с современной терминологией, следующую формулировку:

6. Принцип всеобщности отношений: между всеми явлениями мира существуют отношения непосредственные или опосредованные, поэтому материальный мир — это система систем: каждое явление — система и элемент некоторой системы.

После опубликования исследований Б. Мандельброта [75, с. 74] в математике появился термин «фрактал». Теперь можно сказать: системная организация мира является фракталом.

Термин «познание» в литературе используется в качестве имени различных денотатов. Иногда говорят об общественном познании или даже о познании человечества. Назовем такой денотат «познанием-системой». Познание индивидуального человека назовем «познанием-элементом». Очевидно, познание-система создается познаниями-элементами. Мы не будем касаться проблем машинного моделирования познания-системы, а ограничимся более скромной проблемой — возможностью моделирования интеллекта человека. Поэтому в дальнейшем термины «познание» и «знание» используются в смысле «познание-элемент» и «знание-элемент».

Практика, и общественная и индивидуальная, невозможна без управления, поэтому разумнее говорить о «ведущей роли управления в процессе познания». Согласно принципу 5 все системы управления развиваются. Одно из главных направлений прогрессивного развития систем управления и живых, и искусственных объектов связано с усовершенствованием механизмов предсказания событий Природы. Но такое предсказание требует знания законов движения Природы, а не гаданий. Познание начинается с возникшего в ходе практики противоречия, порождающего прогноз о его разрешении. Познание невозможно без прогноза и его проверки в управлении действиями. Психологи предсказание обозначают термином «антиципация». Мозг очень широко использует механизмы антиципации в процессах управления и обработки информации [58, 124]. Примем следующий принцип:

7. Принцип ведущей роли управления в познании: познание осуществляется в процессе управления практической деятельностью человека, унаследовавшего опыт предков, и не всегда подчинено интересам общественной практики; познание начинается с управления практической деятельностью и вновь возвращается к нему, ибо только по результатам управления оценивается истинность знаний.

Коллективная деятельность людей требует единства понимания цели деятельности, предмета и методов деятельности. Обычно такого единства в коллективе нет в силу объективных причин. Для устранения возникающих в связи с этим противоречий в ходе филогенеза возникли разговорные языки. Если коллектив составляют люди, способные к речевому общению, то свои противоречия они пытаются разрешать речевыми текстами. Чтобы текст достиг нужной цели, он должен быть построен по правилам грамматики языка и логики, поэтому мысли, порождающие текст, должны быть построены и упорядочены в соответствии с возникшим противоречием.

Кто-то из мудрецов заметил:

«Ума требуется гораздо больше для того, чтобы передать свои мысли, чем для того, чтобы их иметь».

Мысли часто сами собой «оседают» мозг, т. е. появляются неожиданно, неизвестно почему и откуда, вроде пузырьков в стакане кока-колы. Другое дело, если мысль нужно сообщить собеседнику. В этом случае требуется усиленная работа сознания. Сознание, т. е. совместное, или синхронное знание, необходимо для возникновения коллективной деятельности, и, наоборот, коллективная деятельность необходима для возникновения со-знания. О существовании со-знания можно судить только по результатам наблюдения за поведением индивидов коллектива.

В ходе филогенеза для функций общения должна была возникнуть система управления процессом мышления. Мышление — это физиологический процесс, поэтому примем гипотезу что, потребности развития коллективных форм деятельности людей привели к появлению физиологического процесса для управления физиологическими процессами мышления. Возможно, эта система управления того же типа, которые академик П.К. Анохин назвал «функциональными системами» (разд.1.7), а мы будем называть эти системы управления и их действия термином «сознание», а результат действия — «мыслью», или «идеей».

Терапевтическая практика лечения неврозов дала основания доктору З. Фрейду высказать гипотезу [117] о существовании в мозгу неосознаваемых идей или мыслей, порожденных жизненными ситуациями, причем эти неосознаваемые идеи не только контролируют поведение человека, но и могут влиять на его физическое состояние. Не лишено оснований предположение, что контроль бессознательного над поведением человека более значителен, чем сознания. Например, есть основания полагать, что вся математика в полном объеме — продукт бессознательной деятельности математиков.

Математик вначале догадывается, а затем пытается найти доказательство либо опровержение догадке. Нет догадки, нет попытки доказательства. Но и сознательное построение доказатель-

ства догадки невозможно осуществить без участия подсознательных догадок о том, как логически упорядочивать суждения. В этом легко убедиться, если вспомнить собственные попытки доказательств тригонометрических тождеств в школе. Математик Д. Пойа, обсуждая обучение школьников математическим доказательствам, заметил:

«Во многих школах на “угадывание” наложено табу, тогда как в любом научном исследовании (и в математическом в том числе) “сначала угадайте, а потом докажите” — это почти что правило» [81, с. 351].

Вероятно, все краеугольные идеи математики, вроде идеи Ньютона о бесконечно малом, возникли подсознательно. Конечно, тот факт, что многие математические объекты, например, такие как вещественные и комплексные числа или законы распределения случайных величин, используются в качестве удобных моделей фрагментов Природы, говорит о том, что догадки математиков не произвольны, а подсказаны наблюдениями за движением Природы и выявлением скрытых отношений между известными уже математическими объектами.

Многие деятели науки различных специальностей до и после Фрейда высказывали гипотезу о существовании двух уровней мышления: сознательного и подсознательного. Существенное различие между ними в том, что процесс мышления на уровне сознания допускает самонаблюдение, или интроспекцию, и, как следствие, отображение мыслей в речевые высказывания. Данных об отображении подсознательных мыслей в речевые высказывания нет. Вероятно, по этой причине в литературе не встречаются упоминания о таких мыслях. А Фрейд [117, с. 445] постулирует даже существование предсознания.

Гипотеза о системе управления мыслями наделяет не только термин «сознание» материальным денотатом, но и переносит из гносеологии в онтологию такие выражения, как «отражение в сознании» и «существование сознания». Сознание моего соседа материально потому, что существует и работает независимо от меня и

других соседей. Кроме того, оно дано мне в ощущении посредством речей соседа. А речь человека может быть не только эгоцентрической, но и продуктом глубоких мыслей, упорядоченных по правилам грамматики и логики. В быту не без успеха определяют наличие или отсутствие сознания у человека по его отношению к собственному поведению. К осознанному принято относить те мысли, которые допускают интроспекцию.

Управление мыслями требует наблюдения за их движением, их анализа, сопоставления, оценки и синтеза. Так, обнаруженные в филогенезе преимущества систем с коллективной деятельностью закрепили в конструкции мозга человека механизм рефлексии. Человек, живущий в коллективе, действуя, думает и, думая, думает о том, как он думает. Вероятно, так возникло «Я» и эгоцентрическая речь.

Принцип 8 примем почти без изменения:

8. Принцип единства сознания и коллективной практики людей: сознание возникает (как в фило-, так и в онтогенезе) и существует исключительно благодаря совместной жизни и коллективной деятельности людей по удовлетворению своих потребностей, ибо коллективная деятельность невозможна без осознанного общения внутри коллектива.

1.3. Психические процессы

Из принципа материалистического монизма следует, что в мозгу невозможны какие-либо процессы, кроме материальных.

Пусть стимулом, действующим на сетчатку глаза, является поток бесцветных фотонов с «зеленой энергией», пропускаемых стеклянным фильтром уличного светофора. Психологи называют такие стимулы «дистантными». Этот стимул может побудить шофера к мышечным действиям с целью привести в движение машину. Принципы индетерминизма и всеобщности отношений дают основание полагать, что существует неразрывная казуальная цепь событий от источника фотонов до автомашины. Начинается и за-

канчивается цепь физическими процессами. А каковы промежуточные процессы между началом и концом такой цепи? Что происходит в том звене цепи, в котором шофер принимает решение двигаться или оставаться на месте? По ответу на этот вопрос отвечающих можно разделить на физиологов и психологов. Физиолог ответит: (1) «Вся цепь образована только из материальных процессов». Психолог ответит: (2) «Материальные процессы происходят в наблюдаемых звеньях цепи, а в ненаблюдаемых — происходят психические процессы».

Экспериментальных данных, опровергающих какую-либо из этих гипотез, нет, а имеющиеся данные не противоречат им обеим. В качестве основополагающего принципа-иллюзии в теоретических рассуждениях можно принять любую из этих гипотез. Нейрофизиологи, сознательно или неосознанно, руководствуются гипотезой (1), пытаясь наблюдать цепочки от стимула до реакции, а психологи — гипотезой (2), заполняя выдумкой ненаблюдаемые звенья. Однако можно предсказать, что апологеты гипотезы (1) рано или поздно столкнутся с противоречием между теорией и экспериментом, порождающим очередную головную боль. Но пока такого противоречия нет, гипотезой (1) можно пользоваться как методологическим принципом. Апологеты гипотезы (2) никогда не испытают такой неприятности, поскольку психическому, т. е. субъективному, или идеальному, процессу можно назначать такие свойства, чтобы устранить любые противоречия. Основную заботу в этом отношении представляет противоречивость пар: «душа и тело», «сознание и мозг», «нематериальная информация и материальный ее носитель» и так далее, которая выражается отсутствием убедительных ответов на два вопроса:

- 1) Как материя, данная в ощущении, порождает идеальное, которое не дано в ощущении?
- 2) Как идеальное, которое не дано в ощущении, управляет движением материи, данной в ощущении?

В литературе можно встретить различные предложения, как обойти такую пропасть. Например, автор [31] рекламирует «функциональный», или «информационный», подход:

«Значительный теоретический интерес представляет общая информационно-кодовая концепция психической деятельности и ее мозговой организации, развиваемая в последние годы Н. П. Бехтеревой и ее сотрудниками» [31, с. 12].

К сожалению, эта концепция, по существу, сводится к замене термина «душа» термином «информация», а термина «тело» — термином «материальный носитель информации». При этом денотаты терминов «информация» и «душа» трактуются как сущности, не данные нам в ощущении. Но при такой замене «воз и ныне там».

Вера в принцип материалистического монизма заставляет нас принять к руководству гипотезу (1), поскольку мозг — материальный объект. Результатом его работы может быть только материальный объект. Никакие «идеальные образы материальных объектов» в мозгу невозможны, потому что идеальное — это то, что не «дано нам в ощущении». Но то, что не «дано в ощущении», не дано физически мозгу. Мозг может работать только с «материальными образами материальных объектов», т. е. с тем, что «дано нам в ощущении». Возможно, это иллюзия, но иллюзия — зародыш знания (разд. 1.5).

1.4. Денотат термина «психический процесс»

«Точного и общепринятого определения психики в современной науке нет. Очевидно, что без последовательной опоры на ленинскую теорию отражения дать такое определение просто невозможно. При этом значительную роль должно сыграть использование системного подхода» [79, с. 74].

Ни «опора на ленинскую теорию отражения», ни использование мифического «системного подхода» (гл. 3) не помогли ав-

тору приведенных строк определить понятие «психика» и создать логически последовательную, а потому и убедительную, систему «общепсихологических и частнопсихологических категорий (понятий)». Определить термин «психика» — это указать его денотат, т. е. реальный феномен Природы, знаком которого является этот термин. Но из принципа материалистического монизма следует, что такого феномена в Природе нет, поэтому нет и общепринятого определения психики. Отсюда разноречивость в определениях всех психологических понятий.

Возьмем, например, такое определение [79, с.114]:

«... воля – это отражение объективного отношения целей деятельности, соответствующих уровню притязания личности и фактически выполняемой ею деятельности, обеспечивающей достижение этих целей».

Даже запятая после слова «личности» не проясняет, что и куда отражается. Термин «отражение» автор использует в каком-то известном только ему смысле. Если придерживаться принципов диалектического материализма, то термин «отражение» следует трактовать так же, как и термин «физический процесс» (разд. 10.1). Но существует ли физический процесс, связывающий отношение между целью и деятельностью неизвестно с чем?

Для чего нужно находить денотат, или обозначаемое, для слова, выполняющего в предложении роль имени, т. е. знака, какого-либо фрагмента Природы? В работе [116] Г. Фреге можно найти более обстоятельный ответ на этот вопрос. Здесь же ограничимся кратким замечанием.

Денотаты слов предложения определяют денотат предложения, которым является значение истинности. Если какое-либо имя в предложении не имеет денотата, но может иметь смысл, то истинностное значение такого предложения установить невозможно, хотя смысл его установить можно (разд. 7.4). В гуманитарных текстах допустимы предложения, имеющие смысл, но не имеющие истинностного значения, если текст имеет целью воздействовать

только на эмоцию реципиента. Но имеет ли денотат термин «эмоция»?

Эмоции влияют на мышечные движения или состояние эндокринной системы. И то и другое — материальные процессы. Следовательно, денотатом термина «эмоция», если этот термин используется в научном тексте, может быть либо материальный процесс в некотором нервном образовании, либо состояние такого образования. Пока точно не установлен адекватный денотат термина «эмоция», можно пользоваться любой иллюзией, не противоречащей принципам материалистической диалектики и известным фактам. Нейрофизиологи обнаружили в структуре мозга, называемой лимбической системой, замкнутые нейронные цепи, реверберация, т. е. циркуляция, возбуждения в которых сопровождается положительными или отрицательными эмоциями [113, с. 785]. Таким образом, можно считать, что термин «эмоция» обозначает замкнутую цепочку нейронов. Возбуждение некоторых цепочек происходит при обнаружении соответствующих противоречий субъекта, что и мобилизуют его ресурсы на действия по изменению ситуации, а возбуждения в других цепочках соответствуют полному блаженству и стимулируют действия по сохранению следов ситуации. Удовольствие и наркотическое одурманивание, вероятно, имеют отношение к эмоциям.

«Центр “удовольствия”, “самостимуляции”, “наркотического пристрастия” был открыт у крыс с вживленными в мозг электродами ... Свободно перемещаясь в клетке, крыса имела возможность, нажимая клавишу, раздражать электрическим разрядом определенные ядра своего мозга. При нахождении электрода в определенных структурах, крыса была не в состоянии отказаться от самостимуляции: она нажимала клавишу до 1000 раз, пока не падала в изнеможении» [72, с. 154].

Научные тексты имеют целью возбуждать в мозгу реципиента адекватную, с точки зрения автора, модель Природы, независимо от вызываемых эмоций. В такие тексты не должны входить предложения, не допускающие установления их истинностных значе-

ний, даже если они порождают в мозгу реципиента очень приятные эмоции.

Таким образом, если термин «психический процесс» используется в научном тексте, реципиент текста должен обозначать этим именем то же, что и автор текста. Иначе текст в голове реципиента не возбудит такую же картину фрагмента Природы, как в голове автора текста.

Денотатом термина «психический процесс» будем считать абстракцию, возникающую в мозгу психолога по результатам его наблюдения за проявлениями скрытых физиологических процессов, происходящих в мозгу испытуемого субъекта. Психолог не может наблюдать в мозгу испытуемого психические процессы, поскольку их там нет, многие физиологические процессы скрыты и от психолога и от физиолога, но результаты работы некоторых физиологических процессов мозга проявляются в мышечном движении испытуемого, а поэтому наблюдаемы. Основанием изложенной гипотезы могут являться истории возникновения и развития идей психоанализа, опубликованные доктором З. Фрейдом [117].

Познание психолога развивается по общему закону от видимости явления к его к сущности. Но это движение в его мозгу не контролируется скрытым физиологическим процессом наблюдаемого явления, а осуществляется механизмом формирования иллюзий, который мешают факты и выдумку. Вероятно, это явилось причиной появления следующего текста [91, с.23], противоречащего всем принципам диалектического материализма:

«В современной психологии как области человекознания все более активно обсуждаются проблемы духовной основы мира без противопоставления светского и религиозного подхода к духовности. Признание духовной основы мира и системности мироздания расширяет возможности познания феномена человека. Создает предпосылки к новому пониманию того, что деятельностью мозговой коры мышление не ограничивается и в ней не заканчивается (В. Ф. Войно-Ясенецкий, 1978), что коллективное бессознательное содержит психический материал, не возникающий в личном опыте (К. Юнг, 1994), что судьбой народа руководят в большей степени умершие поколения, чем живущие (Г. Лебон, 1995), что духовная

сфера человека открыта не только энергии Земли и космоса, но и духовной сфере более высокого порядка (В. Д. Шадриков, 1996). Это позволяет высказать предположение о существовании психосферы как единства духовной сферы Земли и духовной сферы более высокого порядка».¹

Воистину: «Все новое — это хорошо забытое старое». Приведенный текст возрождает теорию идей Платона и объективный дух Гегеля [93] в новой терминологии, заменяя «созданный богом мир идей» «духовной основой мира».

При обсуждении проблем моделирования ЕИ мы должны использовать достижения «человекознания», в том числе и добытые психологически. Деятельность мозга человека хорошо скрыта Природой. К сожалению, наблюдения за видимыми проявлениями скрытых физиологических процессов, например речи, — единственный источник знаний о деятельности мозга. Каждый психологический эксперимент — это эксперимент над физиологическим процессом, в результате которого возможно получение каких-либо сведений о работе мозга. Но следует остерегаться смелых психологических обобщений. По этой причине мы не будем руководствоваться гипотезами, содержащимися в приведенном изречении.

Если принять гипотезу, что «деятельностью мозговой коры мышление не ограничивается», то в модель ЕИ надо включать Бо-

¹ Литература, на которую ссылаются авторы в этой выдержке [91]:
Л е б о н Г. Психология народов и масс. СПб.: Макет, 1995. С. 314; Ю н г К. Г. Проблемы души нашего времени. М.: Прогресс, Универс, 1994; Психология бессознательного. М.: Канон, 1994; Ш а д р и к о в В. Д. Духовные способности. 2-е изд. М.: Магистр, 1996. С. 104.

жий промысел, либо Космический Разум, либо «психосферу как единство духовной сферы Земли и духовной сферы более высокого порядка». Но такая затея безнадежна. Неудачна и гипотеза о том, что «судьбой народа руководят в большей степени умершие поколения, чем живущие». Конечно, с этой гипотезой следует согласиться в том смысле, что живущим полезно учиться на ошибках умерших. Не зря Б. Наполеон как-то заметил: «Дураки учатся на собственных ошибках, а умные — на ошибках других». По этой гипотезе вместо моделирования ЕИ живущих нужно искать контакты между «по сю сторону» и «по ту сторону» мирами. Искать дополнительные контакты кроме тех, которые дает письменность и археологические находки; контакты между тем, что «дано нам в ощущении», и тем, что не «дано нам в ощущении». Но прежде необходимо осмыслить, что обозначает модный термин «судьба». Обычно «судьбой» человека обозначают заранее предписанную последовательность событий, в которых человек куврыкается, как игрушка. Если предписание составляют мертвецы, то нужно моделировать их ЕИ, а не ЕИ живых людей, для которых собственный ЕИ бесполезен, поскольку они живут по заданному мертвецами предписанию. Остальные гипотезы в приведенной выдержке столь же бесполезны для моделирования ЕИ живых людей.

Гипотеза К. Г. Юнга о существовании «коллективного бессознательного» [134] интересна тем, что она подтверждает открытый Гегелем и материалистически интерпретированный Энгельсом закон о совпадении, а точнее, об аналогии, законов развития познания-системы и познания-элемента (разд. 1.7.). Используя выражение «родовой опыт» вместо выражения «коллективное бессознательное», М. М. Розенталь пишет по этому поводу:

«Родовой опыт познания образно можно назвать “коллективной головой”, “коллективным разумом”, человечества, ввиду этого в индивидуальном процессе познающей деятельности современного человека не может не быть совпадения в главных моментах логики и истории познания. Ибо в голове отдельного человека закреплен и “сгущен” опыт “коллективного разума” человечества» [98, с. 176].

Гипотеза К. Г. Юнга предполагает передачу по наследству в процессе филогенеза навыков, приобретенных предшествующими поколениями последующим поколениям. Но по наследству передаются молекулы, а не психологические процессы. На поведение каждого индивида в коллективе влияют неосознаваемые знания, приобретенные далекими предками и фиксированные морфологией и физиологией. Если у членов коллектива общий предок, то коллектив проявляет «коллективное бессознательное». Физиологи подсознательные навыки называют «инстинктами» [113, с. 779] и объясняют сложными комплексами взаимосвязанных врожденных рефлексов. Вероятно, «коллективное бессознательное» в форме инстинктов послужило базой для возникновения сознания и речевого общения в трудовых коллективах.

Авторы учебника [91] указали барьер между физиологическим и психическим, но, к сожалению, не там, где он существует.

«Однако при рассмотрении психической деятельности сразу же обнаруживаются серьезные ограничения применения как системотехнического, так и анатомо-физиологического вариантов системного подхода. Причина, прежде всего, в том, что психический процесс принципиально не может быть сведен к нервному процессу. Применительно к осуществлению высших психических функций нет возможности соотнести их с какой-то определенной анатомо-физиологической целостностью как системой управления, а стало быть, с уверенностью говорить о физиологических коррелятах» [91, с. 47].

Два истинных и одно ложное утверждение содержит эта выдержка. Во-первых, «системный подход» не гарантирует от «серьезных ограничений». Никаких других «подходов» нет (гл. 3). Все ложные теории созданы в результате «системного подхода». Во-вторых, действительно, «психический процесс принципиально не может быть сведен к нервному процессу», если игнорировать материальный образ в мозгу психолога наблюдаемого поведения испытуемого.

Если верить принципам материалистического монизма и первичности мира относительно сознания, то нельзя не признать, что

психический процесс — это абстракция, возникающая в мозгу психолога после наблюдения видимых проявлений скрытого нервного процесса, протекающего в другом мозгу, в мозгу испытуемого. Нервный процесс в мозгу испытуемого и вызванный им образ в мозгу психолога, именуемый «психическим процессом» — это различные материальные явления, расположенные в разных местах и в разное время. В мозгу испытуемого никаких «психических процессов» появиться не может. Уже в силу этого обстоятельства они никуда не сводимы. Мозг может работать только с объектами, которые «даны в ощущении». Вероятно, можно утверждать, что психический процесс — это модель (очень поверхностная), сложившаяся в мозгу психолога, нервного материального процесса в мозгу испытуемого. Но модель объекта и объект не «сводятся» один к другому, поэтому утверждение авторов истинно.

Поиск соотношений «психических функций» и их коррелятов авторы приведенной выдержки вывернули наизнанку с точки зрения познания Природы. Задача познания мозга состоит в создании адекватных психологических толкований каждой «определенной анатомо-физиологической целостности как системы управления», а не в поиске коррелятов психологическим иллюзиям. К счастью, нейрофизиология действует правильно. «Анатомо-физиологические целостности» появлялись в мозгу в эволюции не ради озорства, а для выполнения необходимых для жизни функций, которые следует описывать хотя бы в психологических терминах. Кстати, исследователь компьютера тоже не сможет соотнести вычисление решения дифференциального уравнения с какой-либо определенной электронной «целостностью как системой управления». Всеми вычислениями управляет одна и та же целостность, а каждое вычисление — физический процесс.

С позиции принципа материалистического монизма нельзя говорить о психических процессах в мозгу, но можно, и не без пользы, использовать психологический стиль, или психологический метод, описания нейрофизиологических процессов.

«Пользуясь оптимистической метафорой Хебба, имеет смысл строить мост между нейрофизиологией и психологией при условии твердой опоры на обоих концах, даже если середина этого моста будет при этом несколько шаткой» [16, с. 32].

Работа мозга человека демонстрирует явления, многие из которых современная наука не может объяснить с позиции принципов диалектического материализма. К сожалению, доступ наблюдать работу мозга для исследователей почти полностью закрыт. Отсутствие материалистического объяснения явления некоторые воспринимают как основание относить это явление к «чуду», а другие — к «психологической деятельности» мозга. Все знакомо с болью. Но что такое боль от укола иглы? Это физиологическое явление или психологическое?

«Несмотря на важность проблемы боли для медицины (ведь именно боль, лишая больного покоя, заставляет обратиться к врачу), только в последние два десятилетия появились исследования, позволяющие сформулировать научно обоснованную концепцию болевой сенсорной системы. Однако и сегодня многие аспекты этой проблемы еще далеки от решения» [113, с. 165].

Еще хуже обстоят дела с более сложными явлениями, такими как восприятие, представление, внимание, воля и т. д.

А. А. Богданов замечает:

«Что же касается продуктов стихийных сил природы, то здесь живой “организации” противопоставляется мертвый “механизм” как нечто по существу иное, отделенное непроходимой пропастью. Между тем если внимательно исследовать, как применяется в самой же науке понятие “механизм”, то пропасть немедленно исчезает. Всякий раз, как в живом организме удастся *объяснить* какую-нибудь его функцию, она уже рассматривается как “механическая”. Например, дыхание, деятельность сердца долго считались самыми таинственными явлениями жизни; когда удалось понять их, они стали для физиологии просто “механизмами”. То же случилось и с передачей нервных возбуждений от органов чувств к мозгу и от мозга к мускулам, когда выяснился электрический характер нервного тока. Между тем разве все эти функции перестали быть частью организационного процесса жизни, его необходимыми и существенными

моментами? Конечно, нет. “Механическая сторона жизни” — это просто все то, что в ней объяснено. “Механизм” — *понятая организация*, и только. Машина потому “не более, как механизм”, что ее организация выполнена людьми и, значит, принципиально им известна. И собственное тело — “не простой механизм” для современного человека по той же самой причине, по которой часы для дикаря или младенца — не мертвая машина, а живое существо» [13, Кн.1, с. 99].

Принцип познаваемости диалектического материализма укрепляет веру в то, что со временем выражение «организация психического процесса» будет заменено выражением «физиологический механизм психического процесса» и появятся такие выражения, как «физиологический механизм боли», «физиологический механизм эмоции», «физиологический механизм ощущения» и даже «физиологический механизм мышления».

«Меня не покидает мысль, что когда-нибудь будет построена удовлетворительная теория сознания — удовлетворительная в смысле логической последовательности и физической приемлемости, чудесной согласованности с другими физическими знаниями»[75, с. 24].

В кибернетике метод, применяемый психологией для изучения своего предмета, получил название «метод черного ящика». Это универсальный метод, используемый всеми научными дисциплинами, поскольку познание развивается от явления к сущности. Но естественные науки дополняют метод черного ящика измерениями. Собственно, с измерений началась объективная наука о Природе, поскольку измерения ограничивают субъективизм и фантазию. Только измерения дают возможность объективно сравнивать явления Природы и устанавливать их воспроизводимость, что необходимо для обоснования гипотез о внутренности черного ящика. К сожалению, психология не располагает методами измерения. Никто не додумался, как измерять результаты интроспекции. Описанные в литературе психологические эксперименты, например в [78, 79, 99], — это наблюдения за проявлениями скрытых физиологических процессов.

1.5. О пользе иллюзий

«Утверждение, что иллюзии — искаженное отражение, пожалуй, ни у кого не вызывает сомнений» [79, с. 117].

Это ошибочное мнение. Сомнение не возникает только у тех мудрецов, которые не задумываются над вопросом: что такое «искаженное отражение»? Гносеология допускает существование искаженных отражений, поскольку высказывания о Природе могут быть истинными и ложными. Онтология не допускает существования искаженных отражений. Естественные науки еще не обнаружили в Природе «искаженных», или, точнее, «искажающих», физических взаимодействий. Даже искажающие призмы на глазах человека создают изображение предмета на его сетчатке по законам оптики, без каких либо отклонений, что и дает возможность человеку адаптироваться к ношению очков с такими призмами.

Процесс восприятия при неблагоприятных условиях для органов чувств может создавать неадекватный образ воспринимаемого объекта. Но это не результат «искаженного отражения», а ошибка предсказания, которое происходит в процессе восприятия на основе усвоенной организмом вероятностной структуры окружения [16]. Усвоение этой структуры происходит в ходе обучения организма путем распределения признаков возбуждающих стимулов по категориям, используемым процессом восприятия. Усвоенное распределение признаков может совпадать с вероятностной структурой окружения, но может и отличаться от таковой. Вероятностное предсказание принадлежности входного стимула к какой-либо категории может быть ошибочно. Ошибку может вносить и расхождение усвоенного распределения признаков по категориям с вероятностной структурой окружения. Таковы причины возникновения иллюзии воспринимаемого объекта, которая исправляется в ходе практических действий с ним.

По мнению Дж. Брунера [16, с. 84], которое частично совпадает с гипотезой, изложенной в разделе 4.3, восприятие происходит

циклически и включает три этапа. Начинается восприятие с «ожидания, или гипотезы» о воспринимаемом. На втором этапе происходит «прием информации из окружающей среды».

«Третий этап цикла — процесс проверки или подтверждения. Доходящая до субъекта информация либо подтверждает данную гипотезу, согласуется с ней, либо оказывается в той или иной степени несоответствующей, опровергающей ее. Если подтверждения не наступает, гипотеза изменяется. Направление изменений определяется, с одной стороны, внутренними, связанными с установкой личности факторами опыта, а с другой — обратной связью от результатов предыдущего, частично неудавшегося этапа проверки информации».

Почему проблема иллюзии должна беспокоить творцов ИСУ? Потому что творческая работа ЕИ, т. е. создание модели Природы, начинается с создания иллюзии. Об этом говорит история всех научных достижений — и «физиков», и «лириков». Напомним несколько фактов.

Глубокий след в математике оставила ложная иллюзия Рене Декарта (1596 — 1650) об универсальном методе для решения всех задач. Многие светлые умы пытались претворить эту иллюзию в жизнь. В 1900 г. великий немецкий математик Давид Гильберт на Парижском конгрессе математиков повторил ее, после чего она получила наименование «десятая проблема Гильберта».

«Проблема, поставленная Гильбертом, состояла ни больше, ни меньше как в отыскании универсальной алгоритмической процедуры для решения математических задач или, вернее, ответа на вопрос о принципиальной возможности такой процедуры» [75, с. 44].

Иллюзия Колумба повлекла его в путешествие, которое уточнило знания о Земле. Эта иллюзия содержала истинный элемент (Земля — шар, а Индия расположена на западе от Португалии) и ложный элемент (в Индию нужно плыть на запад от Португалии).

Иллюзия теплорода привела к открытию второго начала термодинамики:

«Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». Таково было название знаменитого труда Сади Карно (1824 г.). Труд Карно — это труд гения ...

Нам известно (но не было известно Карно), что суммарное количество работы, произведенной тепловой машиной над источником работы, имеет своим эквивалентом равное количество теплоты, суммарно полученной машиной ...

Карно придерживался, когда писал свой труд, гипотезы о вещественной природе теплоты. ...

Устанавливая эквивалент количества работы, произведенной тепловой машиной, Карно проводил аналогию между падением воды и переходом теплоты. ... Карно уподобил теплоту воде, разность температур — разности высот, и тепловую машину — мельнице. После совершения работы сохраняется масса воды, только на низшем уровне; сохраняется количество теплоты, только при меньшей температуре. Сравнение ошибочно, но идея о необходимости двух температур верна и гениальна. ...

По Карно, для производства работы тепловой машиной необходим переход теплоты от источника более высокой температуры к источнику более низкой температуры. Это второй общий для всех систем закон» [52, с. 144 — 146].

Не обходятся без иллюзий и другие разделы физики.

«Как хорошо известно, Альберт Эйнштейн часто утверждал: “Время — это иллюзия”. И действительно, время в том виде, как его описывают фундаментальные законы физики от классической ньютоновской динамики до теории относительности и квантовой физики, не содержит никакого различия между прошлым и будущим. И поныне символ веры многих физиков заключается в убеждении, что на фундаментальном уровне описания природы стрела времени не существует» [89, с. 9].

Многие иллюзии долгое время остаются таковыми и даже передаются от поколения поколению в качестве непререкаемых предрассудков. Иллюзии и стремления выявлять причинно-следственные отношения между событиями Природы, необходимые для управления поведением человека, послужили источником всех религий:

«В глубокой древности все, что человек не мог в мире объяснить простыми причинами, он относил за счет таинственных и могущественных сил — богов.

Спрашивается: почему гремит гром и бьет из тучи в тучу молния? Очень просто: это боги воюют между собой там, за облаками.

Неведомо, почему море половину суток приливает к земле, а половину уходит от нее вдаль. Должно быть, воду гоняет морское божество.

...

Бог, можно прочесть в Библии, сотворил весь мир из ничего ровно в шесть дней. Но сделал он это не сразу.

Он начал с того, что с к а з а л: «Да будет свет!». И стало светло.

По этому рассказу можно понять, что бог произносил еврейские слова в то время, когда еще не было не только еврейского народа, но и человека вообще, и даже самой Земли. Волшебным образом он умел уже, так сказать, «заранее» говорить по-древнееврейски, знал еще несуществующий язык. Затем, устраивая отдельные части мира, бог придумывал им разные подходящие названия, по-видимому, тоже все на древнееврейском языке. «И назвал бог свет “днем”, а темноту — “ночью”». Получается, что первый человеческий язык был непосредственно создан божественной силой»[111, с. 90].

На Земле проживали и проживают многие народы и народности, большие и малые, но антропологи не нашли среди них таких, которые не изобрели бы своей религии. Это дает основание полагать, что свойство человеческого мозга, создавая свою умозрительную модель Природы, начинать с иллюзий, или фантазий, является универсальным и всеобщим и даже необходимым. Возможно, это наследуемое свойство. Не случайно в процессе филогенеза возник в мозгу человека, а возможно и в мозгу животных, механизм создания иллюзий. Иллюзии необходимы мозгу для управления деятельностью организмом. Хорошо, если мозг знает причину конфликта организма и среды, что дает возможность ему выработать правильное разрешение конфликта и даже предсказать его последствия. А что делать мозгу, если нет знания о причине конфликта? Единственная возможность — использовать метод «проб и ошибок». Но в этом методе число «проб» может оказаться бесконечным, и, чтобы не погрязнуть в них, необходимо какое-то ограни-

чение. Это ограничение — хорошее или плохое — и создает иллюзия.

Иллюзия — это начальный уровень антиципации, т. е. предсказания, способа разрешения возникшего противоречия. Это попытка ЕИ ответить на вопрос: «Какова причина существования воспринимаемого фрагмента Природы?». Ответом может быть: «Бог», Информационное Поле или психический процесс. Но иногда появляются и такие догадки, как «Закон всемирного тяготения» или «Градиент концентрации», сопровождаемые восторженным возгласом «Ага!» носителя ЕИ.

Иллюзия формируется не на пустом месте, а на базе «здорового смысла» [85, с. 41], т. е. опытных знаний, которые приобретаются организмом в онтогенезе, а возможно, и видом в филогенезе. Даже иллюзия о божественном происхождении молнии возникла на основании знания, что каждое явление Природы должно иметь причину. Это подтверждает гипотезу о том, что материалистический принцип индетерминизма является врожденным и передается по наследству. Успех исследования С. Карно состоял в том, что его иллюзия обобщала свойства движения воды и теплоты — совершенно ни в чем не схожих фрагментов Природы. Вероятно, основная функция процесса формирования иллюзий и состоит в том, чтобы угадывать общее в различном. Иногда такое угадывание имеет физические основания, иногда — нет.

Иллюзия — начальный уровень «смещения разумного и мистического». В историческом плане с него начиналась всякая научная дисциплина. В ходе проверки «проб» мозг отсеивает ложные элементы иллюзии и запоминает правильные, т. е. те, которые способствуют или мешают успешному разрешению конфликта. Тем самым развивается понимание Природы.

К сожалению, иллюзии формируются мозгом на подсознательном уровне и этот процесс не подвержен интроспекции. Но некоторые иллюзии достигают уровня сознания и приобретают форму суждений, на основании которых ЕИ может формировать речевые высказывания. Неосознанные иллюзии не могут участвовать в та-

ких процессах. Иллюзию, выраженную речевым высказыванием, называют гипотезой, а «гипотезы — это сети науки, с помощью которых наука вылавливает истину», как отметил кто-то из творцов науки. Наука развивается путем выдвижения и опровержения гипотез.

«...Предположим, например, что я ищу в шкафу книгу. Я думаю: “Она может быть в этом шкафу”, — и продолжаю искать; но я не думаю: “Она находится в этом шкафу”, — пока я ее не увижу.

Мы обычно действуем согласно гипотезам, но не совсем так, как мы бы действовали согласно тому, что считаем несомненным фактом. Ведь когда мы поступаем согласно гипотезам, то неустанно ищем новые доказательства» [93, с. 905].

Можно считать, не нарушая принципов диалектики, что знание фрагмента Природы, создаваемое ЕИ, — это совокупность иллюзий, т. е. гипотез, об этом фрагменте, для которых не найдено или не получено опровержение [85]. Опровержение иллюзии может быть эмпирическим и логическим. Эмпирическое опровержение — это обнаружение противоречия между иллюзией и опытом. Логическое опровержение — это логическое противоречие между суждениями, извлеченными из иллюзии.

Гештальтпсихология впервые экспериментально установила, что при восприятии объектов Природы мозг сравнивает воспринимаемую стимуляцию и заготовленный заранее «гештальт». Эта точка зрения подверглась ожесточенной критике за объяснения, откуда берется этот гештальт. Теперь можно предположить, что гештальт — иллюзия, порождаемая памятью опыта, приобретенного организмом в фило- и онтогенезе. Эта память не бывает пустой даже у новорожденных, о чем говорит множество врожденных безусловных рефлексов, т. е. рефлексов, передаваемых потомкам геномами клеток.

«И я утверждаю, что в этом смысле мы в какой-то мере обладаем врожденным знанием, которое, если и не вполне надежно, все же может служить отправной точкой. Если это врожденное знание, эти врожден-

ные ожидания не оправдываются — это и есть наши *первые проблемы*, и можно сказать, что дальнейший рост наших знаний состоит из изменений и исправлений нашего первоначального знания» [85, с. 250].

1.6. Материальность мысли

Если мысль — продукт деятельности ЕИ, то утверждение о материальности мысли логически следует из принципа материалистического монизма. Автору настоящих строк не известны какие-либо эмпирические факты, опровергающие эту гипотезу, кроме невозможности непосредственно или инструментально наблюдать мысль. С другой стороны, гипотеза о нематериальности мысли противоречива и логически, и эмпирически. Если мысль не материальна, то она — дух, поскольку ничего третьего человечество не придумало. Но всякому известно, что мысль управляет поведением человека, движением его мышц. Материальные мышцы должны ощущать мысли для того, чтобы человек мог произносить что-либо вразумительное, хотя эти ощущения не поднимаются до уровня сознания. Таким образом, духовная мысль дана человеку в ощущении, т. е. материальна.

Многие исследователи, даже не разделяя веру в принцип материалистического монизма, пытаются обнаружить материальные следы памяти, а следовательно, и мысли [1, 56]. В биохимических процессах механизмы памяти имеют большое значение. Например, молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в каждом организме — это громадный объем памяти, накопленный предками о том, как нужно строить анатомию и физиологию организма адаптированными к среде обитания. Каждая молекула белка, работающая катализатором, точно помнит конструкции реагентов катализируемой реакции.

Есть веские основания полагать, что модель окружающей организм Природы, т. е. все отношения между возбуждениями на периферии организма, именуемые нейрофизиологами «проксимальными стимулами», фиксируются структурой молекул ДНК и рибо-

нуклеиновой кислоты (РНК) нейронов и/или нейроглии некоторых отделов мозга.

Живой организм — открытая система. Жизненные параметры его, например, температура тела, объем циркулирующей крови и так далее, пребывают в допустимых пределах только благодаря потоку материи (а вместе с ней и потоку энергии) через организм, только благодаря изменениям и обновлениям всех материальных компонентов организма. Всех материальных компонентов организма, кроме нуклеотидной последовательности молекул ДНК в клетках. Конечно, вездесущее движение Природы и в этом случае пытается повышать энтропию, но в эволюции жизни возникли механизмы управления, препятствующие этому. И пока эти механизмы справляются со своей задачей, конструкция молекулы ДНК сохраняется стабильной. В противном случае ветвь развития организма исчезает из Природы.

Если организму необходимо зафиксировать в памяти «на всю оставшуюся жизнь» игру проксимальных стимулов, с которой он встретился в раннем детстве, то где он будет ее фиксировать? Не в тех же материальных системах, состав и структура которых текут. Скорее всего, опыт организма фиксируется в конструкциях молекул ДНК, стабильность которых такова, что их обнаруживают даже в египетских мумиях. Но не в любых клетках организма, а в основном в тех, которые подвержены больше всего воздействиям проксимальных стимулов, т. е. в нейронах и, возможно, в нейроглии. Эти клетки не участвуют в процессах размножения, поэтому, вероятно, накопленный организмом индивидуальный опыт, к сожалению (а возможно, и к счастью), не передается по наследству. Хотя вертикальная походка человека — это наследуемый результат действия проксимальных стимулов на организмы предков. Ряд ученых, в том числе Э. Шредингер [130] и Э. М. Галимов [21], дополнили пассивную эволюционную теорию Дарвина механизмом передачи приобретенных навыков потомству.

Все поведение любой живой клетки и все свойства ее плазматической мембраны — электрические, химические, сенсорные —

определяются ее фенотипом — химическим составом протоплазмы [23, 103]. А фенотип клетки — это динамическая неравновесная стационарная химическая система, образованная совместно активностью генотипа (множества всех молекул ДНК) клетки, с одной стороны, и внешних воздействий — физических и химических — на клетку, с другой. Ее устойчивость осуществляется регуляцией экспрессии генов, т. е. интенсивности их активизации (гл. 5). Не могут изменяться пути проведения электрических импульсов в мозгу без изменения генной активности молекул ДНК в каких-то клетках.

«В наших опытах синтез ДНК в неокортексе и мозжечке крыс на разных стадиях изучался у трех групп животных: с выработанными условными рефлексам, с получающими условные и безусловные раздражители в случайном порядке (активный контроль) и у интактных животных.

Анализ результатов показал, что выработка условных рефлексов сопровождается значительной интенсификацией синтеза ДНК в неокортексе, синтез ДНК в мозжечке при этом существенно не менялся. Оказалось, что индукция синтеза ДНК в неокортексе приурочена в основном к периоду выработки условного рефлекса и первым часам его сохранения. Она коррелирует с обратимым повышением уровня метилирования ДНК мозга при обучении. Опыты показали, что отмеченная индукция синтеза ДНК при обучении связана главным образом с нейрональными элементами неокортекса» [107, с. 142].

По-русски «неокортекс» — «новая кора», а «интактное животное» — животное, не подвергавшееся экспериментальным воздействиям.

В среде бактерий, таких как кишечная палочка *Escherichia coli* (*E. coli*), генетики обнаружили явление, которое назвали «конъюгацией» и которым успешно пользуются в экспериментах по конструированию искусственных молекул ДНК.

«При конъюгации осуществляется прямой перенос ДНК из одной клетки в другую при их контактировании. В тех случаях, когда конъюгация происходит между определенными штаммами *E. coli*, один из них выполняет функции донора, другой — реципиента. Хромосомная ДНК донорной клетки переходит в клетку реципиента по мостику, образуемому между двумя клетками. Полный перенос ДНК осуществляется при-

мерно за 90 мин., однако в случае повреждения мостика конъюгация прерывается и перенос хромосомы оказывается неполным» [103, т.1, с. 197].

Зачем нужна конъюгация между клетками печени, если все они почти тождественны? Другое дело клетки мозга (нейроны и клетки нейроглии), если опыт общения организма и среды обитания фиксируется в конструкциях их молекул РНК и ДНК. Конъюгация в этом случае пролила бы некоторый свет на процессы мышления на молекулярном уровне. Например, на тот факт, что нейрофизиологи не обнаружили в мозгу «нейрон моей бабушки», что побудило выдвинуть гипотезу о распределенной памяти [88, с. 160]. Но нет сведений о явлении конъюгации между клетками многоклеточных органов. Однако можно полагать, что в процессе филогенеза она не только сохранилась, но и усовершенствовалась, если хоть как-то была полезна организму. Возможно, что образом бабушки в мозгу внука является не нейрон, а, согласно гипотезе Е. А. Либермана [56], специфическая нуклеотидная последовательность, встроенная в геномы многих клеток.

Ничего не известно о механизме связи «стимул—нейронная ДНК». Возможно, это только иллюзия. Но мы примем гипотезу, что мысли, знания — это сегменты молекул ДНК каких-то клеток, по той причине, что из этой гипотезы следует: мысли, знания — материальны. Иллюзия — рудимент знания. ЕИ начинает общение с неизвестным фрагментом Природы с иллюзии о нем и преобразует ее в знание. Вероятно, в скором будущем нейрофизиология и биохимия обнаружат ложность принятой нами гипотезы, но сегодня ее польза в том, что она препятствует в контексте онтологии Природы манипуляциям с «идеальными образами материального мира».

Конечно, можно предложить альтернативную гипотезу, и не одну. Кроме макромолекул, в клетках существуют и надмолекулярные структуры. М. Эйген и П. Шустер предположили существование в клетках гиперциклов [132]. Статистические расчеты показывают, что гиперциклы более устойчивы к разрушительному воздействию теплового движения, чем отдельные макромолекулы. Гиперцикл — это замкнутая цепь активных звеньев. Каждое звено об-

разовано молекулой РНК и белковым ферментом, катализирующим репликацию (копирование) молекулы РНК. Фермент поставляется предыдущим звеном гиперцикла. Молекула РНК текущего звена транслируется в рибосомах в белковый фермент для следующего звена гиперцикла. Гиперциклы проявляют самовоспроизведение и мутабельность. Результаты моделирования динамики популяций гиперциклов приведены в [97].

Гиперциклы могли бы быть удобными образами визуального гомоморфизма. Во-первых, если допустить, что молекула РНК в звене гиперцикла может содержать коды нескольких ферментов, то гиперцикл — это не плоский, а многомерный граф. Во-вторых, гиперцикл — это не только структура в пространстве, но и структура во времени, поскольку может использовать тот же механизм, что и часы Белоусова — Жаботинского [70]. Для управления поведением, т. е. распределением действий в пространстве и во времени, мозгу необходима пространственно-временная модель Природы.

Мысли, т. е. какие-то материальные системы, мозг использует как знаки для физической связи участков мозга через пространство и/или время. А это значит, что природа знака, т. е. мысли, не содержит ничего от обозначаемого и ничего от результата интерпретации. Чтобы установить, что обозначает знак, нужно исследовать процесс генерации знака, т. е. выяснить гомоморфизм, образом которого является знак. Чтобы установить результат интерпретации знака, нужно выяснить образ другого гомоморфизма, прообразом которого является знак. Оба гомоморфизма реализуются системами ферментативных химических реакций.

Физиологи установили, что в центральной нервной системе человека 10 % нейронов и 90 % клеток нейроглии. Этот факт ставит под сомнение распространенную гипотезу о том, что основную работу мозга выполняют только нейроны, а 90 % клеток предназначены для вспомогательных функций.

«Общей функцией этих клеток является создание опоры для нейронов, их защита и “помощь” в выполнении специфических функций» [113, с. 82].

Вероятно, это мнение сложилось в результате хорошо наблюдаемой электрической активности мембран нейронов, которой лишены мембраны клеток нейроглии, почему их активность и не наблюдается. Но плазматические мембраны живых клеток — это управляемые генотипом клетки интерфейсы между внешней и внутренней средами. Через мембраны клетки обмениваются не только питанием и энергией, но и информацией.

«Химическое кодирование нервных проекций разного вида обеспечивают медиаторы, гормоны, нейропептиды. Они являются крайне необходимыми для эмбрионального развития, для выживания клеток разного типа и чрезвычайно разнообразны по действию. ...Система действия каждого медиатора, нейропептида включает в себя, по меньшей мере, ферменты синтеза, внутримембранные молекулы “транспортёров” (обратного захвата), мембранные рецепторы и внутриклеточные “вторичные посредники” ... Как любой полипептид, все эти молекулы ген предопределяемые производные. Нейронное переключение сильно зависит, а в отдельных случаях и предопределяются взаимодействием от гена одного нейрона к гену другого. Возможно, в будущем взаимодействие нейронов можно будет рассматривать как иерархию генетических программ нейронов» [72, с. 6].

«Нервными проекциями» авторы называют информационные связи между клетками. Таким образом, «химическое кодирование», во-первых, не исключает участие клеток нейроглии в основных функциях мозга и, во-вторых, допускает информационные связи между клетками значительно более объёмные, чем электрическая импульсация.

1.7. Естественный интеллект

В литературе нет единогласия по интерпретации термина «интеллект». Психологический словарь предлагает следующее определение:

«Интеллект (от латинского *intellectus* — понимание, познание) — в широком смысле совокупность всех познавательных функций индивида:

от ощущений и восприятий до мышления и воображения; в более узком смысле — мышление.

Интеллект — основная форма познания человеком действительности» [90].

Бесполезность такого определения в том, что оно ссылается на неопределенные термины. Кроме того, «познание человеком действительности» — это действие, т. е. процесс. Форму этого процесса создает какой-то материальный механизм. Естественно полагать, что ИСУ должна быть моделью не формы процесса, а порождающего процесс таинственного механизма.

В жизни человек определяет наличие интеллекта, т. е. разума, у своего коллеги по его поведению. Похожий метод, называемый «тестом Тьюринга», предложил Тьюринг для определения интеллекта у компьютера [108]. Воспользуемся и мы житейским опытом и определим денотат термина «естественный интеллект» (ЕИ) по результату его работы. А результатом работы ЕИ, или, просто, разума, является адекватное (разд. 11.1) в окружающей среде поведение индивида. Поэтому примем

Определение 1:

Интеллект человека, называемый естественным, — это физиологический механизм мозга, управляющий адекватным поведением человека в Природе.

Термин «естественный интеллект», как и многие другие термины, в литературе можно встретить с различным смыслом: как физиологический механизм, как процесс, осуществляемый этим механизмом, как его свойство или как продукт этого процесса. Здесь выбран вариант «физиологический механизм» по той причине, что моделирование ЕИ — это моделирование физиологического механизма, а не его свойств.

Моделирование любой материальной системы состоит в том, что подбирается другая материальная система, некоторые системные свойства (разд. 3.3.) которой совпадают с некоторыми выделенными системными свойствами моделируемой системы, несмотря на существование различий по множеству иных свойств. Так,

компьютерная программа может использоваться в качестве модели маятника, образованного подвешенным грузом или электрической цепью с емкостью и индуктивностью. Это определяется тем, что изменения в машинном времени физических состояний процессора, управляемого программой, при некотором коэффициенте подобия тождественны изменениям во времени физических состояний маятника. В этом суть системообразующего фактора компьютера.

Модель системы не тождественна системе. Более того, она обязана отличаться от системы свойствами, которые делают ее более удобной для использования в управлении. Будем считать, что машинная модель ЕИ должна воспроизводить «познавательную функцию индивида», необходимую для управления его общением с окружением. Проблема этого моделирования в том, что денотат имени «познавательная функция индивида» еще необходимо найти.

Наблюдаемое поведение человека — это только результат работы верхушки айсберга, который образует полная многоуровневая система управления жизнедеятельности организма — от молекулярных процессов до общественной деятельности. Н. А. Бернштейн [9] выделил семь уровней управления мышечными движениями. В качестве основания классификации он использовал последовательность появлений в филогенезе сенсорных систем от тактильных до дистантных. Каждая сенсорная система возникала и развивалась для совершенствования обратной связи в управлении мышечными движениями. Это объективная классификация.

Но вряд ли можно найти объективные границы, разделяющие процессы управления на входящие в состав ЕИ и не входящие. Невозможно назвать причины возникновения таких границ и, вместо того, чтобы их искать, более полезно установить специфику управления, осуществляемого ЕИ. При этом следует помнить, что ЕИ имеет дело с Природой, живущей по законам диалектики, а не формальной логики.

Необходимость управления поведением организма обусловлена тем, что организм — открытая система. Чтобы открытая сис-

тема находилась в неравновесном стационарном состоянии, интенсивности потоков вещества, энергии и энтропии через нее должны находиться в строго определенных границах. А эти интенсивности определяются взаимодействием организма и окружающей среды, т. е. поведением организма.

В широком смысле процесс управления (гл. 10) должен оберегать управляемый объект от противоречий. Для этого необходимо выявлять противоречия, определять причины возникновения противоречий и находить способы их устранения. Выход интенсивности потока вещества или энергии за допустимые границы является биологическим противоречием, разрешить которое обязано ЕИ изменением поведения организма. Примем гипотезу академика П. К. Анохина о функциональной системе, которую создает мозг для разрешения возникшего противоречия [5, 6].

«Напомним, что функциональная система — это совокупность морфологически различных элементов организма, активность которых организована как единое целое для достижения какого-либо полезного приспособительного результата, который и является системообразующим фактором. Любой приспособительный результат — это такое соотношение организма со средой, которое способствует его выживанию и размножению» [107, с. 197].

«Приспособительный результат, который и является системообразующим фактором», — это, иначе, успешное разрешение встреченного противоречия, которое препятствует «выживанию и размножению». Таким образом, П. К. Анохин предполагает способность мозга отражать, т. е. управлять, на основе обратной связи (разд. 10.1): противоречие является причиной образования функциональной системы, т. е. организации деятельности морфологических элементов мозга, а функциональная система устраняет противоречие. Те же морфологические элементы, или часть из них, будут участвовать в функциональной системе для разрешения следующего противоречия.

Как мозг создает функциональную систему, на этот вопрос нет ответа. Возможно это одна из функций ЕИ, подлежащая моде-

лированию в ИСУ. Для нашего обсуждения важны действия функциональной системы. После обнаружения противоречия функциональная система:

- 1) заполняет иллюзиями пробелы знаний о Природе. Знания могут быть получены от предков по наследству (например, безусловные рефлексы), или приобретены как следствия индивидуального опыта (например, условные рефлексы);
- 2) сопоставляя текущие сенсорные восприятия с дополненными иллюзиями знаниями, синтезирует образ причины возникшего противоречия;
- 3) по образу причины противоречия синтезирует способ его устранения, т. е. цель управления;
- 4) прогнозирует будущее сенсорное восприятие результата реализации цели управления;
- 5) реализует цель управления;
- 6) сопоставляя прогноз с фактическим восприятием результата, определяет, разрешено ли противоречие или нет. Если противоречие разрешено, то действие функциональной системы прекращается; ее компоненты могут быть использованы в других функциональных системах;
- 7) выясняет расхождения и возможные причины расхождений между прогнозом и восприятием результата реализации цели;
- 8) предпринимает действия по устранению выявленных причин. Эти действия могут уточнять знания Природы, заменять иллюзии знанием, совершенствовать способы предсказания и сравнения умозрительных представлений, совершенствовать реализацию способа устранения причины противоречия.
- 9) повторяет свою работу.

«Надо обратить внимание на одну особенность функциональной системы, не укладывающуюся в обычные физиологические представления. Речь о том, что содержание результата, или, выражаясь физиологическим языком, параметры результата, формируются системой в виде определенной модели ... раньше, чем появится сам результат. Именно этот чудесный и реальный подарок природы всему живому на земле,

имеющий характер предсказания, отпугнул от себя даже гениальных экспериментаторов.

Вряд ли кто-либо из теоретиков павловского учения о высшей нервной деятельности обратил внимание на один, на первый взгляд, странный эпизод в генеалогии творческих приемов И. П. Павлова. Как известно, в 1916 г. смелый гений ученого замахнулся на самое тонкое и самое сокровенное в работе головного мозга — на цель поведения. Павлов назвал свое известное выступление по этому вопросу — “Рефлекс цели”.

Казалось бы, с этого момента должна была развернуться бурная исследовательская деятельность павловской лаборатории по этому физиологически, психологически и идеологически столь важному вопросу. Однако нам хорошо известно, что Павлов никогда больше на протяжении всей своей дальнейшей жизни к этому вопросу не возвращался. Почему?

Нам кажется, что причина ухода Павлова от важнейшей проблемы деятельности мозга заключается в том, что сам факт возникновения цели для получения того или иного результата вступает в принципиальное противоречие с основными чертами рефлекторной теории. Павлов, несомненно, думал и об этом, несомненно, видел и то, что, поставив проблему цели, он вынужден был бы значительно перестроить то грандиозное здание, которое с такой гениальной смелостью и настойчивостью строил всю свою жизнь.

Как известно, представление о рефлекторном процессе построено на нерушимом принципе поступательного хода возбуждения от пункта к пункту по всей рефлекторной дуге.

Наоборот, в формировании цели Павлов встретился с совершенно неожиданным принципом работы нервной системы. Здесь уже на начальных этапах распространения возбуждения создается модель конечного результата данного акта, т. е. раньше, чем закончится весь процесс формирования поведенческого акта, и раньше, чем будет получен сам результат.

Действительно, всякому человеку совершенно ясно, что цель к получению данного результата возникает раньше, чем может быть получен сам результат. Причем интервал между этими двумя моментами может равняться и минуте и годам...» [5, с. 31].

И далее:

«Как мы уже установили в начале статьи, для функциональной системы характерным является тот факт, что вопрос — какой результат должен быть получен? — решается внутри системы и на основе ее зако-

номерных механизмов. Это обстоятельство радикально отличает биосистему от самых сложных машинных устройств автоматической регуляции. Практически для всех машин цель поставлена за пределами машины, и для нее допускается лишь некоторая способность самоорганизации в процессе получения запрограммированного не ею результата. Биосистема даже очень простой иерархии сама, на основании своих внутренних процессов, принимает решение о том, какой результат нужен в данный момент ее приспособительной деятельности. Вопрос этот решается именно в стадии афферентного синтеза. ...

Мы предположили четыре решающих компонента афферентного синтеза, которые должны быть подвергнуты одновременной обработке с одновременным взаимодействием на уровне отдельных нейронов: доминирующая на данный момент мотивация, обстановочная афферентация, также соответствующая данному моменту, пусковая афферентация и, наконец, память» [5, с. 43]

Гипотеза о функциональной системе заключает важную мысль: познание — следствие управления. Сопоставление прогноза, т. е. антиципации, и афферентации результата предпринятого действия по разрешению противоречия — это отрицательная обратная связь (разд. 10.1), без которой невозможно управление в мире индетерминизма. Ошибки решений, стимулирующие действия функциональной системы, возможны при распознавании возникшего противоречия и на всех перечисленных шагах ее работы. Противодействия хаотическому детерминизму Природы предпринимаются на шагах 7 и 8.

Естественно, что приведенное описание действия функциональной системы не более чем гипотеза со многими белыми пятнами. Одно из интереснейших белых пятен — механизм угадывания по обнаруженному рассогласованию цели и результата того компонента, который необходимо модифицировать.

Можно предполагать, что действия функциональной системы происходят не в указанном порядке, а как-то распределено в пространстве и во времени оптимальным для мозга способом. Но его можно обобщать и вглубь и наружу. Обобщение вглубь допустимо потому, что действия каждого шага, как полагал П. К. Анохин, стимулируются возникновением специфического противоречия, для

разрешения которого создается своя функциональная система. Эта идея П. К. Анохина согласуется с идеей рекурсивных методов разрешения противоречий, реализованной в «Вычислителе для решения задач общего типа» [71].

Математики [43, с. 40] рекурсией называют способ определения отображения множества в множество последовательностью образов, в которой каждый из образов определяется через предыдущий образ. Рекурсия имеет неподвижную точку, если с некоторого шага образы в последовательности начнут повторяться.

Обобщение наружу допустимо в силу открытого Гегелем закона [133] об аналогии исторического развития знания-системы и логического развития знания-элемента.

«В чем же смысл этого закона? Кратко его можно сформулировать так: логика движения мысли в голове отдельного человека, в общем и целом, в сокращенном и “снятом” виде, воспроизводит логику исторического развития мышления, совпадает с ней» [98, с. 168].

В этой формулировке ближе к истине было бы, вероятно, обратное утверждение: “Логика исторического мышления” воспроизводит “движения мысли в голове отдельного человека”. Исторически вначале возникли знания-элементы, и только на их почве могла возникнуть знание-система, по законам развития аналогичная знаниям-элементам.

В случае знания-системы термины «прогноз» и «антиципация» заменяются термином «гипотеза». Так, обнаружение Б. Расселом противоречия в теории множеств Г. Кантора мобилизовало математиков на поиски разрешения этого противоречия. Возник ряд направлений в математической философии, среди которых три основных: формализм, платонизм и интуиционизм [44], но проблема не получила абсолютного разрешения.

В предложенном описании работы функциональной системы нетрудно усмотреть идею К. Р. Поппера [85] об эволюционно развиваемом знании путем «проб и устранения ошибок». Эта идея дополнена тем, что каждая ошибка расценивается как противоречие, для разрешения которого создается своя функциональная система.

Пользуясь математической терминологией, можно сказать, что работа функциональной системы мозга — это рекурсивная процедура, и как таковая она может иметь неподвижную точку, но может и не иметь ее. Сегодня математические модели таких процессов называются «динамическими фракталами» [21, 67]. Неподвижная точка фиксируется совпадением с допустимой точностью прогноза и фактического восприятия результата действий. Если неподвижной точки не существует, то система может работать бесконечно долго, как, например, при разрешении противоречия между «духом» и «телом».

Надежность антиципации и успешность разрешения противоречия зависит от адекватности знаний причинно-следственных отношений между фрагментами Природы. Выявление таких знаний, оценка их адекватности, накопление и использование в управлении — это процессы, составляющие деятельность ЕИ и способствующие усовершенствованию этой деятельности. Другими словами, процессы познания Природы, процессы мышления — это компоненты управленческой деятельности ЕИ. А. Пуанкаре [92, с.58] объяснил возникновение у человека представления об однородности и изотропности пространства, а следовательно и законов геометрии, способностью мозга компенсировать восприятие изменения положения внешнего предмета в пространстве изменением положения собственного тела. Но такая компенсация и является управлением с отрицательной обратной связью.

Процессы распознавания и разрешения противоречий организма с Природой могут быть описаны текстом разговорного языка или какого-либо формального языка. Но такие описания не могут быть полностью адекватными, поскольку эти процессы происходят по законам диалектики, а тексты должны следовать закону тождества логики.

Возможно, это одна из причин существования в составе ЕИ неалгоритмических процессов. Эти процессы происходят на подсознательном уровне и включают такие явления, которые называют «догадкой», «эвристикой», «инсайтом», «озарением» и т. д. Мы

будем обозначать эти явления термином операция «ага», напоминающим восклицание, произносимое мыслителем, когда его осеняет счастливая догадка, а механизм операции «ага» — «интуицией». Относим этот феномен к классу операций, поскольку он обнаруживается интроспекцией факта передачи результата подсознательного мышления на уровень сознания. Конечно, вместо операции «ага» можно было бы воспользоваться термином «творчество», поскольку творчество невозможно без операций «ага», т. е. без догадки, или эвристики, или интуиции, или озарения и т. д. Но творчеством принято обозначать большой вклад в науку, искусство или в производство, а операция «ага» проявляет себя и в том случае, когда подсказывает, где искать пропавшую вещь. Примем

Определение 2:

Творчество — это деятельность ЕИ, основанная на конечном упорядоченном множестве операций «ага».

Открытие неизвестного ранее человечеству феномена Природы, или изобретение нового способа использования известных ранее законов Природы, или создание шедевра в живописи или в литературе — все это результаты деятельности ЕИ, которые невозможны без операций «ага». Множество может состоять из одного единственного элемента. Упорядоченность операций «ага» творчества определяется порядком возникающих на уровне сознания противоречий, которым оно должно находить разрешения в процессе творения.

Дальнейшие рассуждения основываются на следующих трех гипотезах о свойствах ЕИ:

- 1) Работа ЕИ подчиняется принципу «стальной иглы»: информация из окружения не передает ЕИ никакого смысла (гл. 2).
- 2) Цель управления, осуществляемого ЕИ, определяется самостоятельно ЕИ, а не возникает вне мозга (разд. 10.3).
- 3) Познание Природы является следствием управленческой деятельности ЕИ.

Очевидно, чтобы отвергнуть эти гипотезы, нужно обнаружить противоречия в определениях понятий, обозначаемых именами:

- принцип «стальной иглы»;
- «информация»;
- «управление»;
- «цель управления»

и некоторых других, связанных по смыслу с перечисленными.

Доказать справедливость приведенных гипотез невозможно, поскольку они — продукт индуктивных заключений.

1.8. Сознание и интеллект.

Не все согласятся с определением 1 ЕИ. Сэр Р. Пенроуз [75], например, полагает, что интеллект является свойством сознания. С этой точки зрения вне сознания интеллект невозможен. Но поскольку нет объективных общепринятых критериев для обнаружения сознания или интеллекта, определять эти термины можно произвольно. Корректность определений в этом случае зависит только от семантических отношений между именами в речевых высказываниях. Произвольно определяемые термины не должны ни логически, ни семантически противоречить никаким другим терминам, особенно терминам, денотаты которых точно определены. Короче говоря, не следует нарушать принципы вульгарного материализма.

Определение 1 исходит из положения о том, что понятие «управление» предельно широкое (гл. 10). ЕИ является частным случаем управления, а уровень сознательного управления, согласно классификации Н. А. Бернштейна, самый поздний уровень, возникший на основе уже хорошо функционирующих бессознательных уровней управления процессами в организме. Не лишены оснований и гипотезы, что каждый уровень управления использует свою специфическую модель Природы и что некоторые уровни получают свои модели по наследству. Уровень сознания вынужден сам формировать свою собственную модель Природы, не противоречащую моделям нижестоящих уровней и достаточную для разрешения тех противоречий, которые явились для него системообразующим фактором в процессе филогенеза.

Примем гипотезу, имеющую убедительные основания, что задача сознания в составе естественного интеллекта состоит в обучении нижестоящих уровней управления поведению в новых условиях.

«Образно говоря, сознание — это преподаватель, руководящий обучением живой субстанции и оставляющий своего ученика наедине со всеми задачами, для решения которых тот достаточно подготовлен. Но я хочу подчеркнуть три раза красными чернилами, что это метафора и не более того. Факт лишь то, что новые ситуации и новые реакции, подсказанные ими, сохраняются в свете сознания; старые и хорошо освоенные — нет» [130, с. 11].

Творчество математика состоит в поиске решений новых, не встречавшихся ранее, противоречий. Это функция сознания, поэтому Р. Пенроуз утверждает, что

«... для истинного математического мышления необходим высокий уровень сознания» [75, с. 343].

2. Принцип «стальной иглы»

Почти вся (а, возможно, и вся) литература по теории ИСУ, вслед за многими философами, психологами и лингвистами, игнорирует фундаментальный и универсальный закон сенсорных систем мозга, который назовем принципом «стальной иглы».

Закон фундаментальный потому, что ему подчинены все физические взаимодействия типа отражения, когда объект компенсирует последствия внешнего воздействия, не достигшего точки бифуркации, изменением своего состояния. Так, высота столбика ртути в трубке Торричелли компенсирует величину атмосферного давления. Всякое «восприятие» живым организмом события в При-

роде осуществляется отражением внешних физических возмущений. Например, живая клетка реагирует на изменение внешней среды изменением интенсивности экспрессии генов [97, с. 89]. Закон универсальный потому, что ему подчинена работа всех органов чувств, всех модальностей, всех живых организмов и измерительных приборов. Сталь упоминается только ради красивого слога. Она может быть заменена любым другим материалом, например, фигурами на листе бумаги, нанесенными краской, либо воздушным промежутком между гортанью оратора и барабанной перепонкой слушателя, в дальнейшем «реципиента».

Суть принципа может сформулировать каждый, ответив на вопрос: как возникает боль у человека при уколе его стальной иглой, например, шприца? Можно утверждать, что боль хранится в игле или в руке, которая держит иглу, и при уколе вводится в тело человека в готовом виде. Редкий читатель не назовет этот ответ абсурдом.

Хорошо, боль не содержится в игле, но, возможно, в игле или в руке медсестры содержится информация о боли, которая проникает в организм человека вместе с острием иглы и интерпретируется болью. Ведь утверждает автор [121, с. 16], что:

«Для процессов восприятия важны не столько физические особенности воздействующих на рецепторы стимулов, сколько содержащаяся в них информация о свойствах и связях предметов объективного мира».

Так, для восприятия пешеходом красного цвета светофора не важна энергия бесцветных фотонов, воздействующих на сетчатку глаза, а важна информация о связи этих фотонов с движущимся транспортом.

А другой автор утверждает, что:

«Информацией пронизаны все материальные объекты и процессы, которые являются источниками, носителями и потребителями разнообразной информации. Все живые существа, как заметил академик А. И. Берг, с момента появления на свет и до конца своего существования пребывают в “информационном поле”, которое непрерывно воздействует на их органы чувств» [50, с. 211].

Вот так. Информацией напичкана не только стальная игла, но и медсестра. Весь человек «пребывает в “информационном поле”». Неужели среди всей этой информации нет информации о боли, которая врывается в организм человека, когда игла протыкает его кожу?

Не только проблему боли можно разрешить на основании идеи академика А. И. Берга, но и более серьезные проблемы теории ИСУ и теории познания (в иноязычной терминологии «когнитологии»). Некоторые ученые [114] постулируют существование трехэтажной конструкции: сигнал (код, текст) «несет» информацию, а информация «несет» смысл (или смысловую информацию?). Но отсюда следует, что «информационное поле» А. И. Берга неразрывно сосуществует со смысловым полем. Каждое живое существо погружено не только в информационное поле, но и в смысловое поле. Не является ли это смысловое поле, в которое погружен ЕИ человека «с момента появления на свет», Космическим Разумом? Почему животные, пользуясь «информационным полем», не пользуются «смысловым полем»? Неужели в филогенезе человеческого мозга появились сенсоры для восприятия «смысла информации», который оказался «данным в ощущении» для человека, а для животных — нет?

Независимо от ответов на эти вопросы, остается в силе вывод: программные модели ЕИ должны моделировать работу каналов связи мозга со смысловым полем. Но никто этим не занимается.

Всякий здравомыслящий человек скажет, что боль **возбуждается** в нервной системе человека в ответ на механическое раздражение иглой чувствительных элементов сенсорных нейронов. Боль возбуждается, а не вводится, не передается через иглу. В этом суть принципа «стальной иглы».

Стоит ли смешить читателя описанием этого явления Природы? Конечно, нет, если бы не абсурдное утверждение, явно или косвенно содержащееся во всей литературе по ИСУ, что в машинных «базах знаний» содержатся знания, т. е. продукты работы ЕИ.

Это утверждение по абсурдности эквивалентно утверждению, что боль или информация о боли содержится в стальной игле.

Велика сила самоочевидности или здравого смысла, часто наделяющая зрителя ложью. Многие ли обыватели согласятся с логическим выводом из универсальности принципа «стальной иглы» о том, что окружающая их Природа беззвучна, бесцветна, безвкусна и без запахов? В Природе нет шума леса, пения птиц или криков осла. В Природе нет звуков речи. Вся гармония звуков, цветов, запахов, вкусов Природы создается мозгом в ответ на воздействия проксимальных стимулов, не имеющих ни звуков, ни цветов, ни запахов, ни вкусов. Обывателю знать это ни к чему. Но мысль исследователя ЕИ, в том числе и «инженера по знаниям», должна подняться с уровня здравого смысла до уровня научного знания. Иначе он оказывается в мире лжи.

«В своей наиболее канонической форме научные священные тексты воплощены в физике (включая физиологию). Физика заверяет нас, что явления, которые мы называем “воспринимаемыми объектами”, находятся в конце длинной казуальной цепочки, начинающейся с объекта, и если чем-то похожи на объект, то в особом, чрезвычайно абстрактном смысле. Все мы начинаем с “наивного реализма”, т. е. с учения о том, что вещи таковы, какими они кажутся. Мы полагаем, что трава зеленая, камень твердый, а снег холодный. Однако физика говорит, что зеленость травы, твердость камня и холодность снега — это не та зеленость, твердость и холодность, которую мы познаем в нашем опыте, а нечто совершенно другое. Наблюдатель, которому кажется, что он наблюдает камень, на самом деле, если верить физике, наблюдает воздействие камня на себя. Таким образом, наука вступает в столкновение сама с собой. Стремясь к высшей объективности, она впадает в субъективность против своей воли. Наивный реализм ведет к физике, а физика, если она верна, показывает, что наивный реализм ложен. Следовательно, если наивный реализм истинен, то он ложен; поэтому он ложен. ...»

Такие рассуждения пробуждают сомнения и приводят нас к критическому анализу того, что считается знанием» [94, с. 12].

Замените стальную иглу воздушным промежутком между гортанью говорящего человека и барабанной перепонкой реципиента. Можно ли утверждать, что колебания давления воздуха в этом

промежутке, возбужденные речеобразующим аппаратом говорящего, переносят мысль из его мозга в мозг реципиента? Подобное утверждение противоречит принципу «стальной иглы». Этот принцип заставляет признать, что речевой поток от говорящего ЕИ к ЕИ реципиента, передаваемый по любому каналу связи, например, клавиатуру компьютера или машинную базу знаний, не может передать мысль, не может передать знания. Текст не содержит мысли, не содержит смысла. Текст разговорного языка всего лишь возбуждает мысль в мозгу реципиента. Тем не менее авторы многих публикаций пытаются извлекать смысл из текста разговорного языка [38, 48, 64, 87, 124, 125, 127], уподобляясь тому мудрецу, который «ловит черную кошку в темном помещении, особенно когда ее там нет».

Речевой поток через любой физический канал связи может только возбуждать новую мысль, а следовательно и новые знания, у принимающего ЕИ. Речь говорящего предназначена для управления мыслью реципиента, но мысли говорящего не содержит. Это частный случай общего принципа управления. Управляющая информация, передаваемая от управляющей системы к управляемой системе, изменяет состояние последней, но сама это состояние не содержит. Центробежный регулятор Уатта [61, 83] изменяет интенсивность потока пара в паропроводе между паровым котлом и поршнем машины, но ни в одном кинематическом звене регулятора пара нет.

Если бы мозг автора речевого высказывания ухитрился каким-либо способом внедрить свою мысль в текст, то это действие оказалось бы бесполезным для всех реципиентов текста. Мозг ни одного реципиента не смог бы извлечь эту мысль из воспринятого текста. Но в процессе филогенеза органики Природа создавала и развивала только полезные для организма функции, поэтому передача мыслей из мозга в мозг по каким-либо физическим каналам не могла возникнуть.

Жизнь очень часто демонстрирует ситуации, когда речевой поток человека, управляемый его мыслью, возбуждает, а иногда и

не возбуждает мысль у собеседника, может возбуждать схожую в чем-то мысль, а может возбуждать мысль, не схожую ни в чем с мыслью говорящего. Какую мысль содержит речевой поток, если он возбуждает разные мысли в головах разных реципиентов?

В ходе эволюции два ЕИ научились взаимопониманию при речевом общении, несмотря на то, что мысли не передаются ни по каким каналам связи. Условиями понимания являются единство материального мира и коллективная деятельность. Оба условия необходимы (и, вероятно, достаточны) для возникновения надежных обратных связей во время разговора двух ЕИ. Каждый ЕИ использует эти обратные связи и невербальные компоненты коммуникации (НВК) для устранения своих заблуждений, освобождения своих иллюзий от вымысла. Автор работы [26] к НВК относит мимику, жестикуляцию, обстановку и т. п. Анализ физических и физиологических механизмов этого феномена Природы необходим для моделирования деятельности ЕИ, но здесь мы ограничимся только вышесказанным замечанием.

В быту и во многих сферах общественной жизни принцип «стальной иглы» можно, а иногда и полезно, игнорировать. Без особого вреда (а возможно, и с большой пользой) учитель может убеждать учеников в том, что тексты учебников содержат знания, добытые корифеями науки. Ученики могут поверить этому, если учитель подготовит их ЕИ к возбуждению у них полезных знаний текстами учебников.

Идея о том, что тексты учебников не содержат мыслей, т. е. знаний, поверхностному уму представляется дикой нелепостью. Ведь каждый набирался ума-разума, изучая учебники. Однако ум, способный подняться с уровня видимости до уровня сущности явления, догадается, что не содержащие знаний тексты учебника способны возбудить в мозгу подготовленного читателя знания аналогичные, а иногда даже превосходящие, знания автора. Но для этого необходимо тексты учебников специально подготавливать так, чтобы они удовлетворяли ряду конкретных требований. Только при этом условии тексты учебников могут отвечать своему назна-

чению. Цикл работ по выявлению этих требований опубликован действительным членом МАН ВШ¹ К. К. Гомоюновым [24, 25].

Электромагнитные излучения, возбуждающие цвета в мозгу, не имеют цветов. Но эксперты без большой оплошности могут оценивать художественную и денежную ценность «квадрата Малевича», считая, что цвета расположены на полотне художника. Интересен вопрос, могли бы достичь консенсуса эти эксперты, если бы знали, что цвета расположены не на полотне художника, а в их головах и потому субъективны? Искусство повара не страдает от его ложного представления, будто бы кристаллы соли — соленые, а кристаллы сахара — сладкие. На самом деле соленость и сладость существуют в мозгу как ответные реакции на нарушения химического равновесия чувствительных элементов сенсорных нейронов и не свойственны кристаллам. Игнорирование же принципа «стальной иглы» исследователем физических основ восприятия с целью его моделирования или конструктором ИСУ широко открывает дверь в мир лжи.

Теоретику по ИСУ необходимо руководствоваться фактом, что ни стальная игла не содержит боли, ни тексты разговорного языка не содержат смысла, или содержания. Эти факты — не случайные аналогии. Они являются следствиями одной и той же причины, лежащей в физическом фундаменте работы мозга.

Психология утверждает [91, с. 76]:

¹ Международная Академия Наук Высшей Школы.

«Именно в вопросе “почему мы воспринимаем мир, таким, каким мы его воспринимаем” заключается суть **психофизиологической проблемы**».

Но в этом вопросе нет никакой проблемы. Мы воспринимаем мир таким, каким мы его воспринимаем, потому что таким мозг возник в филогенезе. Проблему ставит другой вопрос, вытекающий из принципа «стальной иглы»: «Почему мы воспринимаем мир не таким, каков он есть, а наше поведение в мире, пассивное и активное, адекватно его законам?». Вероятно, ответ на этот вопрос содержится в предложенной выше гипотезе, что образ мира в мозгу является гомоморфизмом (точнее «нейроморфизмом») мира.

Вероятно, эту проблему имели в виду Л. С. Выготский и А. Р. Лурия, заметив при обсуждении творчества З. Фрейда:

«Но не следует забывать, что психоанализ, вообще имеет своей задачей пробиться по ту сторону видимого, и в некотором смысле всякое научное знание заключается не в констатировании очевидностей, но в раскрытии за этой очевидностью более действительных и более реальных, чем сама очевидность, фактов, и открытия Галилея точно так же уводили нас по ту сторону очевидности, как и открытия психоанализа» [117, с. 33].

Нет столь великой вещи, которую не превзошла бы величиной еще большая. Нет вещи столь малой, в которую не вместились бы еще меньшая.

Козьма Прутков. «Плоды раздумья»

3. Тектология и общая теория систем

3.1. История «системного подхода»

После публикаций Л. фон Берталанфи и других авторов [15, 115] возникла мода на выражения «общая теория систем» и «системный подход» для обозначения единственно правильной и универсальной методологии, пользуясь которой наука могла бы решить многие свои традиционные проблемы.

«Общая теория систем предлагает полезные для всех ученых теоретические рамки, в пределах которых могут выполняться специализированные исследования» [30, с.34].

Возлагают надежды на «системный подход» и исследователи ИСУ. К сожалению, «теоретические рамки» общей теории систем оказались слишком примитивными. Многостраничные дискуссии о методах «общей теории систем» и «системного подхода», кроме наивных трюизмов, не прибавили к методологии ничего нового. Это закономерный результат. «Теоретические рамки» для всех наук о Природе образуют законы и принципы диалектического материализма. На сегодняшний день эти принципы являются единственным системным подходом, оправданным многовековой практикой человечества по изучению Природы. Осознанно или неосознанно, но все живые организмы пользуются диалектикой при построении моделей окружающей среды.

Непреодолимая трудность для апологетов «общей теории систем» и «системного подхода» следует из принципа всеобщности отношений: никто из них ни во сне, ни наяву не наблюдал «несис-

тому». Никто не может отличать «системный подход» от «несистемного подхода».

Макромир, в котором действует ЕИ, потому является макромиром, что он состоит только и только из систем, противоречиво взаимодействующих между собой, а потому постоянно находящихся в движении и образующих единую материальную систему, движения которой демонстрируют законы диалектики. Любой человек без труда может словесно или умозрительно представить какую-либо реальную или абстрактную систему. Но чтобы представить абстракцию «несистемы» нужна изворотливость мысли, поскольку никто не имеет в своем сознании этого образа. Если попытаться преодолеть эту трудность, не выходя за пределы принципов диалектического материализма, то, вероятно, можно принять следующие утверждения:

- 1) Несистема — это однородное, не разделяемое ни практически, ни умозрительно на части или элементы материальное образование.
- 2) В силу своей однородности несистема имеет одно единственное состояние, поэтому она не подвержена изменениям вследствие внешних воздействий и является неизменным фоном для окружения.
- 3) Несистема, имея одно единственное состояние, не может участвовать в движении материи.
- 4) Познание несистемы бесполезно и невозможно.
- 5) Управлять несистемой или модифицировать ее нет необходимости, поскольку она всегда находится в одном и том же состоянии.
- 6) В ходе развития жизни не возникли из-за ненадобности методы работы с несистемами, а следовательно, и несистемные методы их изучения.

Несистемной можно назвать математическую точку, не имеющую ничего, в том числе размеров, а потому и никаких частей. Но в таком виде она бесполезна даже для математиков. Для моделирования пространственных отношений в математике использует-

ся не точка, а совокупность точки с координатами, а вернее, координаты баз точки, т. е. система. Вопрос о том, что такое точка, математиков не волнует. Их занимают только отношения между точками.

Механики для изучения движения жидкостей и газов пользуются моделью, именуемой «сплошной средой». Сплошную среду можно мыслить несистемой, но тогда и она бесполезна для моделирования явлений Природы. Механик вынужден мыслить сплошную среду в каком-либо пространстве, а следовательно, выделять в этой среде верхнюю часть и нижнюю, левую половину и правую, приняв одну из двух возможных ориентаций среды. Древнегреческие атомисты, моделируя Вселенную сплошной средой, состоящей из атомов, столкнулись с трудностью объяснить возникновение движения в сплошной среде [93, с. 85]. Для того чтобы атом мог сдвинуться, соседний атом должен освободить ему место, а это невозможно. В сплошной среде либо невозможно движение, либо возможно только вечное круговое движение всей среды с постоянной скоростью, либо среда не должна быть сплошной. В математике и механике используются для моделирования фрагментов Природы системные свойства «несплошной» среды, возникающие в результате размещения «сплошной среды» в каком-либо координатном пространстве и деления ее на «элементарные струйки». Только в такой среде можно объяснить возникновение подъемной силы.

Системами являются не только материальные фрагменты Природы. Системами являются все формы движения и взаимодействия таких фрагментов. Любое движение фрагмента Природы, вызванное взаимодействием с другим фрагментом, наблюдается и описывается как смена его состояний. Например, качания маятника представляют переходом кинетической энергии в потенциальную и обратно, т. е. системой двух энергий. Системами являются мысль, мышление, любые знания человека и их преобразования. Автор, чтобы возбудить в мозгу реципиента представление фрагмента Природы, схожее со своим, должен организовать свои мысли в

систему, подсказанную ему образом реципиента, и отобразить ее в систему речевых высказываний. Только правильно угаданная автором система высказываний может изменить в нужном направлении систему знаний реципиента.

Что касается микромира, который живет по законам квантовой динамики и теории относительности, то в нем все неясно относительно существования систем. Является ли фотон как корпускула системой? Или, может быть, волновая функция фотона является системой? Эти вопросы оставим пока без внимания, поскольку все функции ЕИ, которые пытаются воспроизвести в машинных моделях теоретики ИСУ, адаптированы к свойствам макромира, в котором нет несистем. Но чтобы разгадать тайну операции «ага», как считает Пенроуз Р. [75], возможно, придется окунуться в физику отношений микромира и макромира.

Существование систем в макромире Э. М. Галимов считает проявлением «фундаментального закона эволюции материи»:

«Подобно тому, как атомам энергетически выгодно объединяться в молекулы, снижая тем самым общий уровень свободной энергии на величину энергии связи, — а стремление к снижению уровня свободной энергии, как утверждает термодинамика, есть общий закон эволюции материи — подобно этому, биологически выгодно объединение особей в сообщества. Возникновение многоклеточных организмов на пути эволюции жизни от прокариотов к высшим животным — есть результат объединения клеток во все более сложные сообщества. Эта тенденция, в конечном счете, есть биологическое отражение фундаментального закона эволюции материи. При этом между клетками в составе организма достигается изумительная согласованность действий. Многоклеточный организм содержит все признаки управляемых систем: разделение функций, их согласованность, иерархичность и т. д. Эти же признаки присущи сообществам, образованным отдельными особями (стаи животных, птиц, муравейники и т. д.). Отличие лишь в том, что это не биологические организмы, а организмы социальные. Короче говоря, управляемые системы, управляемые сообщества — не есть нечто, присущее разуму» [21. с. 11].

Есть основания предполагать, что системный подход, в смысле диалектики, является врожденным свойством живых орга-

низмов. Организмы для отображения диалектики среды противопоставили диалектику физиологии. Так, система модальностей сенсорной системы мозга — врожденная система, которая возникла в ходе филогенеза для реализации системного подхода при познании и управлении системами Природы. Выявление любых причинно-следственных отношений Природы живой клеткой, многоклеточным организмом или научным коллективом возможно только системным, т. е. диалектическим, подходом.

Заметив в небе коршуна, курица издает специфический сигнал, слышав который цыплята спешат укрыться у нее под крыльями. Эти действия курицы и цыплят демонстрируют системный подход к разрешению возникшей опасной ситуации.

Еще прыгая по деревьям, первобытный человек уже имел дело с системами и только с системами. Прежде чем прыгнуть с одного дерева на другое, он должен был сопоставить расстояние между деревьями со своей возможностью, наличие и расположение ветвей на одном и другом дереве и другие детали системы из двух деревьев, а затем по этим результатам синтезировать программу управления движениями многих сотен мышц. Естественно, что вся эта обработка внешних и внутренних сигналов происходила на подсознательном уровне, по правилам, которые человеку достались частично по наследству, а до некоторых он додумался бессознательно, интуитивно, сам. По современной терминологии человек перед прыжком анализировал систему и синтезировал программу действия с ней. Но, безусловно, не пользовался формальными моделями систем. Вероятно, прав академик П. К. Анохина [5, 6], утверждающий, что для выполнения этой работы в процессе эволюции ЕИ научился оперативно организовывать в мозгу нейрофизиологические системы, которые он назвал «функциональными системами».

Мозг, управляя поведением организма, т. е. системы, в окружении систем не может не пользоваться системным подходом. Не только в древности, но и до сих пор люди бессознательно пользуются системным подходом. Компьютерная программа и табуретка

являются системами. Может ли программист составить программу, не пользуясь (вероятно, бессознательно) системным подходом? Может ли столяр смастерить табуретку, не пользуясь (вероятно, бессознательно) системным подходом? Системный подход люди применяют, обычно не осознавая этого, и в быту, и в науке, и в религии. По этой причине невозможно назвать научное или антинаучное творение, в тексте которого не использовался бы явно или неявно термин «система».

Системно мыслили авторы Библии и системным мышлением наделили Творца Вселенной:

«В начале сотворил Бог небо и землю, Земля же была безвидна и пуста, и тьма над бездною, и Дух Божий носился над водой.

И сказал Бог: да будет твердь посреди воды, и да отделяет она воду от воды. [И стало так.] И создал Бог твердь, и отделил воду, которая под твердью, от воды, которая над твердью....» [11, с. 5].

Короче, Дизайнер (по-старому Бог) мастерил систему. Мог ли он обойтись при этом без системного, т. е. диалектического, подхода, возможно не осознавая его?

Если каждый фрагмент Природы является системой, то термины «система» и «феномен Природы» эквивалентны по денотату, хотя могут различаться по смыслу. Но тогда эквивалентны по денотату и выражения «общая теория систем» и «общая теория Природы». Попытки создать «общую теорию Природы» предпринимали и философы и физики еще с доисторических времен. И сегодня развитие науки стремится к этому, но вряд ли данный рекурсивный процесс достигнет неподвижной точки в форме абсолютной истины.

Рано или поздно идея системности Природы должна была проникнуть из сферы бессознательного использования человеком в сферу сознания. В дальнейшем она превратилась не только в результат, но и в инструмент познания. Пионером в этой области стал выдающийся русский ученый А. А. Богданов (Малиновский), погибший в 1928 г. в расцвете творческих сил в результате медицинского эксперимента на себе. Он осознал, что любой продукт

деятельности человека — вещь, движение, мысль, текст, произведение искусства и т. д. — является организованным комплексом, потому что таков весь материальный мир. Современный термин «система» используется в том же смысле, что и термин «организованный комплекс» Богданова.

Одной из важнейших задач познания А. А. Богданов считал выявление и изучение универсальных форм организации комплексов Природы. Опубликованная им в 1912 г. работа под названием «Тектология: всеобщая организационная наука» содержала идеи, опередившие на полвека свое время.

«Исходным пунктом тектологии является признание необходимости подхода к изучению любого явления с точки зрения его организации. Принять организационную точку зрения — значит изучать любую систему с точки зрения как отношений всех ее частей, так и отношений ее как целого со средой. Законы организации систем едины для любых объектов, самые разнородные явления объединяются общими структурными связями и закономерностями ...» [13, Кн.1, с. 9].

Интеллектуальный уровень научной общественности того времени оказался недостаточным для восприятия этих идей. Умами физиков еще владело понятие эфира. Тектология была подвергнута острой критике идеологами по философским вопросам и предана забвению. Потребовались две мировые войны, работы Н. Винера и К. Э. Шеннона по военной тематике, публикация работ Л. фон Берталанфи, чтобы идеи А. А. Богданова приобрели вторую жизнь, но уже в другом терминологическом оформлении и под именами «Кибернетика» и «Общая теория систем».

3.2. О пользе «системного подхода»

Тектология, т. е. теория систем, углубила миропонимание, но не претендует на открытие новых методов изучения и работы с системами Природы. Польза этого инструмента познания в том, что он может подсказать направление исследования, ведущее с большей вероятностью, чем другие, к обнаружению причинно-

следственного отношения между фрагментами Природы, которое может повышать достоверность научных или бытовых предсказаний. Методы же общения с системами Природы, отрабатываемые живыми организмами в процессе эволюции, не изменились. Даже в современной теории открытых систем, расширившей научные представления о процессах развития, не возникли специфические системные принципы. Л. фон Берталанфи вынужден признать:

«Несомненно, что общая теория систем открывает перед нами новые горизонты, однако ее связь с эмпирическими фактами пока еще остается весьма скудной. Так, теория информации в свое время была провозглашена “главным направлением” современного научного исследования, но, помимо первоначальной сферы своего применения — техники — в других областях она не сыграла до сих пор значительной роли» [115, с. 52].

И далее:

«Конечно, во всех подходах к общей теории систем существует такая опасность: мы получили новый компас для научного мышления, но очень трудно продрагаться между Сциллой тривиальности и Харибдой ложных неологизмов» [115, с. 54].

К этому следует заметить, что и в технике понятие негэнтропии, т. е. количества информации, не сыграло никакой роли.

Некоторые авторы, пытаясь повысить доверие читателей к результатам своих работ, ссылаются на применение «системного подхода». Этим они проявляют незнание того, что ни одно из толкований системного подхода в современной науке не указывает путь к истине. Все научные и антинаучные теории, созданные человечеством, — это продукты системного подхода, потому что авторы этих теорий не владели никаким другим подходом. Любое умозаключение о любом фрагменте Природы — это продукт, скорее всего, неосознанного, системного подхода. К сожалению, ложных умозаключений гораздо больше, чем истинных, вероятно, потому, что истинное умозаключение получить значительно труднее, чем ложное.

Часто «системным подходом» называют упорядочивание, или систематизацию, известных фактов по какому-либо критерию. Это не только очень полезный прием, но и цель развития каждой научной дисциплины. Упорядочение системы, в том числе и умозрительной модели Природы, понижает ее энтропию, а понижение энтропии повышает вероятность обнаружения полезных предсказаний, к чему стремится наука. Обсуждая проблему образования понятий, Дж. Брунер отмечает:

«Когда систематический порядок налицо, задача минимизации перегрузки памяти становится менее актуальной, а с облегчением нагрузки на память начинают появляться новые приемы решения» [16, с.148].

А. Пуанкаре считает:

«Математическое доказательство представляет собой не просто какое-то нагромождение силлогизмов: это силлогизмы, расположенные в определенном порядке, причем этот порядок расположения элементов оказывается гораздо более важным, чем сами элементы» [92, с. 402].

Систематизация предметов мысли применяется в каждом исследовании, но не гарантирует истинность результата исследования, поскольку выделение фрагментов Природы и выбор основания для систематизации — субъективны.

Причиной, побуждающей человека действовать, может быть любопытство или самолюбие, уязвленное неспособностью разрешить возникшее противоречие. Системный подход мог бы повысить вероятность нахождения правильного решения, если бы мог указать:

- как обнаружить возникновение противоречия;
- как обнаружить причину противоречия;
- как выделить систему, порождающую противоречие;
- как изменить эту систему для устранения противоречия или
- как изменить собственное поведение или миропонимание, чтобы блокировать действие причины противоречия.

Современные трактовки системного подхода не отвечают ни на одно из этих «как ...». Возможно, когда-нибудь положение изменится, т. е. будет сформулирован «системный подход», применение которого уменьшит вероятность ложных умозаключений и повысит вероятность истинных. Но это маловероятно. Его нельзя придумать. Он может появиться, как справедливо отметил А. А. Богданов, только в результате обобщения многовекового опыта общения человека с системами Природы. А этот опыт уже обстоятельно обобщен учеными — философами, логиками, математиками и т. д. [35].

3.3. Отношение «элемент — система»

Отношение «элемент — система» представляет интерес, поскольку при возникновении системы у нее появляются свойства, которыми не обладают ее элементы. Эти свойства называют системными. Так, химические свойства атома кислорода не проявляют ни орбитальные электроны, ни ядро. Но системные свойства атома кислорода — это следствие взаимодействия его ядра и электронов, которое определяется, в свою очередь, их системными свойствами.

«Элементно-системным подходом» называют гипотезу о том, что системные свойства системы детерминированы только системными свойствами ее элементов и не зависят от системных свойств элементов элементов. Так, химические свойства атома кислорода можно описать, не ссылаясь на системные свойства протонов и нейтронов, входящих в ядро, и системные свойства частиц, входящих в состав электронов. Но это — простота начального этапа познания.

Иногда «элементно-системный подход» отождествляют с «системным подходом». Однако эта гипотеза не выражает закон Природы, который был бы несовместим с диалектическим принципом всеобщности отношений. Она выражает методологический прием, который оказывается полезным во многих случаях и широко используется наукой, но имеет свои ограничения, поскольку нет оснований утверждать, что все системные свойства системы не зави-

сят от системных свойств элементов элементов. Применение этого подхода требует идеализации отношения «элемент — система».

Математики и физики успешно пользуются этим методом. При интерпретации формальных математических теорий они интересуются только истинностью аксиом формальной теории в области, принятой для интерпретации. Причины истинности этих аксиом в области интерпретации не влияют на результаты применения формальной теории. Конечно, можно всегда расширить состав аксиом формальной теории для учета упомянутых причин, но для этого нужно спуститься «этажом» ниже, т. е. перейти к свойствам и отношениям элементов элементов объектов области интерпретации. Это приводит к усложнению теории и к потере ясности, но тем ни менее практикуется в науке.

А. Тьюринг, исследуя понятие «эффективное вычисление», свел выполнение общепринятых арифметических операций к предельно простым операциям — записи и стиранию символов на каком-либо носителе. Это привело его к результатам, фундаментальным не только для теории вычислений. Но программисты, стараясь упростить свою работу, идут в обратном направлении, разрабатывая языки высокого уровня с операциями над матрицами, массивами, фреймами, объектами. Независимость свойств системы от природы, составляющих систему элементов, — это стержневая идея объектно-ориентированного программирования, цель которого — облегчить мышление программиста.

Элементно-системный подход оправдал себя в приложениях результатов науки, но в исследованиях фрагментов Природы обычно неприменим или ограничивает результаты исследования. Исследование неизвестного фрагмента Природы не начинается с представления его системой и элементами, а заканчивается этим. Таково было, например, открытие Д. И. Менделеевым периодического закона химических элементов. Автор [78, с. 7] замечает:

«... часто, однако, случается так, что лишь в конце своего пути исследователь приступает к изучению исходных вопросов».

Современные компьютеры конструируют, используя поведение электронов и дырок в кристаллах. Р. Пенроуз привел [75, с. 144] результаты исследования Э. Фредкиным и Т. Тоффоли¹ компьютера, использующего механические законы взаимодействия упругих бильярдных шаров между собой и с упругими стенками. Показано, что бильярдный компьютер может выполнять вычисления, производимые любой машиной Тьюринга. На это способен и электронно-дырочный компьютер. Имеются сообщения о возможности построения компьютера на пневматических элементах, ферромагнитных элементах, световодах и т. д. Таким образом, показано, что системное свойство «вычислять» не зависит от природы элементов этой системы. Это важный результат для теории вычислений, но не для конструирования компьютеров. По всем остальным параметрам между двумя конструкциями нет ничего общего. Если бы в продаже находились электронно-дырочные и бильярдные компьютеры, то покупатель для своей экспертной системы выбрал бы электронно-дырочный, возможно, потому, что бильярдный не поместился бы в его жилище.

Методология не содержит указания, как следует выбирать уровень исследования объекта: системный или элементный. Возможно, что этот выбор ограничен ресурсами ЕИ, в частности, числом Ингве: 7 ± 2 . Это средний объем оперативной памяти человека [26].

¹ Fredkin E. and Toffoli T.. Conservative logic. / *Int. J. Theor. Phys.* 1982. № 21, P. 219 — 253.

3.4. Диалектика и «системный подход»

Все материальные системы макромира, в том числе и мысли человека, живут, т. е. возникают, развиваются и исчезают, по законам диалектики. Поэтому принципы диалектического материализма являются сегодня единственным «компасом для научного мышления». Не бесполезно в связи с этим вспомнить слова Ф. Энгельса:

«Таким образом, история природы и человеческого общества — вот откуда абстрагируются законы диалектики. Они как раз не что иное, как наиболее общие законы обеих этих фаз исторического развития, а также самого мышления. По сути дела они сводятся к следующим трем законам:

Закон перехода количества в качество и обратно.

Закон взаимного проникновения противоположностей.

Закон отрицания отрицания» [134, с.44].

Кроме этих законов, понятие диалектики уточняют принципы, часть которых приведена в разделе 1.2.

Согласно диалектике понятие «система» относительно. Анализ литературных источников позволяет по контексту установить, что термин «система» удовлетворяет определению, предложенному для термина «предмет мысли» автором [24, с. 38] . Денотатом каждого из этих терминов может быть:

- 1) фрагмент Природы, например, компьютер;
- 2) гомоморфный образ фрагмента Природы, созданный в мозгу человека ЕИ, например, представление о компьютере;
- 3) текст какого-либо языка, созданный ЕИ таким образом, чтобы возбуждать в мозгу человека гомоморфный образ Природы, например, блок-схема компьютера.

Эти денотаты связаны причинно-следственными отношениями в указанном порядке и поэтому, вероятно, обычно не различаются авторами. Но различие между ними существенно для понимания текстов потому, что первые два денотата живут по законам диалектики, а последний — по законам формальной логики.

К понятию «система» обращаются для разрешения возникшего противоречия или для предсказания движения фрагмента При-

роды, или для того и другого. Каждый фрагмент Природы может быть представлен многими системами. Компьютер мыслят разными системами упаковщик продукции на производстве, конструктор-механик, конструктор-электрик, продавец, программист, домохозяйка.

Противоречие, т. е. задача, с которой столкнулся человек, детерминирует ему фрагмент Природы, который должен быть его предметом мысли, систему, т. е. форму модели этого фрагмента, а в некоторых случаях даже метод разрешения противоречия. Коварство Природы состоит в том, что в явном виде эти детерминизмы не появляются. Их приходится «угадывать», используя взаимосвязи систем. А из принципа познаваемости Природы следует, что это «угадывание» иногда осуществляется вполне успешно.

Ни один фрагмент Природы не живет по закону тождества классической логики. Нет оснований утверждать, что для всех фрагментов Природы соблюдаются законы исключенного третьего или двойного отрицания формальной логики. Но их необходимо соблюдать в рассуждении, имеющем целью разрешить конкретное противоречие.

«И когда мы утверждаем, например, что в мире нигде и никогда не встретиться ситуация, в отношении которой будет истинно “X и не-X”, то наша уверенность базируется отнюдь не на том, что мы изучили мир на все времена и во всех местах, а исключительно на том, что мы изобрели операторы “и” и “не” именно такими. Просто в нашем языке с такими операторами недопустимо признание возможности “X и не-X”, и ничего более» [35, с. 27].

Сложность представления фрагмента Природы системой состоит, во-первых, в том, что фрагмент необходимо мыслить метафизической окаменелостью (разд. 11.2), а во-вторых, в том, чтобы для моделирования удачно сконструировать или выбрать одно из многих формальных исчислений. В этом суть неустранимого диалектического противоречия между объектом управления и устройством управления. Автоматическая система управления объектом

всегда действует по законам формальной логики, а управляемый объект живет по законам диалектики (разд. 12.5).

Отсутствие в Природе несистем означает, что все без исключения процессы управления в живом организме — от внутриклеточного уровня до мышления — это процессы управления системами. Но согласно принципу индетерминизма диалектического материализма каждая существующая система причинно обусловлена. Условия существования неорганических систем впервые сформулировал Ле-Шателье, и они получили наименование принципа Ле-Шателье (гл. 10). Академик А. К. Анохин [6, с. 15] условия существования органических систем назвал «системообразующим фактором». Авторы [70, с. 70] «ограничением» назвали условия образования различий между значениями внутренних и внешних параметров неравновесной открытой системы. Ограничение стационарной неравновесной системы, системообразующий фактор и принцип Ле-Шателье обозначают одно и то же — условия существования системы, или условия стабильности системы. При нарушении этих условий возникает бифуркация системы [4, 89], т. е. преобразование ее в качественно иную стабильную систему либо релаксация к состоянию термодинамического равновесия. Термины «существование системы», «выделяемость системы» и «стабильность системы» можно считать эквивалентными по денотату.

Проявление любых свойств системы макромира зависит от набора и взаимодействия элементов системы. Это хорошо иллюстрирует таблица химических элементов Д. И. Менделеева. Этой зависимостью пользуется каждый программист, пытаясь расположить элементы программы таким образом, чтобы программа выполняла должное управление процессором компьютера. Следовательно, познание системы должно быть направлено на выявление ее элементов, отношений между элементами и системообразующего фактора. Это осуществляется методами, которые получили наименования анализа и синтеза.

Методы анализа и синтеза универсальны. Решение любой проблемы, любой задачи — это результат успешного синтеза по-

следовательности разрешающих действий на основании успешного анализа причины противоречия. Анализ и синтез используются не только в процессах познания Природы, но и во всех процессах самой Природы. Академик И. П. Павлов экспериментально показал, что это — основные физиологические механизмы сигнальных систем мозга. Впечатляющую картину аналитико-синтаксической работы мозга нарисовал А. Р. Лурия (Приложение А.). Переплетения анализа и синтеза осуществляют внутриклеточный метаболизм, процесс выработки иммунитета организмом и т. д.

Синтез через анализ и анализ через синтез — это единственный в настоящее время универсальный «системный подход». Этот подход реализует движение познания от видимости явления к сущности, от сущности к абстракции и от абстракции вновь к видимости. Все вербальные, математические, графические и другие модели феноменов Природы являются продуктами методов анализа и синтеза, но каждая дисциплина добавляет свою специфику к их универсальности. Добавить же к этим методам что-либо еще «общая теория систем» вряд ли способна.

«Рассмотрим простейшее определение системы:

— система есть совокупность или множество организационно связанных между собой частей, называемых подсистемами (элементами системы, обладающими свойством выделяемости из системы в соответствии с целевой задачей стороннего наблюдателя), и в свою очередь могущих являться системами» [33, с. 18].

Что дает читателю такое определение, если он знает, что в Природе нет «несистем»? Только, пожалуй, намек на какой-то «разум», который осуществляет «организационное связывание» подсистем. Если игнорировать такой «разум», то удивительно в любом фрагменте Природы не то, что он состоит из «организационно связанных между собой частей». Удивительно, почему он существует и наблюдаем, т. е. почему он «обладает свойством выделяемости»? Как наблюдаемый фрагмент Природы противостоит разрушающим силам? Получение ответов на эти вопросы и составляет

суть изучения любой системы, т. е. движение мысли о фрагменте Природы от видимого к сущности.

Несостоятельность системного подхода Л. фон Берталанфи академик П. К. Анохин [6] видел в том, что эта теория не учитывает при определении систем их значений, т. е. выполняемых функций, для объемлющих систем. Существование элемента в системе возможно до тех пор, пока элемент полезен системе. В противном случае возникает конфликт, завершающийся модификацией одной из конфликтующих сторон. Не по силе взаимодействия между подсистемами следует выделять системы в Природе, а по их системообразующим факторам.

Является ли системой коробок спичек, в котором спички не взаимодействуют ни между собой, ни со стенками внутри коробка? Или это — несистема? Но коробки спичек имеют свою историю. Они жили и живут по законам диалектики как все нормальные фрагменты Природы, развиваясь от менее совершенной к более совершенной конструкции. Называть их несистемами нет оснований потому, что существует их системообразующий фактор. Хотя этот фактор создает объемлющая спичечные коробки система, т. е. общество, но тем не менее он действует созидательно и стабилизирующе.

В положении коробка спичек находятся компьютер и искусственный спутник Земли. Их целостность и выделяемость в Природе создаются заклепками, а не теми взаимодействиями их подсистем, которые возбуждают объемлющие системы на их создание. Такова судьба всех изобретений человеческого разума. Все фрагменты Природы можно разделить на три класса по положению их системообразующих факторов. Если системообразующий фактор возникает внутри самой системы, как, например, у атома углерода, то естественно назвать ее «самоорганизующейся системой», а в противном случае, например в случае компьютера, — «искусственной системой». Логично допустить существование систем, на судьбу которых влияют как внутренние, так и внешние системообразующие факторы. Вероятно, к таким системам следует отнести мозг.

3.5. Динамическая система

Очевидно, универсальность принципа Ле-Шателье, или системообразующего фактора, объясняет популярность математической теории динамических систем [40], изучающей устойчивость, управляемость, идентификацию, оптимизацию, эквивалентности, структуры, декомпозицию и синтез динамических систем. В дальнейшем термином «динамическая система» будем обозначать математическую модель фрагмента Природы, которая удовлетворяет аксиомам следующего определения:

«Определение. *Динамической системой* Σ называется сложное математическое понятие, определяемое следующими аксиомами.

(а) Заданы: множество моментов времени T , множество состояний X , множество мгновенных значений входных воздействий U , множество допустимых входных воздействий $\Omega = \{\omega : T \rightarrow U\}$, множество мгновенных значений выходных величин Y и множество выходных величин $\Gamma = \{\gamma : T \rightarrow Y\}$.

(b) (Направление времени.) Множество T есть некоторое упорядоченное подмножество множества вещественных чисел.

(c) Множество входных воздействий Ω удовлетворяет следующим условиям:

(Не тривиальность.) Множество Ω не пусто.

(Сочленение входных воздействий.) Назовем отрезком входного воздействия $\omega_{(t_1, t_2)}$ для $\omega \in \Omega$ сужение ω на $(t_1, t_2) \cap T$. Тогда, если $\omega, \omega' \in \Omega$ и $t_1 < t_2 < t_3$, то найдется такое $\omega'' \in \Omega$, что $\omega''_{(t_1, t_2)} = \omega_{(t_1, t_2)}$ и $\omega''_{(t_2, t_3)} = \omega'_{(t_2, t_3)}$.

(d) Существует переходная функция состояния
 $\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X$,

значениями которой служат состояния $x(t) = \varphi(t; \tau, x, \omega) \in X$, в которых оказывается система в момент времени $t \in T$, если в *начальный момент времени* $\tau \in T$ она была в *начальном состоянии* $x = x(\tau) \in X$ и если на нее действовало *входное воздействие* $\omega \in \Omega$. Функция φ обладает следующими свойствами:

(Направление времени.) Функция φ определена для всех $t \geq \tau$ и не обязательно определена для всех $t < \tau$ ¹.

(Согласованность.) Равенство $\varphi(t; t, x, \omega) = x$ выполняется при любых $t \in T$, любых $x \in X$ и любых $\omega \in \Omega$.

(Полугрупповое свойство.) Для любых $t_1 < t_2 < t_3$ и любых $x \in X$ и $\omega \in \Omega$ имеем

$$\varphi(t_3; t_1, x, \omega) = \varphi(t_3; t_2, \varphi(t_2; t_1, x, \omega), \omega).$$

(Причинность.) Если $\omega, \omega' \in \Omega$ и $\omega_{(\tau, t]} = \omega'_{(\tau, t]}$, то

$$\varphi(t; \tau, x, \omega) = \varphi(t; \tau, x, \omega').$$

(е) Задано *выходное отображение* $\eta: T \times X \rightarrow Y$, определяющее выходные величины $y(t) = \eta(t, x(t))$. Отображение $(\tau, t] \rightarrow Y$, задаваемое соотношением $\sigma \mapsto \eta(\sigma, \varphi(\sigma; \tau, x, \omega))$, $\sigma \in (\tau, t)$ ², называется отрезком выходной величины, т. е. сужением $\gamma_{(\tau, t]}$ некоторого $\gamma \in \Gamma$ на $(\tau, t]$ » [40, с. 13].

Эти аксиомы позволяют создавать для фрагментов Природы математические модели в широком диапазоне — от конечного ав-

¹ Таким образом, обозначение $\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X$ не вполне корректно.

² Символ $a \mapsto b$ означает, что отображение $A \rightarrow B$ ставит в соответствие элементу $a \in A$ элемент $b \in B$.

томата до системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Они появились

«... в результате “идеализации свойств обыкновенных дифференциальных уравнений, которые со времени создания ньютоновой модели солнечной системы играют важную роль в физике”» [40, с. 22].

Функции ω и γ описывают взаимодействие системы с окружением, а функция φ — внутреннее поведение системы.

Признаки динамической системы демонстрирует и деятельность ЕИ. Реакция организма на любое воздействие определяется не только воздействием, но и состоянием организма. Речевое высказывание коллеги и реакцию на него реципиента моделируют функции ω и γ . Функция φ моделирует работу языковой компетенции и знания реципиента. К сожалению, неизвестно, вычислима ли эта функция, но ИСУ должна воспроизводить ее посредством компьютерной программы.

4. Информация.

4.1. Проблема информации

Дискуссии 70-х гг. XX в. о фрагменте Природы, который можно было бы именовать термином «информация», затихли, но не потому, что было достигнуто приемлемое решение проблемы, а просто тема вышла из моды. Такой финал укрепил у многих веру в высказывание Н. Винера, основоположника кибернетики, о том, что «информация — это информация, а не материя и не энергия». Начались поиски третьего компонента субстанции Природы:

«... информация — такое же объективное свойство материальных процессов как масса и энергия. Единственная разница состоит в том, что с понятиями энергии и массы наука имеет дело давно, а понятие информации стало систематически изучаться наукой в последние 15 — 20 лет, прежде всего в связи с развитием кибернетики, вычислительной техники и систем связи» [131, с. 16].

Здесь автор допустил неточность. Наука вынуждена была ввести в обиход понятия с именами «энергия» и «масса» потому, что натолкнулась в Природе на явления, объяснить которые без этих понятий не смогла, а явления, которые невозможно объяснить без термина «информация», пока не обнаружены. Шеннон и Винер занимались изучением не информации, а процессов передачи случайных сигналов по каналам связи с шумами.

«Чтобы подойти к технике связи с этой стороны, нам пришлось разработать статистическую теорию *количества информации*» [19, с. 55].

Но они не отождествляли количество информации и информацию.

Теория количества информации может оказаться полезной при конструировании аппаратуры, но она бесполезна для теории управления и моделирования ЕИ. Люди обмениваются телеграммами и письмами с целью управления. Но человек, если он в здравом уме, не вычисляет негэнтропию, т. е. количество информации, в полученной корреспонденции. Не появились и регуляторы с обратной связью, в которых с какой-то целью вычислялась бы негэнтропия полученной или отправленной информации. Изучение же понятия «информация» ничего не может дать, кроме «порочного круга». Знание природы информации может принести только изучение ее денотата, т. е. фрагмента Природы, обозначенного этим термином.

К счастью, инженеры, не смущаясь неудачами поисков в Природе денотата термина «информация», успешно совершенствовали аппаратуру для хранения, передачи и перекодирования информации. Им удалось даже создать Всемирную Паутину, которая опутала информацией всю Землю и успешно работает. Это наводит на мысль о том, что при поиске денотата термина «информация» разумно руководствоваться не мнением Винера, а «машинным» пониманием этого термина.

Поскольку разнообразие мнений еще не устранено, каждый автор должен начинать свое повествование с точного определения термина «информация», если он им пользуется. Но полезно иметь в виду, что этот термин является избыточным в научной терминологии. Академик И. П. Павлов прекрасно обходился без него в своих сочинениях по информационным процессам мозга. Более того, можно считать, что если словесное описание какого-либо феномена Природы невозможно выполнить без употребления термина «информация», то это верный признак сомнительного описания. Необходимость обсуждать интерпретацию этого термина вызвана тем, что им засорена литература по ИСУ. Термин «информация» часто используется в качестве словесного шума, т. е. он вставляется в высказывание без всякого смысла только ради красивого слога.

Очень часто в литературе информационный процесс трактуется как упомянутая уже «трехэтажная конструкция»: сигнал «несет» информацию, а информация «несет» смысл. Реципиент, приняв сигнал, извлекает из сигнала информацию, а из информации — смысл и преобразует смысл в действие. Но почему-то ни один исследователь ИСУ не интересуется процессами «извлечения». Подобная трактовка недопустима в теории ИСУ. Во-первых, она несовместима с принципом материалистического монизма, во-вторых, она несовместима с принципом «стальной иглы». Далее обсуждается более простая конструкция, которая не требует выхода за границы физических законов и достаточна для объяснения любых реальных информационных процессов.

4.2. Информация и компьютер

При определении денотата термина «информация» будем исходить из разделяемой многими гипотезы, что компьютеры сконструированы для обработки информации. Эта гипотеза послужила причиной появления модного выражения «информационная технология». Конечно, основная работа компьютера состоит в передаче энергии из источника с низкой энтропией в приемник энергии с высокой энтропией. Вычисление — это побочный эффект, сопровождающий движение энергии. Но пользователей компьютеров интересует только побочный эффект, и только ради него трудятся конструкторы компьютеров и программисты. Поэтому разумно определить термин «информация» исходя из компьютерного «понимания» этого термина, поскольку все творцы ИСУ, явно или неявно, полагаются на вычислительные возможности компьютера. Во всех последующих высказываниях термин «компьютер» может быть заменен термином «машина» с уточняющим, если необходимо, прилагательным «вычислительная».

Компьютер должен моделировать ЕИ (программно и/или аппаратно) в каждом изобретении ИСУ. Вычислительные возможности компьютера — это та область, границы которой не может перешагнуть ни одна конструкция ИСУ, несмотря на самые хитроум-

ные языки программирования и «представления знаний». Этот факт установлен в теории вычислений, где доказано, что каждый машинный алгоритм (а других не бывает), как отображение, эквивалентен некоторой частично-рекурсивной функции и, согласно тезису Черча [43, 44, 49], невозможно создать функцию, вычислимую в интуитивном смысле, но не принадлежащую классу частично-рекурсивных функций.

«Опыт — единственный источник истины: только опыт может научить нас чему-либо новому, только он может вооружить нас достоверностью. Эти два положения никто не может оспорить» [92, с. 116].

Точнее, только опыты с компьютером могут достоверно отвергать бесполезные для ИСУ толкования термина «информация» и не отвергать полезные. Других авторитетов нет. Если согласиться с утверждением, что компьютер обрабатывает информацию, то нельзя, не нарушая общечеловеческой логики, не согласиться и со следующими утверждениями (имеются в виду цифровые машины, но все рассуждения можно развить и для аналоговых машин):

- 1) Информация материальна (вопреки мнению Винера), поскольку машины не работают с «идеальными образами материальных объектов». Машина, как и мозг, может работать только с материальными образами материальных объектов потому, что только такие образы «даны в ощущении» и машине и мозгу.
- 2) Информация — это конечное множество материальных объектов, поскольку машина (как и человек) не работает с бесконечными множествами. Точнее, информация — это конечная материальная система.
- 3) Элементами информации являются символы некоторого фиксированного конечного алфавита. В машине — это обычно множество $\{0, 1\}$, но могут быть и другие конечные множества. Каждый символ алфавита в машине реализуется каким-либо материальным объектом, например, электрическим зарядом, электромагнитным полем, электрическим током, механическим смещением, позицией и т. д.

- 4) Все самые сложные машинные операции по обработке информации базируются на одной элементарной операции — сравнении физических свойств материальных объектов: электрических напряжений, токов, магнитных потоков и т. д. Сравниваются, например, длительности или величины. Поэтому машинная обработка информации только и только формальна, т. е. осуществляется сравнением символов по форме, а не по тому, что они обозначают.
- 5) Структуру, или конструкцию, информации образуют две формы упорядочивания символов: явный порядок и скрытый порядок. Явный порядок реализуется смежностью символов в пространстве или во времени. Скрытый порядок реализуется ссылками на позиции явного порядка групп символов и их размеры. Ссылки и размеры групп символов фиксируются конструкцией аппаратуры или программами.
- 6) Множество всех конечных упорядоченных подмножеств символов машины, удовлетворяющих явному и скрытому порядкам, называют языком машины.
- 7) Элементы языка машины используются либо для управления работой процессора компьютера в составе программ, либо как обрабатываемые процессором данные. В машинном языке нет деления элементов на программы и данные.
- 8) Любое машинное использование информации состоит в управлении генерацией новой информации, как, например, при вычислении суммы двух чисел процессором, или в управлении некоторым движением аппаратуры, как, например, при рисовании изображения на экране дисплея или при обработке заготовки фрезерным станком с ЧПУ. Машинное использование информации называют интерпретацией информации, а управляемую программу или аппаратуру — интерпретатором информации [28, 100].
- 9) Признак истинностного значения информации может назначать только ее интерпретатор, если обнаружит, что она является

изображением высказывания. Вне интерпретатора информация такого признака не имеет.

В качестве итога перечисленных свойств информации примем следующее

Определение 3:

Информация — это конечное, частично-упорядоченное множество элементов произвольной природы, для которого существует генератор и интерпретатор.

Так, березовая роща не является информацией для пробирающегося через нее пешехода, а березовая аллея — информация, интерпретацией которой может быть направление движения пешехода. Садовник является генератором этой информации, а пешеход — интерпретатором. Березовую аллею нельзя ввести в компьютер, а ее фотографию — можно. Березовая роща может быть информацией для пешехода, который определяет свое местоположение, сверяя упорядоченность символов на карте и упорядоченность видимых на местности объектов.

В дальнейшем термин «информация» используется в смысле определения 3 и сопровождается прилагательным «компьютерная» для отличия, если необходимо, от многих других интерпретаций, встречающихся в литературе.

Барабанная перепонка уха реципиента возбуждается информацией, явно упорядоченной по времени. Ее скрытый порядок может обнаружить только ЕИ. Сетчатка глаза реципиента возбуждается информацией, явно упорядоченной в пространстве, во времени и по частоте, т. е. энергии. Скрытый порядок, т. е. цветной образ фрагмента Природы, тоже может обнаружить только ЕИ.

Согласно предложенному определению термин «информация» является синонимом по денотату терминам «текст», «знак», «данное», «сигнал», «сообщение», «код», но смысл этих терминов различен. Термин «сигнал» обычно употребляют в качестве имени короткой во времени последовательности возмущений среды, например «сигнал SOS». Но телевизионный сигнал может быть кодом

полотна Рембрандта «Ночной дозор» или кодом текста поэмы «Евгений Онегин».

Из принципа единства материального мира диалектического материализма и определения 3 следует, что мысль человека — это информация, образованная какими-то элементами конечного алфавита. Возможно, это пять нуклеотидов. Особенность этой информации в том, что она не покидает пределов мозга и модифицируется операциями «ага».

Автор любого сочинения вправе принять любое другое определение, т. е. применить термин «информация» в качестве имени любого другого денотата или смысла. В литературе содержится изобилие таких определений. Но при этом следует убеждаться, что компьютеры могут обрабатывать элементы объема принятого понятия или их образы. Без этого условия денотат термина «информация» непригоден для машинного моделирования ЕИ, и все рассуждения об ИСУ, где используется этот термин, — ложны.

Обсудим несколько имеющихся в литературе определений. В толковом словаре по информатике читаем:

«ИНФОРМАЦИЯ [information]

1. Совокупность знаний о фактических данных и зависимостях между ними. Является одним из видов ресурсов, используемых человеком в трудовой деятельности и в быту. 2. В вычислительной технике — содержание, присваиваемое данным посредством соглашений, распространяющихся на эти данные; данные, подлежащие вводу в ЭВМ, хранимые в ее памяти, обрабатываемые на ЭВМ и выдаваемые пользователям» [77, с. 129].

Первые два денотата термина «информация» — «совокупность знаний» и «содержание, присваиваемое данным» — неприемлемы для теории ИСУ, поскольку не могут обрабатываться компьютером. Кроме того, они ложны. Человеку для трудовой деятельности необходимо знание Природы, а не каких-то «фактических данных». Третье толкование — «данные, подлежащие вводу в ЭВМ ...» — совпадает с предложенным выше определением, поскольку данные и есть информация.

М. Минский в [65, с. 150] о машине Тьюринга пишет:

«Поскольку машина может передвигаться вдоль ленты в любую сторону, она может вернуться к напечатанному ранее месту, чтобы использовать записанную там информацию. Как мы увидим, это делает возможным использовать ленту для запоминания произвольно большого количества информации».

В каком смысле употребляет М. Минский (автор теории фреймов, предназначенных для представления знаний) термин «информация»?

Для ответа на этот вопрос следует обратиться к описанию М. Минским машины Тьюринга. Из этого описания читатель узнает, что на ленту машины записываются символы некоторого фиксированного (для данного употребления машины) алфавита, т. е. информация (в смысле М. Минского) — это символ или линейно упорядоченная конечная последовательность символов некоторого конечного алфавита, а «количество информации» — это не энтропия, а число символов в этой последовательности. В определении машины Тьюринга не используется ни «смысл информации», ни «значение информации», ни «истинность информации».

«В соответствии с изложенным выше общим подходом к природе информации, который вытекает из самой сущности кибернетического синтеза теории связи и теории регулирования, информация может быть охарактеризована как *сохранение и воспроизведение ее носителем упорядоченности состояний ее источника, воздействующего на этот носитель*. Именно эта адекватная источнику упорядоченность, или пространственно-временная организация физических состояний носителя, позволяет последнему, если он используется в качестве регулятора, приводить исполнительные реакции системы управления в соответствие с особенностями источника информации. ...

Работающая в управляющей системе информация всегда существует в форме *сигналов*, которые являются ее структурной единицей, воплощенной в каком-либо материальном процессе (напряжение электрического тока, колебания звукового давления, импульсы нервного возбуждения и т. д.) » [18, с. 44].

Очень близки к эмпирической истинности эти утверждения автора, но порождены слишком путаной мыслью. Если «организация физических состояний носителя» адекватна, т. е. гомоморфна, упорядоченности состояний источника информации, то этого необходимо и достаточно для того, чтобы один носитель, без всякой информации, выполнил функцию управляющей последовательности (не «регулятора»). «Носителю» незачем что-либо «носить». Если в системах управления существуют только сигналы, то почему нужно обсуждать структуру информации, а не структуру сигналов. Для ясности рассуждений автору следовало бы исключить термин «информация», а пользоваться термином «сигнал».

Часто термин «информация» встречается в работах психолога Дж. Брунера:

«Мы сознательно употребляем термин *информация* для обозначения воспринимаемых раздражителей, поскольку нас интересуют не энергетические характеристики раздражителя, а его сигнальные свойства» [16, с. 85].

«Воспринимаемые раздражители» — это физические, т. е. материальные, процессы. Воспринимаемый раздражитель приобретает «сигнальные свойства» после того, как в мозгу образуется рефлекторная связь между ним и восприятием его причины.

«Соответствие — есть основа информации. Три лампочки светофора ничего не означают, если им не поставлены в соответствие: зеленый свет — движение разрешено, красный — запрещено, желтый — готовность к изменению. Сочетание букв становится осмысленным словом, если ему соответствует вполне определенный образ или действие. Поток информации — это поток соответствий. Соответствие означает **ограничение свободы**» [21, с. 40].

Прав Э. М. Галимов, утверждая, что «соответствие — есть основа информации» и что «соответствие означает ограничение свободы». Информация всегда передается от генератора к интерпретатору, например от светофора пешеходу, для ограничения свободы движения последнего. Но поток информации — это не поток со-

ответствия. Соответствие — это множество пар, а передается через пространство и/или время только один член пары.

В быту и в науке, особенно в гуманитарных дисциплинах, очень часто выражение «получить информацию о ...» интерпретируется как выражения «узнать о ...» или «получить знание о ...». Поэтому многие авторы используют термин «информация» как синоним термина «знание» или «факт». Это не запрещено, но ведет к противоречиям, если не различается с компьютерным толкованием информации. Историк В. Н. Ильин предложил несколько определенных информации:

«Первым, абсолютно необходимым и естественным шагом является признание того, что информация — это взаимодействие, то есть отношение субъекта и объекта» [36, с.132].

«Информация — это форма внешнего объекта, существующая в действии субъекта. Камень остается таким, каким его создала природа миллионы лет назад, однако изменился воспринимающий его субъект — человек. Когда-то он мог использовать его как рубило, и тем объем информации о камне ограничивался. Когда же оказалось, что из одного камня можно выплавить металл, другой использовать для обогрева, а третий сделать ювелирным украшением, все возможные действия, связанные с его преобразованиями, и стали теми каплями в океане информации, которой обладает ныне человечество» [36, с. 133].

«Терабайты компьютерной памяти становятся информацией, превращаются в идеальные образы только тогда, когда их использует человеческий интеллект...Поэтому бессмысленно, в частности, говорить об “информационных взаимодействиях” между машиной и человеком или “между машинами”» [36, с. 135].

«Передача информации необходимо предполагает ее *освоение*. Строго говоря, и передается-то не она сама, а только материальные знаки, порождающие в голове или ином органе образ, соответствующий развитию воспринимающего субъекта. Поэтому, вручая кому-то книгу или пересылая с одного компьютера на другой определенное количество электромагнитных импульсов, мы передаем только материальный носитель информации, где она пребывает в застывшей, потенциальной форме. Образы действия, которые представлены в языке, изображениях и любых других знаках, могут быть закодированы и перекодированы множеством различных способов (как теорема Пифагора доказывается и

геометрически, и алгебраически). Однако эти знаки будут актуализированы только тогда, когда превратятся в идеальные представления — тот самый живой образ, который определяет способ действия» [36, с. 137].

К счастью, инженеры не совершили опрометчивого шага, признав, «что информация — это взаимодействие, то есть отношение субъекта и объекта». Иначе им не удалось бы создать для компьютеров надежные и емкие устройства хранения информации. Хранить где-либо «взаимодействие, то есть отношение субъекта и объекта» невозможно. Такое взаимодействие можно воспроизводить в эксперименте, но не хранить.

Каждый автор вправе определять любой термин по-своему. Нет никаких причин не объявлять денотатом термина «информация» «отношение субъекта и объекта». Но такое объявление обращает в ложные высказывания многие утверждения, которые воспринимаются как утверждения о самоочевидных фактах. Очевидно, это заставляет автора приведенных выдержек утверждать, что компьютеры, а следовательно и Всемирная Паутина, не работают с информацией. Как может машина работать с «отношением субъекта и объекта»? Но автор забывает о логике. Если информация — это «отношение субъекта и объекта», то она не может быть «формой внешнего объекта». Возможно, в электромагнитных импульсах «отношения объекта и субъекта» и пребывают в «застывшей, потенциальной форме». Но современная наука этот факт еще не установила, очевидно, потому, что не определилась с физической природой «застывшей, потенциальной формой» «отношения субъекта и объекта». К сожалению, и автор не пояснил, каким образом нужно «осваивать» «отношения субъекта и объекта» при их передаче и как эти отношения могут проникать в электромагнитные импульсы.

Утверждение о том, что материальные знаки могут превращаться в идеальные представления — ложно. Мозг превращает фрагмент Природы в знак другого фрагмента Природы или события, формируя и запоминая материальную связь между следами в мозгу от воздействия этих фрагментов. Адекватная реакция мозга

на восприятие знака начинается с образования сенсорной системой в мозгу следа знака. На этом работа знака и прекращается. Далее мозг строит реакцию на знак на основании хранимых в памяти ассоциаций. Примерно так же используют знаки в технике и инженеры. Сами материальные знаки не способны «актуализироваться» или «превращаться в идеальные представления». Фрагмент Природы используется мозгом или машиной как знак другого фрагмента Природы только потому, что он не содержит ничего от обозначаемого фрагмента.

Конструкторы любых систем управления, в том числе и интеллектуальных, имея дело с информацией, занимаются, прежде всего, ее формой и «смыслом», т. е. гомоморфными отображениями.

4.3. Кодирование и преобразование информации

В литературе очень часто встречаются выражения «кодирование информации» и «преобразование информации» без каких-либо пояснений. Но эти метафоры являются дезориентирующими для компьютерной информации. Они возбуждают ложные представления о происходящих в Природе явлениях.

Выражение «кодирование информации» не имеет смысла, потому что код и есть информация, а информация всегда есть код. Нет кода — нет информации. Информацию, т. е. код, можно либо генерировать заново, либо перекодировать, но не кодировать. К трубке Торричелли можно приложить линейку, градуированную в миллиметрах. Взяв отсчет высоты столбика ртути в трубке, мы получим информацию об атмосферном давлении в миллиметрах ртутного столбика в данный момент времени и в данном географическом пункте. Эту информацию можно перекодировать: перевести в другую систему счисления, в физические атмосферы или в текст разговорного языка.

Измерение — это процесс создания информации, т. е. кода, или знака, значения измеряемой величины. Каждая сенсорная система мозга работает как измерительный прибор. Компьютерную

информацию производит либо измерительный прибор, либо речь человека. Других источников компьютерной информации в Природе нет. Ни в том, ни в другом случае кодирования информации не происходит.

Повар с помощью мясорубки преобразует кусок мяса в фарш, а затем термической обработкой фарш преобразует в котлету. Котлета отличается от исходного мяса, но не белками. В мясе и в котлете одни и те же белки, только различаются они формой, или конформацией, как говорят биохимики. Если информация преобразуется где-либо подобным способом, то это неизвестно автору настоящих строк. Информация всегда используется как управляющая последовательность для изменения состояния некоторого объекта без какого-либо собственного преобразования. Этот процесс управления и обозначают термином «интерпретация информации».

Говорят, что транслятор преобразует программу входного языка, например C++, в программу объектного языка, например Ассемблера. На самом деле транслятор не осуществляет такого преобразования. Он выявляет структуру исходной программы и использует ее для управления синтезом заново создаваемой объектной программы, обычно отличной структуры и над отличным алфавитом [42]. Ассемблер назвали Ассемблером потому, что он собирает заново объектную программу под управлением исходной программы из элементов, которые не принадлежат исходной программе. Аналогично программа для фрезерного станка с ЧПУ управляет преобразованием заготовки в деталь, но сама в деталь не преобразуется. Штурман, прокладывая маршрут корабля, пользуется картой, т. е. информацией в форме карты, но карту не преобразует в маршрут. Импульс воздушного давления возбуждает барабанную перепонку уха у реципиента, что является причиной появления нервного импульса, называемого потенциалом действия, или спайком, но сам в нервный импульс не преобразуется.

Не происходят процессы преобразования информации и в мозгу. Нервный импульс, достигнув по аксону пресинаптической

мембраны, открывает электровозбудимые кальциевые каналы, а сам затухает в результате восстановления равновесия электрических зарядов, разделенных мембраной. Ионы кальция, поступая внутрь синаптической бляшки, инициируют цепочку физических процессов, в результате которых в синаптическую щель выбрасывается порция молекул медиатора [113]. Эта порция молекул не является «преобразованием» всплеска электрического потенциала пресинаптической мембраны, а существовала в плазме в готовом виде или в виде химических предшественников до его появления.

Некоторые материальные системы обладают механизмом памяти для хранения поступающей извне информации, т. е. следов физического воздействия внешнего мира на систему. Но поскольку внешняя информация — это управление, изменяющее состояние системы, а механизму памяти доступно только внутреннее состояние системы, то память фиксирует не внешнюю информацию, а информацию о состоянии системы. Пусть, например, пружинные весы, предназначенные для измерения массы подвешенного груза, снабжены механизмом памяти. Масса груза этому механизму недоступна, поэтому память фиксирует только растяжение пружины, компенсирующее вес груза. Но вес груза и растяжение пружины связаны коэффициентом жесткости, который может зависеть от многих факторов, например, температуры пружины, старения, растяжения и т. д. Это же можно сказать о памяти любых живых организмов. Предлагая теорию эволюционного развития знания, К. Р. Поппер пишет:

«Можно сказать, что описанный здесь процесс открытия или получения знания о мире является скорее побуждающим (evocative), нежели научающим (instructive) ... Мы изучаем окружающую действительность, не обучаясь у нее, а принимая ее вызов: она вызывает у нас определенные реакции (в том числе и наши ожидания, прогнозы или предположения), а ее изучение происходит путем исключения неудачных реакций — иначе говоря, мы учимся на своих ошибках. Такого рода побуждающий метод может, тем не менее, имитировать, или симулировать, обучение: его результаты могут иметь такой вид, как будто мы построили свои теории, начав с наблюдений и далее двигаясь по индукции» [85, с. 256].

Таким образом, по гипотезе К. Р. Поппера, знание — это не след внешнего воздействия на нервную систему, а след ее реакции на внешнее возбуждение. Замена внешней информации системы внутренней является одной из причин физического индетерминизма в информационных процессах, который проявляется в том, что причина не всегда однозначно определяет следствие во всех деталях. Индетерминизму подвержены информационные процессы между открытыми неравновесными стационарными системами. Вероятно, это обстоятельство обуславливает явления в поведении людей, которые философы и психологи называют «свободой воли». Человек свободно выбирает реакцию на возникшее противоречие, свободно выявляет в ней ошибки, свободно их исправляет. Но все эти свободы не случайные выборки по схеме Бернулли, а направляются умением, приобретенным личным опытом или полученным по наследству. Успешное разрешение противоречия создает представления о детерминизме.

Компьютерная информация во всех известных случаях интерпретации находится с результатом интерпретации в отношении «причина—следствие». Но следствие всегда по времени, а часто и качественно, отлично от причины, потому что не является результатом преобразования причины. Таково, например, отношение между ускорением материального тела и гравитацией. Причинно-следственное отношение существует между текстом, созданным автором для возбуждения в мозгу реципиента желаемой мысли, и фактической мыслью реципиента. В головах разных реципиентов редко возбуждаются схожие мысли одним и тем же текстом. Ни один мозг не способен преобразовать текст в мысль. При наличии языковой компетенции мозг может осуществлять только гомоморфные отображения текстов в мысли и обратные отображения — мыслей в тексты.

Все сказанное выше является основанием для утверждения, что термины «информация» и «управляющая последовательность» — синонимы и по денотату, и по смыслу.

4.4. Материальность информации

Утверждение о материальности информации непосредственно следует из принципа материалистического монизма.

Пусть движения физического объекта Б зависят от движений удаленного в пространстве или во времени физического объекта А. Например, действия пешехода зависят от смены цветов уличного светофора, выбор рабочей пчелой направления и дальности полета зависит от танцевальных движений другой рабочей пчелы, мнение народного заседателя зависит от выступления свидетеля в суде и т. д. В этих случаях говорят, что между объектом А и объектом Б передается информация, или передается сигнал, или передается текст. Если человек не отбрасывает эти высказывания как ложные, то это означает, что он отождествляет на основании своего опыта денотаты терминов «информация», «сигнал» и «текст», хотя возбуждают они в его сознании различный смысл. Каждый из этих терминов используется в высказывании в качестве имени некоторого физического, т. е. материального, процесса. Исчерпывающее объяснение физического взаимодействия объектов А и Б не нуждается в выходе за пределы принципа материалистического монизма. Денотатом термина «информация» в приведенных примерах являются физические процессы, например, акустические колебания, возбуждаемые речеобразующим трактом человека, или поток фотонов, отражаемых от поверхности пчелы, а потому модулируемый ее движениями.

Любой фрагмент Природы — это система, образованная взаимосвязанными подсистемами. Если подсистемы разделены пространством и/или временем, то их взаимосвязь осуществляется посредством информации.

Определение 4:

Информационная связь — это последовательность физических процессов, реализующая причинно-следственное отношение между состояниями разделенных пространством и/или временем фрагментов

Природы для согласования их совместного поведения.

Естественно, как обычно, последовательность может состоять из одного физического процесса, как, например, в случае вибраций барабанной перепонки уха. Прилагательное «информационная» используется только для того, чтобы указать, что уровень энергии физических процессов не имеет значения для работы связи.

Свойства денотата компьютерного термина «информация» обобщаются без каких-либо противоречий на все известные применения информации в Природе, т. е. в технике, обществе и животном мире. Везде информация используется для объединения разъединенных пространством и/или временем фрагментов Природы. ЦУП (Центр управления полетами) передает информацию на борт космического корабля для изменения поведения космонавтов или изменения режима работы какого-либо бортового механизма, например, компьютера. Поэт публикует свое стихотворение с целью повлиять на эмоцию далекого читателя. Симбиоз летучих мышей и мотыльков привел к появлению вида мотыльков, которые спасаются от зубов мыши тем, что резко изменяют направление полета, как только акустическое излучение мыши достигнет их тела. Клетки многоклеточного организма обмениваются с помощью тока крови белковыми молекулами — гормонами — для согласования своих состояний таким образом, чтобы поддерживать стабильность всего организма.

Пример информационной связи разделенных пространством биологических систем содержится в описании жизненного цикла амебы *Dictyostelium discoideum*, изученного в лаборатории. При благоприятных условиях — достаточном количестве пищи — амебы живут отдельными клетками, перемещаясь в водной среде. Но если пищи недостаточно, они объединяются в многоклеточное тело, которое самостоятельно перемещается в поисках благоприятных условий. Обнаружив такие условия, многоклеточное тело вновь преобразуется в множество отдельных клеток.

«В течение этого процесса наблюдаются следующие явления. Прежде всего, после установления условий нехватки питательных веществ некоторые клетки начинают синтезировать и выделять во внеклеточную среду химическое вещество, известное под названием циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) и играющее роль своего рода сигнала. ... Диффундируя во внеклеточной среде, выделенный клетками “пионерами” цАМФ достигает поверхности соседних клеток. После этого происходят события двух типов. Во-первых, эти клетки направленно движутся в область повышенной концентрации цАМФ (так называемый *хемотаксис*). ... Во-вторых, процесс агрегации ускоряется за счет способности клеток усиливать сигнал и передавать его дальше по среде. Это позволяет организму контролировать большую территорию и формировать многоклеточное тело, содержащее около 10^5 клеток» [70, с. 43].

В этом и во всех других случаях информация материальна, т. е. «дана нам в ощущении» либо непосредственно, либо через измерительные приборы. Некоторые мудрецы утверждают, что нематериальную информацию «несет» ее материальный носитель. Возможно, они и правы, если отказаться от принципа материалистического монизма. Электромагнитные волны, возмущения давления атмосферы, макромолекулы, потоки бесцветных фотонов, печатные тексты и так далее могут и нести что-то, что не «дано в ощущении». Но ни в филогенезе, ни в творчестве инженеров не появились сенсорные системы для ощущения того, что «не дано в ощущении». Вероятно, потому, что и в том и в другом случае такие сенсорные системы не потребовались. И филогенез, и инженеры обошлись для объединения разделенных пространством и/или временем фрагментов Природы физическими процессами.

Чтобы убедить читателя в обоснованности своей работы, В. А. Фомичев пишет:

«В целях поиска принципов разработки нового подхода к математическому описанию структурированных единиц концептуального уровня, соответствующих ЕЯ-выражениям, был проведен системный анализ закономерностей передачи информации русским, английским, немецким и французским языками, а также был изучен состав и способы комбинирования первичных информационных единиц, используемых в современных языках представления знаний в СИИ» [114, с. 18].

Здесь ЕЯ — естественный язык, СИИ — система искусственного интеллекта, а «концептуальный уровень» — это, вероятно, уровень мышления. Где еще могут находиться концепты, «соответствующие ЕЯ-выражениям»? Наука, почему-то считает, что «структурированные единицы концептуального уровня, соответствующие ЕЯ-выражениям», — это формы мысли, называемые «суждениями».

К сожалению, автор не позаботился определить денотаты терминов «информация» и «первичная информационная единица». Но если это не синонимы термина «текст», то вряд ли «был проведен системный анализ закономерностей передачи информации». Не существует способов наблюдения за нематериальной «информацией», которую «носит» материальный носитель. Вероятно, автор передавал тексты и наблюдал интроспективно собственную интерпретацию этих текстов до передачи и после передачи. Но и без «системного анализа» ясно, если ни текст, ни интерпретатор не меняются во время передачи, то не меняется и интерпретация текста. Противоположное мнение противоречило бы практике оформления текстами договорных обязательств или идентификации граждан паспортами.

Не имеют «первичных информационных единиц», кроме текстовых, и «языки представления знаний в СИИ».

4.5. Форма информации

Определение 5:

Форма информации — это физическая природа элементов информации и способы их упорядочивания в конечных множествах.

Информационные связи нужны для реализации причинно-следственных отношений между состояниями разделенных пространством или/и временем объектов. Обывательский подход обычно не относит физический процесс к информационной связи, если природа его не отличается от физической природы состояний

разделенных объектов. Так, радиальное перемещение вращающихся масс центробежного регулятора Уатта передается механическими рычагами через пространство задвижке паропровода. Эту связь никто не обсуждает как информационную, вероятно, потому, что вся она образована последовательностью механических перемещений, но разных элементов. Другое дело — передача телевизионным сигналом изображения картины Рембрандта «Ночной дозор». Однако сущность связи и в том и в другом случае одна и та же.

Допущение в определении 3 «произвольной природы» элементов снимает какие-либо ограничения на их физическую природу. Физическая природа элементов информации отлична от физической природы состояний связанных информацией объектов всегда, если состояния объектов невозможно передавать через пространство и/или время. В таком случае для организации информационной связи источник информации должен осуществлять гомоморфное отображение множества своих состояний в множество информации, а реципиент — гомоморфное отображение множества информации в множество своих состояний. Особенностью реализации этих гомоморфизмов является то, что прообразы и образы их должны быть различной физической природы.

Здесь использована форма множественного числа слова «информация», что может быть воспринято как грамматическая ошибка. Но в информационной связи обычно принимает участие не одно конечное упорядоченное множество каких-то элементов, а множество конечных множеств, т. е. множество информации. Таким образом, логика снимает необоснованное грамматическое ограничение.

Во всех технических информационных системах физическая природа элементов информации выбрана конструктором, исходя из экономичности и надежности передачи информации через пространство и/или время, а также возможности и удобства реализации аппаратуры источника и приемника информации. Эти же критерии использовались в эволюции при создании органов чувств и

систем управления у живых организмов. Это относится и к генетическим процессам управления живой клетки, и к процессам управления организмов.

«...Выполняя одну и ту же знаковую функцию, пантомима и звук как бы конкурировали между собой, и в этой конкуренции победил более экономичный и оперативный звук. Нечленораздельный звук, становясь многозначным, начал варьироваться и стягиваться до тех пределов, в которых он оставался отличным от других звуков. Каждый такой звук имел свое значение ... Это уже были слова-предложения» [26, с. 103].

Для преодоления пространства при информационной связи необходимо перемещать материю в пространстве: электромагнитные или акустические возмущения, макромолекулы, бандероли с книгами и т. д. Для преодоления времени необходимо сохранять во времени состояния материальных объектов: магнитных дисков с файлами, ДНК, книг в библиотеках, мыслей и т. д. Обычно движение в пространстве сопровождается движением во времени, но конструкции устройств оказываются различными. Для преодоления пространства создаются радиорелейные линии связи, а для преодоления времени — библиотеки и машинные базы данных.

Информация может состоять из одного единственного элемента, как, например, символа на клавише клавиатуры. В таких случаях проблемы порядка информации не возникает. Но поэма «Евгений Онегин» — многоэлементная информация. В таких ситуациях упорядочивание информации вызывает массу проблем технических и теоретических.

Конечный набор правил упорядочения элементов в информации называют синтаксисом. Множество всех конечных множеств, удовлетворяющих фиксированному синтаксису, называют языком с данным синтаксисом. Информационная связь между разделенными пространством и/или временем объектами возможна только в том случае, если и источник информации, и реципиент пользуются одним и тем же синтаксисом, т. е. одним и тем же языком. Информация в действующей системе связи — это всегда элемент кон-

кретного языка, синтаксис которого задан конструкциями источника и приемника информации.

Стадо коров — конечное множество, но не упорядочено и поэтому не является информацией. Но стадо коров можно упорядочить, например с помощью пастухов, и тогда его можно использовать в качестве информации. Можно было бы предложить кодеры и декодеры для сопоставления буквам алфавита разговорного языка упорядоченных последовательностей разномастных коров и передавать любые тексты разговорного языка между любыми географическими пунктами Земли. Но такие информационные системы не создают, вероятно, по техническим и экономическим причинам. Гораздо проще передавать акустические или электромагнитные разнообразия, которые не требуют вещественной пищи.

Барабанная перепонка реципиента принимает информацию, упорядоченную по времени. Это пример явной, т. е. наблюдаемой, упорядоченности информации. Но информация часто имеет и скрытую от постороннего наблюдателя и даже от реципиента упорядоченность.

Генерация и интерпретация информации всегда осуществляется методами анализа и синтеза. Анализ принятой информации в интерпретаторе имеет целью распознать ее скрытую структуру и по этой структуре синтезировать действие или информацию иной структуры [42]. Генератор информации анализирует прообраз информации и по результатам анализа синтезирует скрытую структуру информации. Правила, которыми пользуются интерпретатор при распознавании скрытой структуры информации и генератор информации при синтезе ее скрытой структуры, и есть синтаксис языка, элементом которого является информация. Многие проблемы информационной связи вызываются тем, что в информации синтаксис языка отсутствует. Он фиксирован только конструкциями интерпретатора и генератора информации. Скрытые формы информации изучает математическая теория формальных грамматик.

Простой пример. Процессор компьютера должен сложить два числа в форме с плавающей точкой, например $.5 \cdot 2^{-3} + (-1.5 \cdot 2^{+2})$.

Коды этих чисел процессор получает из памяти компьютера в виде линейно упорядоченной последовательности из нулей и единиц. Эту последовательность можно наблюдать, например, на экране осциллографа. Для выполнения операции процессор должен в каждом коде выделить знак числа, знак порядка, порядок и мантиссу, ибо по сопоставлению этих компонент кодов чисел синтезируется результат операции сложения. В кодовых представлениях чисел границы соответствующих участков не указаны и поэтому не могут быть обнаружены наблюдением с помощью осциллографа. Правила определения этих участков на основании видимого порядка нулей и единиц в кодах чисел фиксированы конструкцией процессора. Результат сложения процессор синтезирует тоже в форме двоичного кода, содержащего участки знака числа, знака порядка, порядка и мантиссы, упорядоченные, как и в исходных кодах. Это дает возможность процессору использовать впоследствии результат как код числа с плавающей точкой. Таким образом, процессор одновременно выполняет функции интерпретатора и генератора информации в системе связи по времени.

Более сложный пример — компьютерная программа в форме линейно упорядоченной последовательности единиц и нулей. Для конкретной конструкции процессора эта последовательность разделена на машинные команды, каждая из которых — последовательность двоичных кодов. Но наблюдатель, не знающий конструкции процессора, не способен выявить структуру программ в последовательности нулей и единиц. То же можно сказать о тексте программы на любом языке программирования. Для любого наблюдателя, не владеющего соответствующей языковой компетенцией, этот текст не более чем «филькина грамота». Еще один пример приведен в разделе 4.7.

Аналогичный феномен существует и при речевом общении людей. Скрытый порядок текста создает речевая компетенция автора, а речевая компетенция реципиента используется для распознавания этого порядка. В этом случае используются не только синтаксические правила, но и смысловые отношения между понятиями.

ми. Тождество языковых компетенций автора и реципиента, скорее, редкость, чем правило, но проявляющиеся расхождения могут устраниваться путем взаимной дискуссии.

Бывают, и очень часто, ситуации, когда приемник информации не располагает синтаксисом источника информации, но должен или адекватно реагировать на информацию, или проявлять любопытство. И. П. Павлов определил любопытство как врожденный рефлекс «Что такое?» животного или человека. В таких случаях работа приемника с информацией сливается с процессом познания. В физике много примеров подобной работы с информацией. Л. М. Мухин следующим образом описывает один из таких эпизодов [68]:

«Явление дисперсии — зависимости преломления света от длины волны — известно уже давно. Еще Ньютон в 1655 году, используя стеклянную призму, разложил солнечный свет на отдельные цвета — получил первую спектральную картину. Но действительное начало спектроскопических работ в астрономии мы должны связать с именем баварского самоучки И. Фраунгофера, который тщательно изучая преломления света различных цветов призмами, открыл в спектре Солнца более 500 темных линий, названных впоследствии его именем.

Однако объяснить природу этих линий Фраунгофер не смог. Лишь в 50-х годах XIX века, после смерти Фраунгофера, благодаря работам Кирхгофа и Бунзена были установлены основные законы спектрального анализа. ... Кирхгофу удалось отождествить часть этих линий с эмиссионными линиями некоторых земных элементов.

... Спектральный анализ предоставил поразительную возможность дальнейшего определения химического состава атмосфер далеких планет и звезд. Поскольку спектральные линии для каждого элемента точно известны, любые их сдвиги за счет доплеровского эффекта дают возможность вычислить скорость объекта.

Но мне хотелось бы подчеркнуть незаменимость спектрального анализа для астрономии как инструмента при определении химического состава и физических свойств далеких небесных объектов».

Этот пример интересен тем, что информация на Землю от далеких звезд о химическом составе их атмосферы передается отсутствием материального элемента в упорядоченной системе, т. е.

в спектре излучения. Интерпретация этой информации возможна потому, что физики знают, эмиссии каких химических элементов должны заполнять в спектре пустые места.

Частичная упорядоченность допускает многомерные представления информации. Машиностроительный чертеж, схема, рисунок, географическая карта — это примеры информации с фиксированным синтаксисом. А рисунки, произведения художников и скульпторов очень часто являются информацией с неизвестным синтаксисом, потому что художественная фантазия игнорирует всякие правила. В этом случае иллюзия реципиента создает то, что называют «виртуальной реальностью».

4.6. «Смысл» информации

Что имеют в виду, когда употребляют выражение «смысл информации» («смысл сигнала», «смысл текста», «смысл мысли»)? Очевидно, некоторое свойство или что-то такое, что может быть обнаружено физическим исследованием информации, т. е. конечного упорядоченного множества каких-то элементов. С материальной информацией такое исследование может быть проведено реально или хотя бы умозрительно. Но если информация не материальна, то даже умозрительное представление невозможно, а следовательно, «смысл информации» — ни на чем не основанная фантазия. Физическое исследование конечного упорядоченного множества элементов может обнаружить физическую природу элементов и даже определить их способ упорядочения, но больше — ничего. Что еще может дать физическое изучение потоков бесцветных фотонов, испускаемых уличным светофором?

Принцип «стальной иглы» говорит о том, что принимаемая органами чувств живого организма из окружающей среды информация, т. е. проксимальные стимулы, не содержит никакого смысла, который мог бы проникать в мозг, например через барабанную перепонку уха. Тем не менее это не мешает организму адекватно откликаться на воздействия среды. А нужен ли «смысл информации» для технических систем, например для радиосвязи? Ни бортовая

аппаратура спутника, ни космонавты не могут извлекать смысл из радиосигналов, даже если последние будут преобразованы в естественную речь.

В каждой действующей информационной системе источник и приемник информации взаимодействуют между собой, как управляющая и управляемая системы. В некоторых случаях они время от времени меняются ролями. Источник передает информацию приемнику для того, чтобы изменить его состояние. Так, один человек передает другому человеку текст, пытаясь побудить его к некоторому действию. Таким образом, информация в действующей системе связи является управляющей последовательностью, но управляющая последовательность, изменяя состояния управляемой системы, сама никаких признаков или свойств этих состояний не имеет. Стоя под душем, вы вращением вентиля горячей воды можете регулировать температуру воды душа. Управляющей последовательностью в этом процессе управления являются повороты вентиля. Но эти повороты не содержат нужной вам температуры.

Гомоморфизм источника информации является барьером между физической природой его состояний и физической природой информации. Гомоморфизм реципиента является барьером между физической природой принимаемых информации и физической природой его состояний. Сенсорная система пешехода не преобразует красный свет светофора в состояние «Стоять», а зеленый в состояние «Иди», о чем говорят нарушения правил уличного движения.

Математической моделью приемника информации, такого как телевизионный приемник, ЧПУ фрезерного станка или транслятор языка программирования, может быть динамическая система (разд. 3.5.). В этом случае интерпретацию информации моделирует переходная функция состояния $\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X$. Результат интерпретации $x(t) = \varphi(t; \tau, x, \omega) \in X$ информации $\omega \in \Omega$ определяется состоянием $x = x(\tau) \in X$ на момент $\tau \in T$ поступления информации в приемник. Полезно обратить внимание, во-первых, на то, что представление

информации в модели функцией $\omega: T \rightarrow U$, где T — множество моментов времени, а U — множество мгновенных значений входных воздействий, не имеет никакого «смысла», и, во-вторых, на то, что реакция приемника на входную информацию зависит от его состояния. В биологии все сложнее, но и здесь исследователи стремятся к моделям такого же типа [1, 109].

Таким образом, ни в одной информационной системе информация не имеет никакого смысла. Это означает, что принцип «стальной иглы» является универсальным для всех информационных систем, искусственных и естественных. Он наблюдается не только в работе сенсорных систем мозга, но и приемников информации иных конструкций.

Языковая компетенция студентов ввела в заблуждение крупнейшего лингвиста Л. В. Щербу, когда он предложил им фразу «Глбкая куздра штэко будланула ббкра и курдячит бобренка», а они извлекли «смысл» из этой фразы [111, с. 373]. Это подтвердило мнение многих о том, что «форма содержательна»! Но у иноязычных студентов, например турок, эта фраза не вызвала бы никаких ассоциаций. Не форма фразы содержательна, но форма фразы возбуждает мысль, детерминированную языковой компетенцией, т. е. мысль «определяется состоянием $x = x(\tau) \in X$ на момент $\tau \in T$ поступления информации в приемник».

Результат интерпретации информации тоже называют интерпретацией, но чаще либо значением, либо смыслом в зависимости от природы этого результата. Интерпретацией программы для ЧПУ является машиностроительная деталь, изготовленная станком. В случае беседы двух людей функции интерпретаторов языка — разговорного, математического, химического и так далее — выполняют их ЕИ. Интерпретацией высказывания разговорного языка или стехиометрической формулы химического соединения может оказаться мысль реципиента.

Согласно определению 3 данные и программы — это информация. Когда информация обрабатывается процессором компьютера, ее называют данным, когда информация управляет дейст-

виями процессора, ее называют программой. И в том и в другом случае информация должна быть элементом (правильным выражением) машинного языка с синтаксисом, фиксированной конструкцией компьютера. Ни в том, ни в другом случае информация не содержит в себе ни смысла, ни значения. Обработка данных или исполнение программы — это интерпретация информации.

Одна и та же информация, представленная двоичным кодом в памяти компьютера, одним устройством управления компьютера может интерпретироваться, например графической фигурой на экране дисплея, другим устройством управления — перемещением каретки принтера, а третье устройство управления воспринимает этот код как адрес памяти.

Авторы работы [32, 33] возлагают надежды на «концептуально-зависимую информацию» или «концептуально-зависимые языки» для успешного построения ИСУ. Но машины, а ИСУ является машиной, с такой информацией и с такими языками работать не могут. Контекстно-зависимым может быть интерпретатор языка, но не язык.

Язык уличного светофора содержит три знака. Знак «красный» запрещает пешеходу переход улицы. Но часто, не обнаружив транспорта ни слева, ни справа, пешеход идет на красный свет через улицу. Это проявление концептуальной зависимости, которая фиксирована не в языке и даже не в светофоре, а в интерпретаторе языка — в голове пешехода.

Умудренные конструкторы интерпретаторов всегда стараются создавать контекстно-зависимые интерпретаторы. Например, ЧПУ станка при одном условии (контексте) интерпретирует некоторый код горизонтальным перемещением инструмента, а при другом условии (контексте) тот же код интерпретируется вертикальным перемещением другого инструмента.

Машинным программам доступна только форма обрабатываемой информации и недоступен ее смысл. Если программа способна отличить слово «я» от слова «ты», то эта процедура основана на различии двоичных кодов букв. Придумать программу, кото-

рая могла бы различать слова «я» и «ты» на основании различия денотатов или смыслов этих слов, не представляется возможным, поскольку машина не имеет доступа к этим сущностям.

Неустранимые противоречия между фрагментами Природы и их описаниями на любых языках, в том числе и на разговорном, явились причиной ограничений применения автоматического управления (гл. 12). Возможно это же явилось причиной появления в литературе выражения «неполная информация» [123, с. 183]. Мнение о «неполной информации» возникает, если наблюдается неправильное, или неадекватное, поведение человека или автомата. Некоторые авторы предлагают в этом случае увеличивать «количество информации». Польза от этой рекомендации зависит от толкования терминов «информация» и «количество информации». Компьютерная информация не может быть неполной. Она либо есть, либо ее нет. Если компьютерная информация есть и есть ее интерпретатор, например программа для ЧПУ и фрезерный станок с ЧПУ, то информация может быть использована в управлении. Если нет интерпретатора, то это равносильно отсутствию информации.

Бесполезно увеличивать негэнтропию или число символов компьютерной информации, поскольку она не содержит смысла. Если реципиент не знает таблицу умножения, то увеличение разрядности чисел не поможет ему вычислять их произведения. Не поможет ему и изменение вероятности предъявления чисел. Если алгоритм автомата неприменим к входному слову, то бесполезны многократные предъявления автомату этого слова, даже с разными вероятностями. Для устранения феномена «неполной информации» необходимо модифицировать интерпретатор информации, т. е. реципиенту необходимо выучить таблицу умножения, а конструктору автомата изменить алгоритм. Во многих случаях после таких мероприятий объем информации, необходимый интерпретатору для той же реакции, может быть даже уменьшен. Этим И. Н. Горелов объясняет «рациональный метод скорочтения газет» [Приложение Б].

Часто информация используется как знак факта, и поэтому отождествляются термины «информация» и «факт», например в высказывании: «Задача неразрешима из-за недостатка информации». В этом случае рекомендация увеличивать количество информации, т. е. количество фактов, не лишена смысла. Но с фактами работает не информационный процесс, а познание. Познание неизбежно включает информационный процесс, но не сводится к нему, к накоплению и перекодированию информации, т. е. фактов. К тому же следует добавить, что выбор полезных для решения научной проблемы фактов из неограниченного их моря — проблема, как показал А. Пуанкаре [92, с. 372], не имеет формального решения, а требует творчества, т. е. операций «ага» исследователя.

4.7. Сэр Р. Пенроуз о машине Тьюринга

«Выдающийся ученый современности, активно работающий в различных областях математики, общей теории относительности и квантовой теории; автор теории твисторов.

Р. Пенроуз возглавляет кафедру математики Оксфордского университета, а также является почетным профессором многих зарубежных университетов и академий. ... В 1994 г. за выдающиеся заслуги в развитии науки королевой Англии ему был присвоен титул сэра» [75].

Р. Пенроуз в [75, с. 58] привел текст:

```
101011011010010110101001110100101101011110100001110100101  
011101001011101010001101001011011010101010110101010110101  
0100 (A)
```

Любознательный читатель может попытаться извлечь из этого текста смысл или хотя бы скрытую в нем форму. Вероятно, он заподозрит, что этот текст изображает натуральное число в двоичной системе счисления, и переведет его в привычную десятичную систему:

450 813 704 461 563 958 982 113 775 643 437 908.

На этом исследование текста прекратится, потому что он ничего не содержит, кроме линейной упорядоченности символов. Даже правила перевода представления числа из одной системы счисления в другую содержатся не в тексте, а в голове любознательного читателя. Чтобы выяснить смысл текста, нужно обратиться к генератору текста и/или к интерпретатору текста, т. е. к автору [75]. Нужно знать правила, которыми пользовался генератор текста при его синтезе, и/или знать правила, которыми должен пользоваться интерпретатор для синтеза результата интерпретации, т. е. смысла, текста.

Полезно еще раз напомнить: для выяснения отношения смысла и текста любого языка, необходимо изучать не тексты языка, а генератор и/или интерпретатор языка. Это непосредственное следствие принципа «стальной иглы».

В литературе можно встретить много имен, денотатом которых является последовательность (A). Например, «сигнал», «управление», «информация», «текст», «рекурсивная функция», «число», «алгоритм», «машина Тьюринга», «натуральное число» и т. д. Смыслы этих имен различны, а денотат один. Не может один денотат содержать в себе смыслы даже перечисленных имен. Автор высказывания, направляемого собеседнику, выбирает имя последовательности по контексту. Р. Пенроуз привел в работе [75] последовательность (A) как иллюстрацию денотата и смысла выражения «механическая вычислительная процедура». Убедительный ответ на вопрос, что такое «механическая операция» и что такое «алгоритм», дал английский математик А. Тьюринг. Предложили свои определения этих понятий и несколько других математиков, проводивших независимые математические исследования. Все определения оказались эквивалентными, т. е. следствиями одного другого.

«Это значительно укрепило точку зрения, известную как *тезис Черча-Тьюринга*, которая утверждает, что машина Тьюринга (или ее эквивалент) на самом деле определяет то, что в математике понимают под ал-

горитмической (или выполнимой, или рекурсивной, или механической) процедурой» [75, с. 55].

Текст (A) — это алгоритм, под управлением которого машина Тьюринга прибавляет единицу к заданному натуральному числу. Этот алгоритм записан на языке, интерпретатором которого является универсальная машина Тьюринга. Одновременно текст (A) можно использовать как порядковый номер специализированной машины Тьюринга, которая выполняет единственную рекурсивную функцию — отображает натуральное число на следующее натуральное число. Универсальной называют такую машину Тьюринга, которая может работать как любая другая машина Тьюринга. Для этого на вход универсальной машины нужно подать номер другой машины и исходные данные. Все современные компьютеры являются реализациями в металле идеи универсальной машины Тьюринга.

Тот факт, что текст (A) и все подобные тексты не содержат смысла, может не вызвать никаких эмоций у любознательного читателя по той причине, что форма этого текста непривычна. Другое дело текст разговорного языка. Утверждение, что ни один текст разговорного языка не содержит смысла, может вызвать не только удивление, но и возмущение у любознательного читателя. Что за чушь! Для того, чтобы узнать смысл текста (A), нужно прочитать тексты главы 2 в работе [75]. Но эти тексты не содержат никакого смысла! Ведь читатель читает тексты только для того, чтобы извлекать из них смысл, т. е. знания! Это мнение возникает на ежедневном опыте читателя, т. е. на его здравом смысле. Но видимость обманчива. Она противоречит принципу «стальной иглы».

Если термином «слово» обозначить последовательность графических символов или акустических шумов, то придется соглашаться с физиологами, что мозг работает не со словами, а с их следами в мозгу. При восприятии письменных или устных текстов, составленных из часто употребляемых слов, возбуждение их следов в мозгу происходит настолько быстро, что создается ложное представление, будто эти следы вводятся в мозг словами. Реакции

же мозга на незнакомые слова почему-то игнорируются, что и создает ложную иллюзию об извлечении смысла из текста.

«Кроме исследования работы мозга с помощью арифметических тестов, проводятся исследования реакции мозга на фразы.

Если предъявляется хорошая правильная фраза, где правильны и грамматика и семантика, мозг реагирует на нее быстро. Если предъявляется фраза, где страдает грамматика, ответ на нее будет позже. Если страдает семантика, ответ будет еще чуть позже. Если — и то, и другое, мозг среагирует еще медленнее. А если предъявить не фразу, а квазифразу (нечто похожее на фразу, но бессмысленное), то ждать реакции придется еще дольше. И уже за всем за этим следует очень слабенькая активность, соответствующая двигательному ответу, — человек либо нажимает на кнопку, либо говорит “да” или “нет”. Что интересно, так это когда предъявляются грамматически поврежденная фраза и семантически поврежденная фраза по отдельности, на их гистограммах прослеживается как бы части гистограммы, полученной, когда страдает и то, и другое» [10].

Сэр Р. Пенроуз в работе [75], как и рекомендует педагогика, пошел на хитрость, чтобы поставить принцип «стальной иглы» и познавательные механизмы читателя на службу своих целей. Он не создавал тексты для транспортировки своих знаний в мозг читателя. Он создавал тексты для управления движением знания читателя путем возбуждения мыслей в мозгу читателя, сходных со своими. С этой целью он:

- 1) определил минимальный уровень знания, с которого должен начинать читатель; этот уровень должен включать школьный курс арифметики, достаточный для понимания алгоритма Евклида. Если читатель не владеет таким уровнем, он должен обратиться к другим возбудителям знания;
- 2) строит высказывания таким образом, чтобы они возбуждали в мозгу читателя суждения, истинностные значения которых мог бы оценить мозг читателя, используя свою языковую компетенцию и механизмы познания;
- 3) высказывания в текстах упорядочивает таким образом, чтобы мозг читателя мог оценивать истинностные значения первоначальных

чальных суждений на основании начального знания, а всех последующих суждений — на знании, расширенном предыдущими суждениями.

Использование такой стратегии позволяет автору управлять развитием мысли любознательного читателя от незнания к знанию фундаментальных идей теории вычислений и информатики. Нелюбознательный читатель может не включать при чтении текстов своего механизма познания. Ему достаточно механически зафиксировать в мозгу следы знакомых и незнакомых слов для того, чтобы успешно сдать экзамен по информатике. После экзамена мозг очищается от ненужных следов.

Следует обратить внимание на то, что пункты 1 — 3 возбуждают развитие знания у реципиента в порядке, примерно аналогичном порядку развития теорем формальной теории математиком.

Управлять движением любого объекта можно только на основе закона движения этого объекта. В математических моделях фрагментов Природы (разд. 3.5.) этот закон представляет переходная функция состояния динамической системы. Мышление человека не является исключением несмотря на то, что о его переходной функции состояния ничего неизвестно. Однако все же установлено, что познание Природы, в том числе и текстов разговорного языка, осуществляется методами анализа и синтеза. В случае понимания текстов — анализа и синтеза суждений, возбуждаемых текстами в мозгу реципиента. Кроме того, установлено, что в развитии мысли ведущим может быть либо анализ, либо синтез. В соответствии с этим логики пользуются выражениями «нисходящий» и «восходящий» варианты определения понятий.

«Различие между нисходящим и восходящим проявляется не только в определениях, но также и в формулировках и построении доказательств, и в написании компьютерных программ. Доказательства могут быть представлены в традиционном, восходящем, математическом виде: сначала осмысление того, что дано, затем вывод новых заключений из предыдущих и окончание доказательства, когда цель достигается. Но, с другой стороны, доказательства могут быть представлены и нисходящим способом, который отражает процесс его развертывания: процесс воз-

врата назад от цели при помощи сведения целей к подцелям, заканчивающийся тогда, когда обнаруживается, что все подцели достигнуты. ...

Имеется глубокое различие между анализом (нисходящее) и синтезом (восходящее), между телеологией (нисходящее) и детерминизмом (восходящее). Более того, преимущественное применение нисходящего вывода по сравнению с восходящим выводом согласует классический, логический взгляд на рассуждение в том виде, как должно его проводить с психологическим пониманием того, как рассуждение проводится на практике. Нисходящее рассуждение соотносит человеческую стратегию решения задач при помощи сведения целей к подцелям с методом выполнения компьютерных программ при помощи замены процедурных вызовов телами этих процедур. Оно увязывает изучение логики как с изучением человеческих методов поиска решений, так и с изучением компьютерного программирования» [47, с. 23].

Р. Пенроуз использовал «традиционный, восходящий, математический» способ развития мысли читателя. Но мозги обывателей, программистов, математиков и даже логиков не столь ортодоксальны в выборе способа познания. Они используют смешанную стратегию управления движением мысли, т. е. диалектическую взаимосвязь анализа и синтеза.

5. Генетическая информация

Кратко рассмотрим понятие генетической, т. е. наследственной, информации живой клетки [45, 96, 103, 109] с целью укрепить веру в то, что свойства компьютерной информации можно обобщать на другие случаи информационных процессов. К сожалению, это рассмотрение потребует погрузиться, но не очень глубоко, в пучину биохимической и генетической терминологии. Рассмотрение покажет, что наследственная информация:

- материальна и объяснение сущности всех информационных процессов в клетке и между клетками не требует постулирования субстанции не «данной в ощущении»;
- является линейно упорядоченным текстом языка с определяемым физическими законами синтаксисом;
- используется внутриклеточными процессами управления для связи материальных процессов, разделенных пространством и/или временем;
- генерируется и интерпретируется химическими процессами;
- преобразуется на основе операций сравнения биомолекул по форме (структурной комплементарности), а не по значению, т. е. не на основании функций соответствующих белков;
- не содержит смысла, т. е. функций тех белков, конструкции которых она представляет;
- передает наследуемые признаки потомству только и только при совместной передаче со своим интерпретатором.

Генетики и биохимики часто в своей литературе употребляют термин «информация» или «генетическая информация», но почти всегда сопровождают такое словоупотребление или описанием уже известного биохимического механизма причинно-следственной связи, или предлагают гипотезу о таком механизме.

Жизнь клетки — это хорошо организованное в пространстве и во времени движение многочисленных белков и нуклеиновых кислот. Программу этой организации клетка получает в наследство от своих предков в форме молекул дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК). Совокупность всех таких молекул клетки называют ее геномом, или генотипом. Геном клетки — это архив опыта, накопленного филогенезом ее вида. Организация движения белков клетки является результатом интерпретации ее генома.

Совокупность всех наблюдаемых и скрытых от наблюдения свойств клетки принято в генетике именовать термином фенотип. В более узком толковании в качестве денотата этого термина можно принять множество концентраций всех белков клетки. Но это абстрактно, поскольку, несмотря на то что в каждый момент времени в

клетке находится конечное число видов белков, их количество исчисляется сотнями тысяч, а возможно и миллионами. В понятии «фенотип» важно то, что он является совместным продуктом взаимодействия генома клетки и окружающей ее среды. Другими словами, интерпретация генома детерминирована внешней средой таким образом, что клетка стремится в каждый момент времени противостать среде, т. е. действовать по принципу Ле-Шателье (гл. 10).

Назовем генетической системой клетки совокупность всех процессов и молекул, участвующих в интерпретации ее генома. Рис.1 изображает обобщенную схему генетической системы клетки, а на рис. 2 показана более детальная схема. Оба рисунка — это схемы неравновесных стационарных открытых систем. Адекватность этих схем подтверждена не только лабораторными экспериментами, но и производством лекарственных препаратов.

Клетка — это открытая система. Состояние клетки, далекое от состояния термодинамического равновесия, поддерживают потоки через нее энергии и вещества, извлекаемые из пищи. Сложные последовательности химических реакций, осуществляющие это извлечение, называют метаболизмом. Коротко, метаболизм — это разложение (анализ) молекул пищи на простые компоненты и соединение (синтез) их в новых конфигурациях для получения строительных блоков, называемых метаболитами, для всех компонент клетки.

Рост и деление клеток зависит от наличия доступных форм химической энергии. Энергия, содержащаяся в молекулах пищевых веществ, заключена главным образом в ковалентных связях восстановленных углеродных соединений; она освобождается при окислительно-восстановительных превращениях этих молекул.

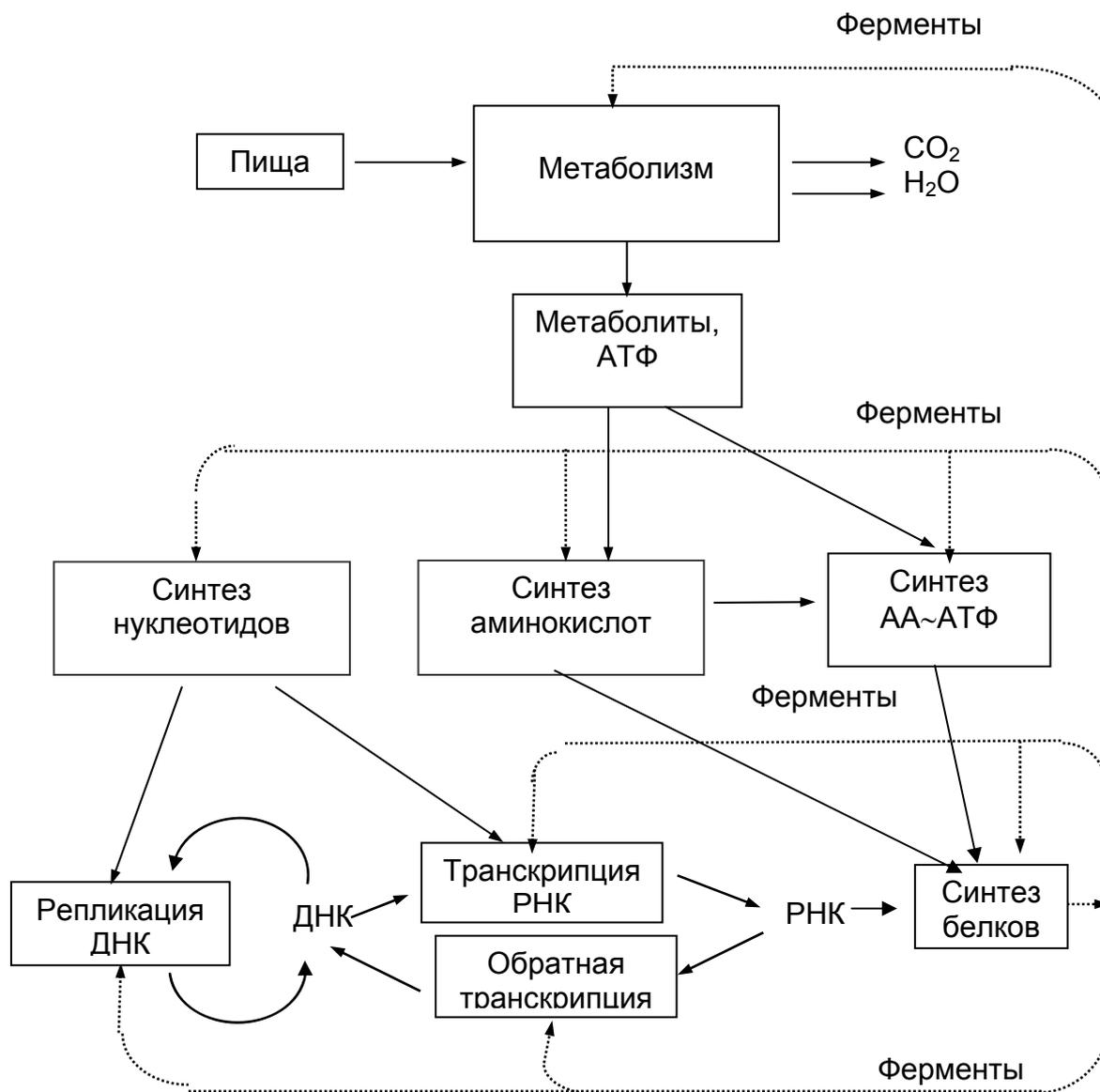


Рис. 1. Генетическая система клетки.

Эта энергия не выделяется полностью в виде тепла. Более половины ее запасается путем образования новых химических связей. В этих превращениях главную роль играют атомы фосфора. Фосфорные эфиры — промежуточные продукты превращений — содержат больше доступной энергии, чем большинство известных соединений. Богатые энергией фосфатные группы переносятся на акцепторные молекулы, такие как аденозиндифосфат (АДФ) или гуанозиндифосфат (ГДФ), которые после присоединения одного фосфатного остатка переходят в аденозинтрифосфат (АТФ) и гуанозинтрифосфат (ГТФ).

Нуклеиновые кислоты и белки — это полимеры, построенные из мономеров разных типов, которые нерегулярно распределяются вдоль полимера. Мономеры нуклеиновых кислот называют нуклеотидами, или мононуклеотидами. Это сложные органические молекулы, состоящие из остатков сахара пентозы — рибозы и дезоксирибозы, которые связаны с азотосодержащими гетероциклами, называемыми основаниями нуклеотидов. Пентоза содержит пять атомов углерода, которые принято нумеровать от 1' до 5'. У дезоксирибозы углеродный атом 2' связан с двумя атомами водорода, а у рибозы — с одним атомом водорода и с гидроксильной группой (ОН⁻). Соответственно нуклеиновые кислоты разделяются на два больших класса: рибонуклеиновые кислоты (РНК), построенные из рибонуклеотидов, и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК), построенные из дезоксирибонуклеотидов.

В состав нуклеотида входит один из пяти гетероциклов: урацил, тимин, цитозин, аденин и гуанин. Аденин (А), гуанин (G) и цитозин (С) входят в состав как ДНК, так и РНК. Тимин (Т) за редким исключением входит только в ДНК, а урацил (U) — только в РНК. Урацил, тимин и цитозин — производные пиримидина и поэтому называются пиримидиновыми основаниями. Аденин и гуанин — производные пурина и называются пуриновыми основаниями.

В молекулах нуклеиновых кислот образуются водородные связи между пиримидиновыми и пуриновыми основаниями, которые называются комплементарными связями (d обозначает дезоксирибонуклеотид, а r — рибонуклеотид):

dA спаривается с dT; dG спаривается с dC;
dA спаривается с rU; dC спаривается с rG;
rA спаривается с dT; rC спаривается с dG;
rA спаривается с rU; rG спаривается с rC;
dG спаривается с rC; rG спаривается с dC.

Эти спаривания составляют основу матричного принципа синтеза полимеров на молекулах нуклеиновых кислот.

Молекулу ДНК образуют две цепи линейно упорядоченных мононуклеотидов, закрученные вокруг общей оси и образующие

двойную спираль. Цепи спирали удерживаются связями между комплементарными основаниями одной цепи и другой: аденин всегда спарен с тиминном (dAdT), а гуанин — с цитозином (dGdC). В результате образования таких пар последовательность дезоксирибонуклеотидов одной цепи однозначно определяет их последовательность в другой, т. е. цепи двойной спирали ДНК комплементарны.

Большинство клеточных РНК — одноцепочечные молекулы, но в одиночных цепях образуются короткие внутримолекулярные двухцепочечные участки. Это связано с тем, что в большинстве РНК имеются небольшие комплементарные последовательности, которые спариваются и образуют петли.

Комплекс, образованный молекулой ДНК с обслуживающими ее работу и связанными с ней белками, называют хромосомой. Во всех клетках любого организма, за одним лишь существенным исключением половых клеток, содержится одно и то же, вполне определенное число хромосом. Клетки человека содержат 46 хромосом, а носорога — 84. Хромосомы разделяются на гомологические пары по морфологическому сходству. Хромосомы человека образуют 23 гомологические пары.

По организации хромосом в клетках их разделяют на два класса — прокариот и эукариот. Прокариоты, или «доядерные клетки», — клетки, в которых хромосомы не окружены мембраной, а распределены в цитоплазме. Это наиболее простые и древние клетки. Эукариоты — клетки, в которых хромосомы заключены в ядре, отделенном собственной мембраной от остальных компонент клетки. Кроме ядра, в плазме клетки могут находиться и распределенные молекулы ДНК, называемые плазмидами. Плазмиды могут участвовать в конъюгации (разд. 1.6.).

Эукариоты очень разнообразны и сложны по составу. Объем их превышает в 10^3 — 10^4 раз объем прокариот. Упоминание о таком разделении клеток полезно в связи с тем, что все фундаментальные сведения о работе генетических систем клеток получены в результате исследования прокариот или их вирусов. Наиболее изу-

ченной оказалась обитающая в желудке человека и некоторых животных бактерия *Escherichia coli* (*E.coli*). А процессы ЕИ — это коллективная работа эукариот — нейронов и нейроглии.

Эволюция создала две процедуры размножения клеток: путем деления клетки при благоприятных условиях на две дочерние и деления с образованием половых клеток. Первый процесс называют митозом, а второй — мейозом. И в митозе, и в мейозе перед делением клетки все хромосомы в ней дублируются, и каждая дочерняя клетка получает полный набор гомологических пар хромосом. В мейозе каждая дочерняя клетка делится еще раз на две дочерние, но без дублирования хромосом. Образуются четыре клетки с полным набором одиночных хромосом, извлеченных из каждой пары гомологичных хромосом. Из этих клеток образуются сперматозоиды или яйцеклетки. Клетки с набором одиночных хромосом называют гаплоидными, а с набором пар хромосом — диплоидными. В процессе оплодотворения гаплоидные клетки сливаются и образуют диплоидные клетки.

При дублировании хромосомы образуются две копии содержащейся в ней молекулы ДНК. Этот процесс называют репликацией ДНК. Таким образом, дочерние клетки получают копии генома родительской клетки. Но этого недостаточно для передачи наследуемых признаков. Чтобы молекула ДНК могла выполнять роль информации в дочерней клетке, последняя должна получить от родительской клетки также генератор и интерпретатор информации. Иногда случаются события, называемые мутациями и рекомбинациями, которые вносят изменения в передаваемые по наследству молекулы ДНК. Хотя эти события происходят очень редко, они очень важны и для эволюции, и как инструменты генетических исследований.

Многоклеточные организмы вырастают из единственной клетки, обычно из оплодотворенного яйца. Развитие организма — онтогенез — происходит путем конечного числа делений, сопровождающихся последовательным изменением клеток от поколения к поколению, приводящим к высокоспециализированным клеткам.

Этот процесс называют клеточной дифференцировкой. Программы клеточной дифференцировки (в организме человека свыше двух сотен типов клеток) содержит геном каждой клетки. Фенотипы клеток различных органов различны, а это означает, что генетические системы клеток должны откликаться не только на внутриклеточные события, но и на межклеточные.

Жизнь клеток основана на тех же самых законах химии, которые управляют поведением молекул вне клетки. Клетки не содержат каких-либо атомов, которых нет в окружающей неживой природе; они не синтезируют таких молекул, которые химики не могли бы когда-нибудь синтезировать искусственно. Поэтому никакой особой химии живого не существует. Биохимия имеет дело не с особыми химическими законами, а изучает свойства молекул, обнаруженных в живой клетке (биомолекул). Но имеются важные особенности химических процессов клетки.

«Первая особенность состоит в том, что молекулярные системы в живом веществе находятся в состоянии непрерывного и необратимого взаимодействия. Эти взаимодействия приводят к последовательной цепи синтеза и распада. Прямая и обратная реакция, как правило, не уравновешены. Но поток вещества во времени и соответственно концентрации промежуточных веществ сохраняются более или менее неизменными, поскольку синтез осуществляется из ресурсов одного резервуара, а распад с той же скоростью осуществляется в другой резервуар. Системы, обладающие такими свойствами, называются стационарными. Биологические системы являются неравновесными системами, находящимися в стационарном состоянии или стремящимися к стационарному состоянию.

Вторая особенность, тесно связанная с первой, состоит в том, что прокачивание потока вещества требует непрерывного расхода энергии. К живым системам должна непрерывно доставляться энергия. Будучи изолированными от источника энергии, биологические системы немедленно деградируют.

Следующая особенность химии живых систем состоит в том, что все химические реакции в живых организмах протекают под управлением ферментов. В обычной химической среде хаотично движущиеся молекулы сталкиваются между собой. Если энергия столкновения превосходит прочность связей атомов в молекуле, то связь разрывается. Становится возможной перегруппировка атомов, создание новых комбинаций. Если

новая комбинация атомов устойчива, она закрепляется в виде новой молекулы. С увеличением температуры энергия движения превосходит предел прочности все большего числа разных видов молекул.

В организме каждый акт взаимодействия молекул происходит не путем их хаотического столкновения, а под управлением фермента. Фермент — это большая молекула белка, прихотливо свернутая в объемное трехмерное образование. В ферменте есть участок, называемый активным центром. На этом участке разыгрывается акт взаимодействия молекул той химической реакции, которой управляет данный фермент. На активном участке могут разместиться только вполне определенные молекулы, имеющие определенную геометрию и определенным образом ориентированные. В результате только один вполне определенный тип реакции с определенным результатом может иметь место. Каждый фермент, подобно рабочему на конвейере, выполняет только одну вполне определенную химическую реакцию» [21, с. 36].

Каждый белок состоит из одного или нескольких полимеров — полипептидов, образованных из аминокислотных остатков. Установлено, что все клетки используют один и тот же набор из 20 аминокислот. Их названия перечислены в таблице «Генетический код клетки». Тип полипептидной цепи определяется длиной цепи, равной числу аминокислотных остатков в ней, и размещением последних вдоль цепи. Число различных типов полипептидов длины n равно 20^n .

Свои функциональные обязанности белки могут выполнять, только находясь в определенной пространственной конфигурации, которая определяется аминокислотными конфигурациями его полипептидных составляющих (первичных структур) и условиями среды. Важность пространственной структуры белка для его функционирования определяется тем, что он должен избирательно связываться с определенными партнерами или, как принято говорить в биохимии, «узнавать» конкретного партнера. Узнавание партнера — это первый шаг функциональной активности фермента. Для узнавания необходима правильная взаимная ориентация реагирующих молекул и активного центра фермента. Связь активного центра с партнерами образуется в результате многоточечного взаимодействия между определенными группами атомов. Совпа-

дение пространственного расположения взаимодействующих групп атомов тоже называют комплементарностью.

Молекулы ДНК выполняют две разные функции. Первая — последовательность пуриновых и пиримидиновых оснований каждой цепи служит матрицей, по которой воссоздается новая цепь при репликации. Вторая — участки молекулы ДНК, называемые генами, детерминируют синтез ферментов и всех других белков, необходимых для синтеза новых молекул ДНК. Установлено, что линейное расположение нуклеотидов в ДНК и аминокислот в белках взаимосвязано.

Экспрессия гена — это процесс построения по дезоксирибонуклеотидной последовательности участка ДНК, содержащего ген, молекулы РНК с комплементарной рибонуклеотидной последовательностью и, далее, по рибонуклеотидной последовательности молекулы РНК построение аминокислотной последовательности полипептидной цепи. Первое построение называют транскрипцией ДНК в РНК, а второе — трансляцией РНК в полипептидную цепь. Молекулу РНК, построенную в процессе транскрипции гена, называют информационной, или матричной, и обозначают мРНК.

При транскрипции гена одна из цепей молекулы ДНК используется в качестве матрицы для построения молекулы мРНК. На каждом шаге присоединения рибонуклеотида к растущей цепи молекулы мРНК очередной дезоксирибонуклеотид матрицы определяет выбор из цитоплазмы подходящего по условию комплементарности рибонуклеотида. При трансляции работу матрицы выполняет молекула мРНК, поэтому она так и названа. На каждом шаге присоединения аминокислотного остатка к растущей полипептидной цепи очередные три рибонуклеотида молекулы мРНК определяют тип аминокислоты. Идея генетического кода, т. е. кодирования аминокислот триплетами рибонуклеотидов, возникла после установления этого факта.

Генетический код включает 64 триплета из рибонуклеотидов, которые называют кодонами. 20-ти аминокислотам сопоставлен 61 кодон. Каждому кодону соответствует одна аминокислота, но одной

аминокислоте сопоставляется несколько кодонов. Конец кодирования полипептидной цепи отмечается одним из трех кодонов: UAA, UAG и UGA. Комплементарные к этим кодонам триплеты в молекуле ДНК отмечают конец гена, а триплет, комплементарный к кодону AUG, кодирующему аминокислоту метионин, отмечает начало гена в молекуле ДНК. Генетический код клетки показан в таблице. Установлено, что это универсальный код для всех видов клеток; универсальны и механизмы его использования клетками.

Генетический код клетки.

Аминокислота	Аббревиатура	Кодоны
Аланин	ALA (А; Ала)	GCA, GCG, GCC, GCU
Аргинин	ARG (R; Арг)	AGA, AGG, CGA, CGG, CGC, CGU
Аспарат	ASP (D; Асп)	GAC, GAU
Аспарагин	ASN (N; Асн)	AAC, AAU
Цистеин	CYS (C; Цис)	UGC, UGU
Глутамат	GLU (E; Глу)	GAA, GAG
Глутамин	GLN (Q; Глн)	CAA, CAG
Глицин	GLY (G; Гли)	GGA, GGG, GGC, GGU
Гистидин	HIS (H; Гис)	CAC, CAU
Изолейцин	ILE (I; Иле)	AUA, AUC, AUU
Лейцин	LEU (L; Лей)	UUA, UUG, CUA, CUG, CUC, CUU
Лизин	LYS (K; Лиз)	AAA, AAG
Метионин	MET (M; Мет)	AUG
Фенилаланин	PHE (F; Фен)	UUC, UUU
Пролин	PRO (P; Про)	CCA, CCG, CCC, CCU
Сербин	SER (S; Сер)	AGC, AGU, UCA, UCG, UCC, UCU
Треонин	THR (T; Тре)	ACA, ACG, ACC, ACU
Триптофан	TRP (W; Три)	UGG
Тирозин	TYR (Y; Тир)	UAC, UAU
Валин	VAL (V; Вал)	GUA, GUG, GUC, GUU
	STOP	UAA, UAG, UGA

Пары «аминокислота, кодон» в цитоплазме клетки реализуются с помощью специализированных молекул РНК, называемых транспортными (тРНК). В каждой клетке присутствует очень много

разных молекул тРНК, которые состоят обычно из 75 — 85 нуклеотидов. Работа тРНК при трансляции сводится к двум уникальным процессам. Первый состоит из присоединения аминокислоты к определенному концу родственной тРНК. Родственной аминокислоте является та молекула тРНК, которая содержит в определенном месте триплет, комплементарный кодону, поставленному генетической таблицей в соответствие аминокислоте. Триплет, комплементарный кодону, называют антикодоном. Связи аминокислот и родственных тРНК катализируются ферментами аминоацил-тРНК-синтетазами. Эти ферменты и осуществляют выбор для связи нужных членов. Образующиеся молекулы называют аминоацил-тРНК и обозначают AA~тРНК. Здесь символ «~» указывает на наличие в молекуле высокоэнергетической химической связи.

Второй процесс в работе тРНК состоит в специфическом связывании молекулы аминоацил-тРНК с соответствующим кодоном молекулы мРНК. Но для этого мРНК должна находиться в рибосоме.

Трансляция молекул мРНК осуществляется надмолекулярными частицами, называемыми рибосомами. Рибосомы индифферентны в отношении синтезируемых ими белков или их функций. Состоит рибосома из двух субчастиц — большой и маленькой. Обе субчастицы образованы специальными молекулами РНК, называемыми рибосомными (рРНК), и многими белками.

Белки и молекулы рРНК выполняют функции катализа многочисленных химических реакций на различных этапах трансляции. Этот процесс протекает непрерывно, но в нем обычно выделяют три этапа: инициацию, элонгацию и терминацию.

Вне связи с мРНК рибосома пребывает в разобранном состоянии — большая и маленькая субчастицы в цитоплазме существуют отдельно. Инициация трансляции начинается, когда маленькая субчастица столкнется с мРНК и обнаружит в ней стартовый кодон AUG. Этот кодон спаривается с антикодоном молекулы метионинацил-тРНК. К образовавшемуся комплексу присоединяется большая субчастица, и на этом этап инициализации заканчива-

ется. Далее, на этапе элонгации, рибосома работает как единое целое.

При ассоциации двух рибосомных субчастиц образуются два функциональных участка, необходимых для сборки полипептидной цепи: А-участок и Р-участок. Рибосома перемещается вдоль молекулы мРНК от стартового кодона к терминальному с шагом в один кодон. А-участок «видит» кодон, следующий за кодоном, который «видит» Р-участок. В этих участках происходит спаривание кодонов мРНК и комплементарных им антикодонов молекул аминоксил-тРНК.

Перед присоединением очередной аминокислоты к синтезируемой полипептидной цепи кодон в Р-участке связан с антикодоном аминоксил-тРНК. Построенный уже участок полипептидной цепи своим растущим концом присоединен к аминоксилотному остатку этой молекулы аминоксил-тРНК. Кодон А-участка свободен и ожидает партнера. Рано или поздно в результате диффузии этот партнер появляется в форме молекулы аминоксил-тРНК с антикодоном, комплементарным кодону в А-участке. После спаривания кодона и антикодона в А-участке события развиваются следующим образом. Построенный участок цепи перемещается из Р-участка в А-участок и пристраивается к аминоксилотному остатку находящейся там молекулы аминоксил-тРНК. Молекула тРНК в Р-участке, освобожденная от «хвоста», удаляется из рибосомы и может далее принимать участие в новых химических преобразованиях.

Комплекс молекулы аминоксил-тРНК с удлиненным «хвостом» из А-участка перемещается в освободившийся Р-участок. А-участок освобождается, а рибосома перемещается дальше на один кодон по мРНК. Повторяется следующий шаг элонгации.

Элонгация продолжается до того момента, пока в А-участке не появится один из трех терминальных кодонов: UAG, UAA или UGA. Для этих кодонов нет тРНК с комплементарными антикодонами. Это вызывает отсоединение полипептидной цепи от молекулы тРНК в Р-участке, освобождение тРНК и диссоциацию рибосомы.

Одну молекулу мРНК могут обрабатывать одновременно несколько рибосом. После того как рибосома сдвинулась со стартового кодона мРНК, к этой же молекуле может подключиться следующая рибосома. У прокариот обработка молекулы мРНК рибосомами может начинаться до завершения ее полной транскрипции. Рис. 2 иллюстрирует описанный процесс.

Вернемся к проблеме термина «информация». Согласно теории Г. Фреге [116] истинностное значение предложения можно оценить, если известны денотаты всех собственных имен, использованных в предложении. Это относится и к текстам из области генетики, и, в частности, к употреблению терминов «информация», «наследственная информация», «обратная транскрипция» и т. п.

Можно пользоваться гипотезой, не имеющей физического основания, что «сигнал несет информацию», т. е., в данном случае, «нуклеотидная последовательность молекулы несет информацию». Но эта гипотеза ведет в тупик или к Информационному Полю, или к Космическому Разуму, если пытаться выяснить, для чего нужна информация живой клетке.

Более разумно считать, что денотат термина «генетическая информация» тождествен денотату выражения «нуклеотидная последовательность молекул». Только при этой гипотезе предложения из текстов молекулярной генетики, включающие термин «информация», можно оценивать по значению истинности. Только эта гипотеза подсказывает направления экспериментальных исследований.

Как оценить истинностное значение предложения «В эукариотах происходит передача информации от РНК к ДНК»?

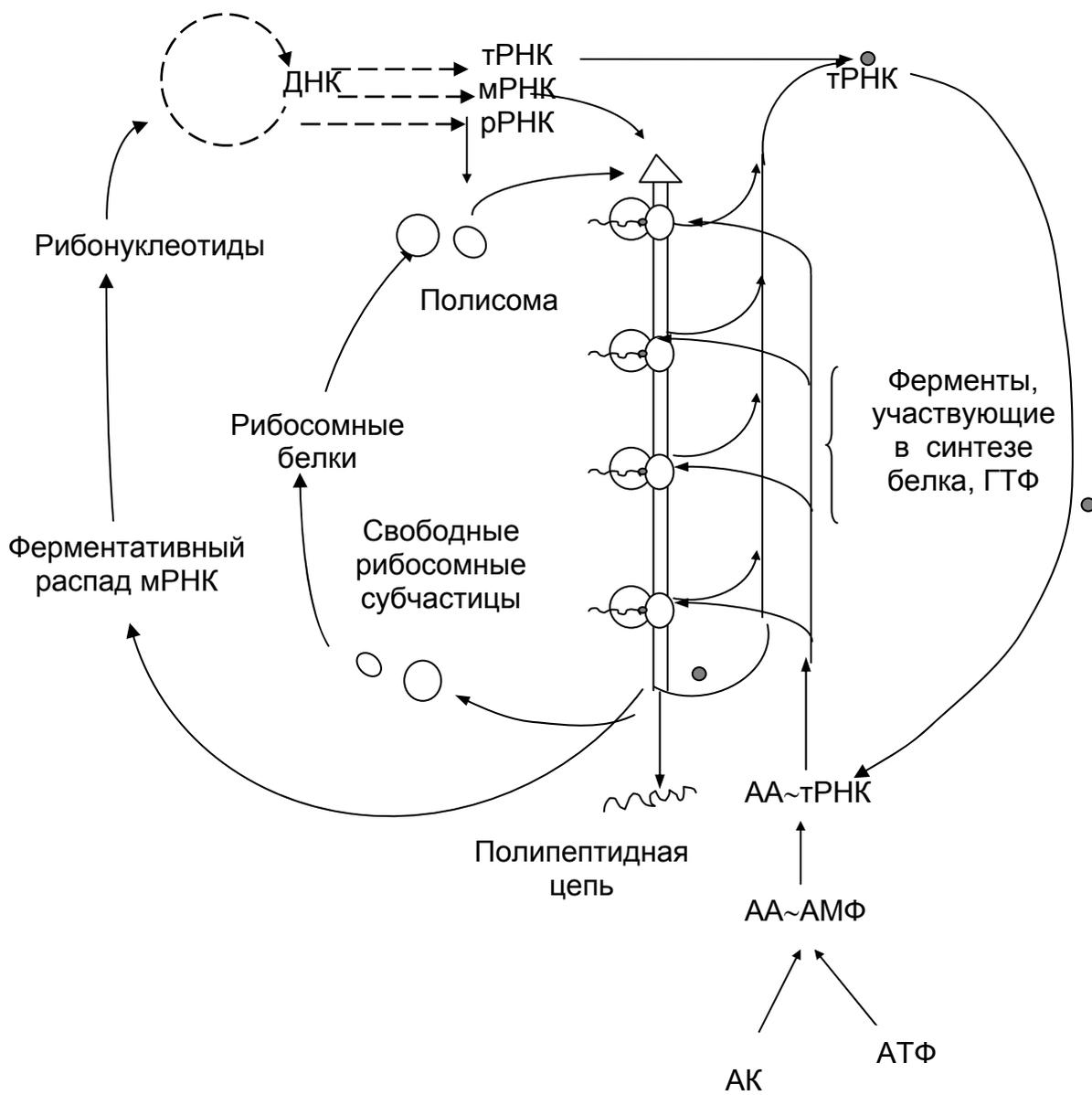


Рис. 2. Синтез белков генетической системой клетки [109].

Это невозможно, если считать, что РНК «несет информацию», потому что такая информация не наблюдаема и бесполезна для химических взаимодействий. Более того, изучение биохимических процессов не обнаружило каких-либо передач между молекулами ДНК и РНК. Обратная транскрипция — это встраивание в молекулу ДНК нуклеотидной последовательности, которая создается из плавающих в цитоплазме дезоксирибонуклеотидов. Роль цепочки РНК состоит только в хранении физических условий для выбора из раствора на каждом шаге подходящего элемента. Так работают матрицы. Так работают и машиностроительные чертежи при изготовлении деталей. Так работают и географические карты. Так работает информация во всех без исключения системах управления.

Исследования обратной транскрипции, возможно, смогут прояснить тайну человеческой памяти и мышления, но это должны быть биомолекулярные исследования, а не обращение к Космическому Разуму. Гипотеза о том, что генетическая информация — это последовательность нуклеотидов, подсказывает вопросы, на которые любопытно было бы получить ответы в ходе исследования обратной транскрипции. Например:

- 1) Где в клетке возникает структура РНК, которую нужно запоминать в ДНК?
- 2) Какие физические процессы создают эту структуру?
- 3) Для какой цели клетка хранит в ДНК структуру, полученную от РНК?
- 4) Какие ферменты управляют этим процессом?

Приведенный выше поверхностный обзор генетической системы живой клетки все же позволяет высказать утверждение, что для передачи наследственных признаков из поколения в поколение недостаточно передачи только хромосом с молекулами ДНК от материнской клетки дочерним. Роль информации молекула ДНК может выполнять только при наличии ее генератора и интерпретатора. Для процессов репликации ДНК, транскрипции ДНК и трансляции РНК нужны ферменты и рибосомы, а для синтеза ферментов и рибосом нужны процессы транскрипции и трансляции. Генератор и

действующий интерпретатор молекул ДНК находятся в материнской клетке, которая и передает дочерним клеткам не только молекулы ДНК, но и полный комплект их интерпретатора. В частности, дочерняя клетка должна получать от материнской всю таблицу генетического кода. А каждая ячейка этой таблицы в цитоплазме представлена молекулами фермента аминоксил-тРНК-синтетазы. Генетическая связь поколений осуществляется передачей между поколениями пары «молекула ДНК, интерпретатор молекулы ДНК». Генетики научились выделять в пробирки молекулы ДНК из живых клеток. Но переливание раствора с молекулами ДНК из пробирки в пробирку не сопровождается генетической связью между пробирками.

Нуклеотидные последовательности — это не единственные формы информации в живой клетке. Информацией является и каждая молекула белкового фермента. Пространственное расположение атомов в активном центре фермента — это, во-первых, условие для выбора из цитоплазмы компонент химической реакции и, во-вторых, условие для их взаимной пространственной ориентации. Какие-либо иные функции фермента неизвестны. Так, белковые ферменты определенных конструкций участвуют в информационных связях между хромосомой, расположенной в ядре клетки, и синапсами на терминалях аксона. Эти информационные связи необходимы для поддержания на должном уровне концентрации медиаторов синапсов. Если какая-либо информационная связь такого вида обрывается, например, в результате прекращения экспрессии соответствующего гена, то множество молекул медиатора у синапса превращается в изолированную динамическую систему. Эволюция такой системы к термодинамическому равновесию нарушит рано или поздно функцию синапса.

В заключение следует отметить, что обнаружение единого генетического кода для всех про- и эукариот произошло не в результате изучения генетиками свойств нуклеотидных последовательностей в генах, т. е. знаков белков, а в результате изучения «передаточных функций» интерпретатора молекул ДНК как «черного ящи-

ка». Сопоставлялись мутации в молекулах ДНК и аминокислотные замены в белках.

«Генетические эксперименты, выполненные на мутантах с делециями или вставками длиной один, два или три нуклеотида в генах, кодирующих белки, позволили доказать, что наиболее подходящий размер для кодона — три нуклеотида» [103, с. 132].

«Делецией» генетики называют удаление части гена.

6. О базовом курсе информатики

Иная трактовка термина «информация» предложена в базовом курсе по информатике [37], рекомендованном Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших технических учебных заведений. Полезно остановиться на этой базе, поскольку она предназначена для обучения будущих «инженеров по знаниям».

«В этой работе мы даем новое определение информации, основанное на ранее продемонстрированном факте взаимодействия данных и адекватных им методов в момент ее образования.

Информация — это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов» [37, с. 13].

Нельзя признать это определение корректным. В корректном определении справа от слова «это» должны стоять известные читателю имена известных понятий, а не шарады головоломок. Данным является программа для управления фрезерным станком с ЧПУ. Метод реализован конструкцией ЧПУ и станка. Станок, обрабатывая программу, преобразует заготовку в деталь. Контролер управляет совпадением размеров детали и размеров чертежа, т. е. адекватность данных и метода. Имеем ли мы здесь «продукт

взаимодействия данных и адекватного им метода»? Или программа для станка с ЧПУ это не «данные»?

«Данные — это зарегистрированные сигналы» [37, с. 11].

Текст, созданный ЕИ, — это «зарегистрированный сигнал»?

А что такое «адекватный им метод»? Адекватность данных и метода может быть обнаружена только по результатам использования данных в управлении или в эксперименте. Других способов разделения методов на адекватные и неадекватные Природа не имеет. Нужно ли каждый раз проводить эксперимент для определения, не является ли «продукт взаимодействия» информацией?

Для устранения этих и других затруднений обратимся к приведенному авторами примеру «факта взаимодействия данных и адекватных им методов»:

«Прослушивая передачу радиостанции на незнакомом языке, мы получаем данные, но не получаем информацию в связи с тем, что не владеем методом преобразования данных в известные нам понятия. Если эти данные записать на лист бумаги или на магнитную ленту, изменится форма их представления, произойдет новая регистрация и, соответственно, образуются новые данные. Такое преобразование можно использовать, чтобы все-таки извлечь информацию из данных путем подбора метода, адекватного их новой форме. Для обработки данных, записанных на листе бумаги, адекватным может быть метод перевода со словарем, а для обработки данных, записанных на магнитной ленте, можно пригласить переводчика, обладающего своими методами перевода, основанными на знаниях, полученных в результате обучения или прошлого опыта» [37, с. 12].

Из этого примера следует:

- 1) Текст разговорного языка — это данное, а не информация.
- 2) Информация — это «известные нам понятия», т. е. смысл которых нам известен.
- 3) Ни компьютеры, ни Всемирная Паутина не владеют «методом преобразования данных в известные нам понятия», а, следовательно, не владеют и информацией.

- 4) И компьютеры, и Всемирная Паутина работают только с данными.
- 5) Самый изощренный переводчик способен переводить лишь текст в текст и не способен реализовать «метод преобразования данных в известные нам понятия», т. е. извлечь из текста информацию.
- 6) Поскольку технические средства для хранения, передачи и обработки данных не владеют информацией, то нет и дисциплины, именуемой «информатикой».

В разделе «Диалектическое единство данных и методов в информационном процессе» авторы утверждают:

«Таким образом, информация возникает и существует в момент диалектического взаимодействия объективных данных и субъективных методов» [37, с. 14].

Этим еще раз подтверждается, что в технических системах не может «возникнуть и существовать» информация, поскольку «субъективные методы» невозможно реализовать ни аппаратно, ни программно.

Если принять гипотезу, что информация — это смысл, возбуждаемый текстом в процессе девербализации (разд. 7.6.), то этот частный случай процесса познания ЕИ действительно проявляет законы диалектики. Только эта информация, т. е. результат девербализации текста, «возникает и существует» не только в момент взаимодействия текста и ЕИ, а может сохраняться в мозгу длительное время и влиять на его работу после прекращения взаимодействия. В отличие от ЕИ, компьютеры обрабатывают данные строго по законам формальной логики и не допускают в процессах обработки проявлений законов диалектики, например закона «отрицания отрицания». «Диалектическое взаимодействие объективных данных и субъективных методов» может возникнуть только в неисправном компьютере.

Идея отождествления информации и смысла, т. е. «известных нам понятий» из текста разговорного или искусственного языка,

стара [84], но широко эксплуатируется и по сей день, вопреки принципу «стальной иглы». Так, упомянутая уже работа [114] предлагает хитроумную формальную систему для преобразования смыслов текстов разговорного языка (ЕЯ-текстов) в тексты языка семантических представлений (СП-тексты). Пользователям этой формальной системы — «инженерам по знаниям» — предоставляется возможность выразить СП-текстами свои субъективные понимания ЕЯ-текстов. А как действовать «инженеру по знаниям», если он не понимает ЕЯ-текст, предложенная формальная система не имеет указаний. Для одного ЕЯ-текста может появиться столько СП-текстов, сколько в наличии «инженеров по знаниям». Гадай потом, кто из них самый адекватный.

Авторы базового курса предложили новую формулировку старой трактовке термина «информация». Нет никаких причин не пользоваться старой идеей, но при этом нельзя нарушать логический закон тождества,

«...согласно которому каждая мысль, которая приводится в данном умозаключении, при повторении должна иметь одно и то же определенное, устойчивое содержание»[50, с. 596].

Нарушают закон тождества, например, следующие утверждения:

«Данные — диалектическая составная часть информации» [37, с. 17].

«Таким образом, мы можем говорить, что в современных базах данных хранятся отнюдь не только данные, но и информация» [37, с. 328].

«Сегодня Интернет используется как источник разносторонней информации ...»[37, с. 228].

«Обычно Web-узел выдает информацию (запрошенный документ) только в ответ на обращение клиента» [37, с. 228].

В этих утверждениях термин «информация» — это уже не «продукт взаимодействия», который «возникает и существует в момент взаимодействия». Такой «продукт» нельзя хранить, выдавать, извлекать из источника и т. д.

Однако, несмотря на логическую противоречивость текста, в базовом курсе информатики можно усмотреть и пользу. Он хорошо иллюстрирует высказанное выше утверждение, что термин «информация» избыточен для науки. Нет ни одной проблемы в базовом курсе информатики, для изложения которой необходим термин «информация». Устранение этого термина из базового курса, а где необходимо, замена его терминами «данные» или «текст», позволило бы упростить описание достижений информатики, логически упорядочить изложение и тем самым повысить его ясность. Но в объем понятия «данные» следует включить показания измерительных приборов и все произведения, создаваемые ЕИ людей: тексты разговорных и искусственных языков, картины, карты, чертежи, сигналы НВК. Других источников данных Человечество не имеет. (Если игнорировать Бога, Космический Разум и Информационное Поле академика А. И. Берга.)

Этот феномен Природы — возможность излагать проблемы информатики, не используя термин «информация», — является следствием того факта, что компьютеры не располагают средствами различать объемы понятий, именуемые терминами «данные», «текст» и «информация». С точки зрения компьютера, эти термины — синонимы.

...главная польза от языка заключается в его способности направлять (или отвлекать) внимание слушателя.
М. Арбиб [7]

7. Язык, денотат и смысл слова

7.1. Понятие «язык»

«Оказывается, что термин *язык* может иметь, по крайней мере, 27 смысловых вариантов (значений) ...» [26, с. 117] .

При таком изобилии каждый автор обязан был бы указывать используемый им «смысловой вариант» и денотат этого термина. Но в литературе по теории ИСУ это не принято, что дает возможность приписывать языку фантастические свойства [32, 84, 86]. В предыдущих разделах термин «язык» уже использовался. В разделе 4.2 определен термин «машинный язык», а в разделе 4.5 «язык с данным синтаксисом» определен как множество информации данной формы. Пользуясь тем, что денотат термина «знак» удовлетворяет определению 3, примем

Определение 6:

Язык — это класс знаков, используемый элементами какой-либо системы для информационной связи между собой.

Это определение по стратегии «сверху вниз» (разд. 4.7) требует уточнения, поскольку термин «знак» в научной литературе интерпретируется неоднозначно [128]. Такая стратегия удобна в данном случае, потому что каждый пользуется языком и имеет практически усвоенные знания о языке, что помогает уяснению понятия «знак», которое обсуждается далее.

Предложенное определение, вероятно, не покрывает все «27 смысловых вариантов», но указывает системообразующий фактор денотата термина «язык» и потому фокусирует внимание на самом важном свойстве всякого языка — быть классом знаков. Любые применения любых языков используют это свойство, т. е. оно опре-

деляет существование языка. Язык необходим для информационной связи между элементами любой системы, если элементы разделены пространством и/или временем, а их состояния невозможно транспортировать по имеющемуся каналу связи.

«Стало быть, общим является для каждого языка то обстоятельство, что входящий в него элемент (или сочетание элементов) своей собственной материальной формой заменяет, называет, намекает на другой объект, существующий в другой форме и притом вполне реально, но может быть, не существующий вовсе (выдуманный) или условно существующий» [26, с. 118].

В языке отсутствуют обсуждаемые объекты. Они заменяются именами, т. е. знаками. Исключение составляют те случаи, когда предметом обсуждения является сам язык. В этом случае знаки языка могут именовать сами себя.

В некоторых системах информационной связи класс знаков может быть не более чем счетным множеством. Естественные разговорные языки не постоянны во времени, поэтому представление их множествами является значительным упрощением. Иногда говорят о «знаковой системе». Этим подчеркивается тот факт, что на классе знаков определено некоторое множество отношений, называемое грамматикой языка. При моделировании фрагмента Природы и его элементов динамическими системами языки моделируются множествами Ω (разд. 3.5).

Информационная связь необходима во всех тех случаях, когда по физическим каналам связи невозможно транспортировать состояния объектов. Так, люди не могут обмениваться мыслями ни по каким каналам связи. По этой причине в процессе филогенеза появились разговорные, или естественные, языки, а в процессе онтогенеза каждый индивид вынужден усваивать язык общества.

Выражение «естественный язык» употребляют, обычно без оговорок, для именованя двух явлений Природы. Одно из них можно назвать «языком-системой», а второе — «языком-элементом». Язык-система — это язык некоторого общества людей, связанных некоторым единством, например национальный

язык. Язык-элемент — это язык отдельного субъекта, принадлежащего конкретному обществу, национальности. Язык-система образуется совокупным взаимодействием языков-элементов всех субъектов, принадлежащих данной общности. Он представлен только абстракциями в сознании людей, т. е. предмет мысли, именуемый термином «язык-система», принадлежит к миру идей. Он не описан ни в одном манускрипте, ни в одном учебнике, ни в одном словаре, потому что всякое описание устаревает раньше, чем завершается. Все экспериментальные исследования языка, проводимые лингвистами, психолингвистами, философами — это наблюдения над языками-элементами, потому что язык-система недоступен для наблюдения. Далее выражения «естественный язык» или «разговорный язык», если не оговорено противное, используются в смысле «язык-элемент».

Природа и общество используют много различных языков. Работают языки житейского обихода, языки программирования, языки химии органических соединений, танцевальный язык пчел [119, с. 326], язык дельфинов.

При делении живой клетки дочерние клетки получают от материнской клетки конечное множество молекул полипептидов, которые со временем разрушаются. Для поддержания жизни в клетке концентрация каждого необходимого полипептида не должна убывать. Поэтому материнская клетка передает дочерней знак каждого полипептида в форме участка молекулы ДНК, а с множеством передаваемых полипептидов — механизм интерпретации таких знаков. Этот факт дал основание автору работы [96] ввести понятия «полинуклеотидная форма генетического языка» (сокращенно — ПК-язык) и «полипептидная форма генетического языка» (ПП-язык). Необходимые для организации информационной связи гомоморфизмы реализуются для ПК-языка генетическим кодом, а для ПП-языка постулируется полипептидный код.

«Назовем *полипептидным кодом* конечную совокупность правил соответствия между множеством ПП-сообщений и множеством выполняемых ими функций. В настоящее время, за исключением некоторых раз-

розненных случаев, эти правила неизвестны. Однако несомненно, что описываемые ими закономерности реально существуют» [96, с. 43].

Здесь «ПП-сообщение», согласно терминологии автора, — это полипептидная цепочка, а выражение «код» он использует в смысле «таблица соответствий».

Языки разделяют на естественные и искусственные. Но автор работы [26] считает, что все языки искусственные, поскольку создаются людьми или животными для целей общения. И с ним нельзя не согласиться. Все языки искусственные, но существенное их различие — в способе появления. Разговорные языки возникают самопроизвольно для удовлетворения случайных потребностей случайных сообществ людей или животных, создаются бессознательными процессами в мозгу их авторов — случайных индивидов общества, в случайных ситуациях. Грамматики таких языков бессистемны, хаотичны.

Искусственные языки, вроде языка C++ или любого языка представления знаний (ЯПЗ), создаются людьми целенаправленно, под контролем сознания их авторов, для описания фиксированных и уже осмысленных фрагментов Природы и их отношений. Вероятно, математики первыми осознали необходимость искусственных формальных языков для достижения однозначного взаимопонимания собеседников. Формальность языка достигается исключением из грамматических правил языка каких-либо ссылок на интуитивные представления об отношениях между денотатами языковых знаков. Вся грамматика формального языка представлена только его синтаксисом, строго определенным и систематизированным. Это свойство формальных языков необходимо для компьютерной обработки информации.

Любой искусственный язык, используемый для общения человека с человеком или человека с машиной, должен быть расширяющим дополнением естественного языка. Должна существовать эквивалентность по смыслу между правильными выражениями искусственного языка и некоторыми правильными выражениями естественного языка. Или, другими словами, правильные выражения

искусственного языка должны быть сокращениями, не обязательно более короткими, правильных выражений естественного языка. При нарушении этого условия человек не сможет пользоваться искусственным языком по той причине, что управляет его поведением не слово, а его смысл. Для языков, используемых в общении между машинами, такое требование излишне.

Каждый язык создается для описания реального или абстрактного фрагмента Природы, например, линейной алгебры, органических соединений, вычислений. Разговорный язык-система покрывает все области, с которыми имеет дело общество, поэтому его называют «универсальной знаковой системой». Иногда объектом описания является язык. В этом случае язык, который используют для описания изучаемого языка, называют метаязыком. Универсальность разговорного языка-системы проявляется в том, что его можно использовать в качестве своего собственного метаязыка.

7.2. Понятие «знак»

Формальные языки изучает математическая логика. Она достигла в этом направлении значительных успехов, которые демонстрируют языки программирования. Но для моделирования ЕИ важна природа разговорных языков, т. е. физические процессы речевой деятельности (разд. 7.6). Причина достижений в изучении формальных языков, вероятно, состоит в том, что математики строго придерживаются разделения формы знака и его значения. Это разделение согласуется с принципом «стальной иглы».

«До сих пор в научной литературе нет общепринятого определения того, что такое знак. Между философами, лингвистами, кибернетиками и психологами идет острая дискуссия о понимании и подходах к исследованию сущности знака.

Многие авторы считают, что основная характеристика знака состоит в том, что он имеет двойную природу. С одной стороны, знак — материальная вещь, обладающая целым рядом чувственно воспринимаемых свойств. С другой — он выступает как олицетворение обозначенного

предмета, обладающего существенно отличными от его собственных природными особенностями»[128, с. 72].

«Острая дискуссия» — это следствие игнорирования участниками дискуссии принципа «стальной иглы». Эта причина и отсутствие денотата выражения «знак выступает» привели к ложной идее о «двойной природе» знака. Выступить может актер на сцене, а фрагмент Природы может быть использован в качестве знака в некоторой информационной системе связи. Хотя и актер может быть знаком для какого-либо критика, например новых веяний в театральном искусстве. Но в этой роли он ничего не выражает. Кстати, для компьютера объем понятия «знак» ничем не отличается от объема понятия «информация»: знак — это информация, информация — это знак. Все, что сказано об информации в главе 4, относится и к знаку.

Знаковые системы используются для организации связи именно потому, что не существует в Природе «единства» между природой знака и природой того, что он обозначает. Так, красный свет светофора обозначает опасность, которую создает движущийся в поперечном направлении транспорт. Но красный свет выбран конструкторами светофора не потому, что существует в Природе «единство» между красным и опасностью, а потому, что красный свет лучше различим при плохой видимости, например в тумане. Красный свет светофора становится для человека знаком опасности после того, как у него в мозгу укрепится рефлекторная связь между восприятием красного света светофора и представлением об опасности. Это положение обобщается на все случаи применения знаков. А. Пуанкаре считает [92], что люди пользуются геометрией Евклида не потому, что только она адекватно отражает свойства физического пространства, а потому, что она самая удобная из всех адекватных геометрий.

Человек для быта и науки приспособил много различных знаковых систем, выбирая их из условия удобства. Очень удобной, а потому наиболее распространенной, знаковой системой явилось множество натуральных чисел. На этом множестве определено от-

ношение порядка, поэтому оно образует знаковую систему. Математики успешно преодолели мистику натуральных чисел, т. е. объяснили их сущность и происхождение, чему в немалой степени способствовали работы Г. Кантора и Г. Фреге. Согласно их взглядам, математика и компьютеры работают не с числами, а с именами чисел. Символы 1, 2, 3, ... или 00...01, 00...10, 00..11, ... , 11...11, π , e , i — это не числа, а всего лишь **имена** чисел. Встречаются и другие способы построения имен чисел. Польза таких имен в том, что отношения между числами перенесены на отношения между их именами. А для математиков и систем управления важны не столько числа, как отношения между числами.

Тьюринг использовал натуральные числа в качестве знаков своих машин [43, 49, 65]. Администрация каждого театра использует конечное множество натуральных чисел в качестве знаковой системы для гардероба и конечное множество пар натуральных чисел в качестве знаковой системы для зрительного зала. Рассмотрим подробнее работу знаковой системы театрального гардероба. Это полезно потому, что знаковая система театрального гардероба является простейшей и всем, кто даже ею не пользовался, понятна. В то же время она связана с процедурами, которые необходимы для применения в любой другой знаковой системе. Знаковая система компьютера отличается только сложностью физических процессов. Необходимость быстрого действия вынудила использовать для представления знаков в компьютере трудные для понимания физические процессы.

Театральный гардероб предназначен для хранения верхней одежды зрителей. Гардеробщик, приняв у зрителя одежду, вешает ее на свободный крючок и запоминает пару «зритель, крючок» для того, чтобы после представления, распознав зрителя, вернуть ему его одежду. Но при большом объеме гардероба это непосильная нагрузка на интеллект гардеробщика. Разрешить это затруднение помогает знаковая система из натуральных чисел. Она образуется путем нумерации крючков натуральными числами и обучения гардеробщика, как по натуральному числу находить соответствующий

крючок, используя упорядоченность натуральных чисел. Только после того, как гардеробщик освоит эту процедуру, и не раньше того, каждое натуральное число конечного множества становится знаком, или именем, конкретного крючка, а крючок — денотатом знака, или денотатом его имени. Если гардеробщик не освоит эту мудрость, то знаков крючков, или их имен, не возникает.

После того, как знаковая система гардероба образована, работа гардеробщика облегчается, но усложняется жизнь зрителя. Гардеробщик, приняв от зрителя одежду, сообщает ему имя крючка, на который он повесил его одежду. Зритель должен помнить это имя в течение всего представления для того, чтобы получить свою одежду обратно. Для разгрузки интеллекта зрителя и повышения тем самым его комфорта вводится еще одно усовершенствование — множество бирок из стойкого материала с натуральным числом на каждой бирке. Их называют «номерками». Теперь гардеробщик должен осознать, что существует (абстрактно) одно-однозначное соответствие, или, как говорят математики, изоморфизм, между множеством крючков в гардеробе и множеством номерков. Приняв от зрителя одежду, он вручает зрителю номерок с натуральным числом крючка, на котором будет храниться его одежда. Теперь это натуральное число зритель может хранить не в голове, а в кармане. После окончания представления зритель вручает номерок гардеробщику, и тот возвращает ему одежду. Разве не так действует компьютерная программа? Получив от операционной системы адрес точки входа в процедуру, она хранит его для того, чтобы время от времени обращаться за услугой к процедуре.

Зритель хранит номерок в кармане для того, чтобы после представления вызвать действия гардеробщика, обратные тем, которые тот совершал перед вручением зрителю номерка. Наука такие процессы именует термином «память».

Определение 7:

Память — это информационный процесс, осуществляющий причинно-следственные отношения между

разделенными временем состояниями одного и того же фрагмента Природы.

Номерок театрального гардероба, являясь знаком крючка, связывает действие гардеробщика до вручения номерка зрителю и его действие после получения номерка от зрителя. Эти действия разделены временем, и действие «после» является следствием действия «до». Механизм памяти выполняет карман зрителя.

Механизм памяти необходим фрагменту Природы для обеспечения его стабильности. Если одежду зрителя будут заменять в гардеробе при каждом посещении театра, он перестанет его посещать. Любой механизм памяти реализует гомоморфное отображение, в частности, изоморфное. Пара «прообраз, образ», т. е. «обозначаемое, знак», или «знак, действие», — это элементы гомоморфизма. Физическая природа знака выбирается конструктором или в процессе онтогенеза организма по стабильности знака во времени и физической возможности реализовать гомоморфизм. По этой причине по физическим свойствам знака невозможно идентифицировать обозначаемое состояние объекта. По физическим свойствам гардеробного номерка нельзя определить движения гардеробщика, не зная устройство гардероба, невозможно определить и свойства одежды.

Если два зрителя во время антракта поменяются номерками, то такое действие по результату эквивалентно обмену верхними одеждами. Этот феномен знаковой системы общество развило до обмена знаниями между людьми. Библиотека — это хранилище текстов, ни один из которых не содержит знаний, но обмен между людьми текстами эквивалентен по результату обмену знаниями, если участники обмена владеют подходящими интерпретаторами.

Знаки в форме натуральных чисел употребляются для обозначения домов вдоль улицы, строк в таблицах реляционных баз данных, страниц в произведениях писателей и т. д. Ни в одном из применений этой знаковой системы натуральное число не «несет» и не «выражает» никакой информации или смысла об обозначаемой вещи: доме, строке таблицы, странице книги и т. п. Но чело-

век, владеющий смыслом натурального числа, может использовать этот смысл для поиска нужной вещи в упорядоченном множестве.

Один кг арбуза стоит 3 руб. Арбуз весит 5 кг. Можно вычислить, что арбуз стоит 15 руб. Такое вычисление изощренным интеллектом или компьютером возможно только потому, что в вычислении участвуют не арбузы, веса и цены, а знаки арбузов, знаки значений веса и знаки значений цен. Кроме того, вычисление использует самоочевидную эквивалентность пяти одно-килограммовых арбузов одному арбузу весом 5 кг. Такие и некоторые другие отношения между вещами наблюдаются во многих жизненных ситуациях. Итальянец Джузеппе Пеано (1850 — 1932) догадался, как обобщить эти отношения и записать их в форме строгих правил — аксиом Пеано. Так появилась формальная теория, называемая элементарной арифметикой, или теорией целых чисел [49, с. 148], широко используемая в качестве знаковой системы. Почти все ее пользователи не подозревают, что это — знаковая система, и не слышали никогда об аксиомах Пеано. Тем не менее эта знаковая система обладает тем замечательным свойством, что позволяет по знакам одних величин — площадей, высот, сил, зарядов — вычислять значения других. К сожалению, это свойство ограничено только теми физическими величинами, которые получаются сравнениями с эталонами непосредственно или косвенно. Однако некоторые теоретики ИСУ вслед, за Л. Заде [34] игнорируя это ограничение, рекомендуют применять арифметические вычисления для определения значений «лингвистических переменных» в множестве рациональных чисел.

Никаких знаков в Природе не существует. Некоторый класс фрагментов Природы становится классом знаков, если стихийно или сознательно создается гомоморфизм, образами которого становятся фрагменты этого класса, и другой гомоморфизм, прообразами которого становятся фрагменты этого класса. Событие Природы становится знаком другого события для живого существа после того, как в нервной системе этого существа вырабатывается рефлекторная связь между следами этих событий. Ярлык, т. е.

изображение картинка, на экране компьютерного дисплея является знаком программы только потому, что память компьютера хранит связь между местоположением ярлыка на экране и адресом точки входа в программу.

Никаких ограничений для выбора события в качестве знака другого события, как отметил Г. Фреге [116], не существует, кроме удобства использования знака:

«всякий имеет право считать любое, произвольно выбранное событие или вещь знаком чего угодно».

Эту возможность демонстрирует мозг при образовании условных рефлексов. Мозг может фиксировать связь между следами любых событий Природы, воздействующими на органы чувств, лишь бы события располагались во времени как причина и следствие. А при наличии в мозгу такой связи, называемой рефлексом, первое событие для мозга становится знаком второго независимо от того, имеется ли между ними в Природе какая-либо иная связь, или нет. Согласно теории А. Эйнштейна, возможно существование двух наблюдателей в двух различных системах отсчета, для которых расположение во времени двух событий взаимно обратное [75, с. 247]. Мозг одного наблюдателя использует событие А знаком события В, а мозг второго — событие В знаком события А. Согласно теории относительности, оба наблюдателя могут, в пределах своих систем отсчета, демонстрировать адекватное поведение.

7.3. Язык и знание

Мозг применяет знаки не только для связи с другим мозгом или с компьютерной программой, но и в процессах мышления для связи разделенных пространством отделов мозга и разделенных временем состояний одного и того же отдела мозга. Мозг не может мыслить такими фрагментами Природы, как корова, собака или кошка. Он пользуется знаками этих фрагментов, а эти знаки возникают в мозгу как следы физических воздействий на сенсорные системы мозга в результате тактильных и дистантных контактов.

Точнее, поскольку организм — это открытая неравновесная стационарная система, то память центральной нервной системы фиксирует не след внешнего воздействия на организм, а след реакции на это воздействие (разд. 4.3.). Но при адекватной реакции, т. е. при успешной компенсации последствия внешнего воздействия, вероятно, можно отождествлять след внешнего воздействия и след компенсирующей реакции.

В различных отделах мозга существуют следы многих явлений Природы, когда-то воздействующих на органы чувств, или следы результатов работы мысли. Такой след, повторяя Н. А. Бернштейна [9], будем именовать термином «энграмма». В литературе встречаются и другие термины с аналогичным или даже тождественным смыслом, например, «восприятие», «представление», «образ», «понятие» и т. п. Но мы будем пользоваться термином «энграмма» для того, чтобы подчеркнуть, что след в мозгу от реакции на проксимальный стимул или мысль, во-первых, — это материальная система в том же смысле, как материальна морская волна, т. е. след ветра, и, во-вторых, постоянно развивается в сторону адекватности проксимальному стимулу по принципам эволюции К. Р. Поппера [85, с. 234], т. е. путем обнаружения и устранения ошибок в реакции.

Формирование энграммы, т. е. восприятия, по мнению Д. Брунера [16], является простейшим, но не самым элементарным процессом познания. Восприятие включает категоризацию фрагментов Природы на основе признаков проксимальных стимулов. Категоризация необходима для обеспечения правильного восприятия, поскольку согласует результат восприятия с адекватной умозрительной моделью Природы. В целях простоты мы опустим все эти туманные детали и ограничимся тем фактом, что энграмма — это фрагмент Природы, выполняющий функцию знака в мозгу, познающем Природу, некоторого другого фрагмента Природы (но, возможно, и себя). Если энграмма — знак, то, чтобы узнать, что он обозначает, нужно изучать не физиологию энграммы, а механизм, т. е. гомоморфизм, ее образования. А для того чтобы узнать вари-

анты возможных интерпретаций знака мозгом, нужно определить систему категорий, с которой восприятие связало знак. Эта система категорий позволяет ЕИ выходить за пределы воспринимаемой органами чувств Природы [16, с. 211] и прогнозировать будущие события.

Благодаря своей материальной природе энграммы могут накапливаться мозгом, образуя память прошлого опыта, или знание Природы, а в терминологии управления — модель Природы. Эта память необходима ЕИ для ориентации в Природе и управления поведением организма. Сформированные в онтогенезе энграммы объектов предметной области, объектов лексики, включая письменную, и связи между ними автор работы [53] называет «фондом энграмм субъекта».

«Итак, творчество — это порождение нового, постижение новых, доселе неизвестных связей между предметами и явлениями внешнего или внутреннего мира. Исходным материалом для такого постижения является накопленная и закрепившаяся в мозге информация, фонд следов памяти — энграмм. Энграммы оказываются, в конечном счете, “заготовкой впрок”. Эти следы-энграммы формируются, закрепляются и хранятся ради использования в будущем. ...

Но тот факт, что энграммы успешно используются в текущей ситуации, заведомо отличной от исходной, в которой они сформировались, означает, что эти энграммы содержат нечто такое, что делает их пригодными для эффективного использования в новой, по сравнению с исходной, ситуации. Это «нечто» есть избыточность по отношению к породившей эти энграммы ситуации. ...

Фонд энграмм обеспечивает организму возможность осваивать внешнюю ситуацию вне непосредственного контакта с ситуацией или в другой ситуации. В основе такого освоения лежит взаимодействие, реорганизация и объединение энграмм. Оперирова энграммами, рекомбинируя их, мозг порождает, говоря словами И. М. Сеченова, «небывалые комбинации бывалых впечатлений» [53, с. 26].

«Небывалые комбинации бывалых впечатлений» — это, очевидно, и есть иллюзии. Следует отметить, что «нечто» не может возникнуть как «избыточность по отношению к породившей эту энграмму

ситуации». Нет причин для возникновения избыточности. Однако «тот факт, что энграммы успешно используются в текущей ситуации, заведомо отличной от исходной, в которой они сформировались», означает, что ЕИ энграмму текущей ситуации и энграмму, хранимую в памяти, отнес к одной и той же категории. ЕИ обнаружил в двух разных энграммах «нечто» аналогичное, которое является правильным, если соответствующая аналогия существует и между двумя различными ситуациями. Соответствие аналогий между энграммами и ситуациями определяется нейрофизиологическим гомоморфизмом. Отнесение энграмм к одной и той же категории вызывает применение к различным ситуациям одних и тех же действий, поэтому правильность аналогий между энграммами является условием их «успешного использования». Нетрудно заметить, что это отношение является биологическим проявлением сформулированного А. Тарским закона о дедукции (разд. 11.1). Впечатление, что «нечто» возникает как «избыточность», порождается, вероятно, тем, что при переходе восприятия ситуации с уровня бессознательного на уровень осознания кое-что теряется.

Познание любого фрагмента Природы ЕИ осуществляет методами анализа и синтеза последовательности во времени проксимальных стимулов [92, 99]. В ходе анализа фрагмент выделяется из своего окружения, разбивается на элементы, определяются отношения между элементами внутри фрагмента и между фрагментом и окружением. В ходе синтеза создается энграмма фрагмента Природы в форме некоторой конструкции из энграмм элементов и энграмм отношений или ассоциаций между энграммами элементов. Так будем представлять, за неимением ничего лучшего, продукт познания мозгом Природы, именуемый термином «знание». Какова физиологическая природа такой конструкции, науке достоверно неизвестно, но некоторые авторы ввели имена для нее: «кодирующая система» [16, с. 217], «фрейм» [64, с. 7], «концепт» [129], «универсально-предметный код» (УПК) [26, с. 156], «энграмма» [9, с. 281]. Так его представляют все конструкторы ЯПЗ и моделей общения «человек — человек» и «человек — компьютер».

Термин «знание» везде в настоящей работе обозначает продукт познавательной деятельности ЕИ, который никогда не покидает пределов мозга. Иногда используется выражение «умозрительная модель Природы» как синоним термина «знание» по денотату.

«В развитии семантической стороны речи ребенок начинает с предложения и только позже переходит к овладению частными смысловыми единицами, знаниями отдельных слов, расчленяя свою слитную, выраженную в однословном предложении мысль на ряд отдельных, связанных между собой словесных значений. ... Смысловая сторона речи идет в своем развитии от целого к части» [20].

«Развитие семантической стороны речи» — это частный случай познания, поскольку для ребенка речь окружающих — это внешний познаваемый фрагмент Природы.

Вероятно, память мозга фиксирует не только успешные реакции на внешние возмущения, но и процессы фильтрации ошибок. Иначе не появилась бы в разговорном языке частица «не», а в логике операция отрицания.

Разговорный язык является системой иерархически организованных знаков [94, 127]. Атомарным знаком языка принято считать слово. Для объективного исследования языка необходимы объективные методы выделения из слитной речи слов. В алфавиты графических языков включают символы для выделения слов в текстах. Для устных языков, возникающих стихийно, нет единого мнения о том, как ЕИ осуществляет членение непрерывного акустического потока на отдельные части [127]. Упрощая эту ситуацию, будем считать, что слово в устной речи — это множество акустических шумов, в энграммах которых ЕИ обнаруживает что-то общее. Словом графического языка будем считать множество графических конфигураций, в энграммах которых ЕИ обнаруживает что-то общее.

Л.С. Выготский [20] разработал теорию о двух функциях слова — о предметной отнесенности слова и о значении слова. Следует отметить, что излагаемая в настоящей работе точка зрения отличается от точки зрения Л. С. Выготского, поскольку эти функции от-

носит не к словам, а к генератору и интерпретатору слов соответственно. Это различие обусловлено разными толкованиями термина «слово». Для Л. С. Выготского слово — это нечто единое для значения и звука:

«В силу этого мы можем заключить, что значение слова, которое мы пытались раскрыть с психологической стороны, его обобщение представляет собой акт мышления в собственном смысле слова. Но вместе с тем значение представляет собой неотъемлемую часть слова как такого, оно принадлежит царству речи в такой же мере, как и царству мысли. Слово без значения есть не слово, но звук пустой. Слово, лишенное значения, уже не относится более к царству речи» [20, с.14].

Такое понимание, вероятно, допустимо в гносеологии, но не в онтологии. В онтологии термин «слово» должен иметь допускающий объективное наблюдение денотат. Таким денотатом может быть только «звук пустой», который посредством барабанной перепонки уха может возбудить в мозгу реципиента мысль, для извлечения которой из мозга нет средств. Решать, использовать или нет «звук пустой» в качестве слова разговорного языка и какой денотат или смысл именовать этим словом, — это право и обязанность каждого ЕИ. Решение этой проблемы произвольно в пределах удобства, поэтому подвержено влиянию подражания, привычке и контексту. Не существует объективной границы между «царством речи» и «царством мысли». Если же искусственно определять такую границу, то к «царству мысли» следует отнести не акустические колебания, а их следы, или энграммы в мозгу реципиента.

При настоящем уровне знания невозможно указать границу между «царством речи» и «царством мысли». Но это не одно и то же. В ходе филогенеза вначале возникло «царство мысли», а затем, на его основе, — «царство речи». Такая последовательность наблюдается и в онтогенезе ребенка. Многие ученые, анализируя процесс своего творчества [2], отмечали невербальный характер возникновения мыслей.

«Не могу сказать, что я никогда не думаю в словесной форме — просто я нахожу слова почти бесполезными для математического мышления. Другие виды рассуждений, возможно, такие как философские, являются, вероятно, гораздо более подходящими для вербального выражения. Может быть, поэтому так много философов считают язык неотъемлемым средством интеллектуальной деятельности и сознательного мышления» [75, с. 343].

Для мышления речевая деятельность не требуется, но, появившись как средство передачи между людьми логического опыта [21, с. 14], она с механизмом мышления образовала единую динамическую систему, связанную прямыми и обратными связями. Аналогично, компьютеры не требуются для человеческого мышления, но их дополнение мышлению содействует лучшему уяснению даже природы математики.

В технике генератор и интерпретатор слов могут быть разделены пространством и/или временем. В случае мозга обе конструкции слиты в едином ЕИ и используют одну базу знаний. Во всех случаях в качестве слова, т. е. знака, выбирается фрагмент Природы, удобный для транспортировки через пространство и/или время. От такого фрагмента не требуется ни предметной отнесенности, ни значения. Хотя иногда, в процессе стихийного народного творчества, появляются слова, звуко сочетания которых напоминают авторам обозначаемые сущности [111]. Но это не требуется для успешной информационной связи, а, скорее, является помехой для систематизации грамматики.

7.4. Гипотеза Г. Фреге

Если «текст несет информацию, а информация несет смысл» и эта «трехэтажная конструкция» осуществляет транспортировку знания из одного мозга в другой, то любая модель языка или общения «человек — человек» должна включать описания процедур извлечения смысла из текста. Это пытаются осуществлять все авторы опубликованных моделей этих феноменов Природы. Но все попытки сводятся к описанию преобразований не имеющего смысла

текста одного языка в текст другого языка, не имеющего смысла. Такая ситуация согласуется с многочисленными примерами из жизни, когда очень хорошие учебники не способны транспортировать знания из мозга автора в мозг учащегося. Причины таких примеров из области математики обсуждает А. Пуанкаре [92, с. 399].

Но если текст не несет информацию, а сам является информацией, а эта информация никакого смысла не несет, то какую роль играет смысл в явлениях речевого общения?

Текст, воспринятый реципиентом, не транспортирует в его мозг знания автора текста, а возбуждает новое знание. Новое знание в мозгу реципиента может не быть тождественным знанию автора текста либо вообще отсутствовать. Откуда и почему возникает смысл? Какая связь между смыслом и мыслью или знанием? То ли смысл преобразуется в мысль, то ли наоборот. Некоторые авторы употребляют выражения «содержание мысли» или «смысл мысли». Имеют ли денотат и смысл эти выражения? Не проще ли избавиться от бесполезного термина «смысл»? Ни в психолингвистике, ни в теории ИСУ этот вопрос не возникал и, следовательно, не имеет ответа.

«Рассмотрение психологических подходов, в той или иной степени опирающихся на понятие смысла и разрабатывающих это понятие, обнаруживает крайнюю пестроту подходов. Под смыслом одни авторы понимают высшую интегративную основу личности, другие — более универсальный базовый механизм сознания и поведения; одни — объективную реальность, другие — субъективную интерпретацию или конструкт, третьи — феномен межсубъектных взаимодействий. Эта разногласица усугубляется тем, что понятие смысла разрабатывается разными авторами независимо друг от друга, в разных проблемных и теоретических контекстах. Множественность определений смысла, одинаково убедительных и одинаково эвристичных, наводит на предположение, что за **понятием смысла скрывается не конкретная психологическая структура, допускающая однозначную дефиницию, а сложная и многогранная смысловая реальность, принимающая различные формы и проявляющаяся в различных психологических эффектах**» [55, с. 105].

Из этого текста следует, что психология не скоро разберется со «смысловой реальностью», особенно, если она начнет искать в Природе «психологические эффекты». Проясняет проблему смысла теория имен математика Г. Фреге [116].

«Немецкий логик Готлоб Фреге (1848 — 1925) принадлежит к числу тех ученых, идеи и труды которых, с течением времени не тускнеют, а, напротив, приобретают все большее и большее признание. Именно Фреге внес в логику методы точного знания. Ему больше, чем кому-либо, обязана современная логика многими своими понятиями и конструкциями, позволившими ей выдвинуться на первый план при исследовании строения и преобразования информации, в частности научной, и потому служить фундаментом теоретических основ информатики» [116, с. 179].

Речевая деятельность использует слова в текстах в качестве знаков фрагментов Природы и отношений между ними. Фреге называет речевые знаки «собственные имена». Но анализ употребления этого термина в статье показывает, что он применим и к знакам, обозначающим множества, содержащие более одного элемента, т. е. объемы любых понятий. В предложении образует собственное имя, короче, просто имя, одно слово или комбинация нескольких слов.

Обозначаемый именем фрагмент Природы Фреге называет «денотат» этого имени, или «значение» имени. В литературе используются и другие термины. В теории имен Г. Фреге принял гипотезу, что речевая деятельность использует собственные имена либо в тернарном отношении

<имя, денотат, смысл> ,

либо в бинарном отношении

<имя, смысл > .

Полезно уточнить эту гипотезу утверждением, что компоненты тернарного отношения <имя> или <имя, денотат> без компонента <смысл> бесполезны для языковой коммуникации.

Тернарное отношение называют «треугольник Фреге». Это отношение обозначает использование в речевой коммуникации искусственных связей между именем, содержащимся в высказыва-

нии, денотатом имени, находящимся где-то в Природе, и знанием о денотате, образованным в мозгу усилиями ЕИ. Знание о денотате имени и обозначает термин «смысл», точнее «смысл денотата». Некоторые авторы предпочитают иноязычный термин «концепт», который на русский язык переводится терминами «идея», «понятие», «общее представление».

Связи названы искусственными потому, что в Природе они не существуют, точнее, они существуют только как ассоциации энграмм и создаются ЕИ субъекта в процессе формирования языковой компетенции. Теоретическая значимость идеи Фреге и состоит в том, что его треугольник разделяет три вершины потому, что знак не содержит никаких признаков обозначаемого. Но эту мысль Фреге выражает не совсем ясно:

«Для удобства дальнейшего изложения условимся говорить, что собственное имя (слово, знак, сочетание знаков, выражение) *в ы р а ж а е т* свой смысл и *о б о з н а ч а е т*, или *н а з ы в а е т*, свой денотат» [116].

Термин «выражает» неудачный, поскольку намекает на то, что собственное имя содержит что-то о смысле. На самом деле это не так. Собственное имя только обозначает смысл, так же как и денотат, т. е. собственное имя — это знак и смысла, и денотата.

Треугольник изображает тремя сторонами неупорядоченные бинарные отношения трех вершин. Поэтому законны выражения: «денотат имени», «имя денотата», «смысл денотата», «денотат смысла», «имя смысла», «смысл имени». Законность следует из того, что в любой ситуации можно каждой из этих пар назначить и денотат и смысл. Для идеальной информационной связи необходимо, чтобы бинарные отношения, представленные сторонами треугольника Фреге, были изоморфизмами. Изобретатели систем связи удовлетворяют этому условию конструкциями генераторов и интерпретаторов искусственных языков. Добиваются некоторых успехов в этом отношении дрессировщики животных и узкие профессиональные коллективы. Но для языка-системы общества дос-

тичь такого изоморфизма невозможно, потому что каждый член общества развивает и использует свою языковую компетенцию, исходя из своих индивидуальных проблем.

В речевом общении указанные бинарные отношения имеют тип «многие ко многим». Одному денотату общество может сопоставлять много смыслов, и наоборот. Возникающие по этой причине противоречия языковая практика разрешает использованием НВК и обратных связей в ходе диалога.

Прямого ответа на вопрос, для чего нужен смысл денотата, Фреге не дает, но из его рассуждений ответ легко усматривается.

При коллективной работе автор передает в составе высказывания своему коллеге имя денотата для того, чтобы последний обнаружил в окружении этот денотат. Например, «Я держу гвоздь, а ты ударь по нему молотком». Следующее высказывание автора — «По гвоздю бей, а не по пальцу!» — стимулируется действием коллеги. Разумно принять гипотезу, что высказывания в ходе диалога при совместной работе возбуждаются противоречиями между субъективными пониманиями предмета и/или цели деятельности. ЕИ реципиента, приняв от автора высказывание с именем денотата, должен актуализировать те знания, которые помогут ему обнаружить в окружении денотат и синтезировать программу операций с ним.

Определение 8:

Смысл денотата (концепт денотата) — это фрагмент знания субъекта, необходимый и достаточный для идентификации денотата субъектом и выполнения с ним работы.

Это знание никогда не покидает пределов мозга. Оно может быть либо эмпирическим, т. е. осязательно приобретенным, либо опосредованным, т. е. теоретическим. Если знание оказывается недостаточным для идентификации денотата, то возникающее противоречие может стимулировать исследовательский процесс, в частности в форме дискуссии.

Следует иметь в виду, что термин «смысл» многозначен. Например, выражения «смысл действия», «смысл молчания», «смысл политики» и т. п. имеют денотатами цели действия, молчания, политики и т. п., а не знания.

Науке ничего неизвестно о физической природе знания, но существуют гипотезы о том, что это какие-то хитроумные структуры, которые могут быть представлены на бумаге в виде фреймов, УПК или семантических сетей. Поэтому можно полагать, что смысл конкретного денотата — это некоторая ограниченная структура знания, отличная от смыслов всех других денотатов. Как отмечает Фреге, языковая компетенция каждому денотату и каждому имени может сопоставлять несколько смыслов. Кроме того, существуют смыслы, т. е. некоторые ограниченные структуры знаний, которые не определяют никаких денотатов, но им языковая компетенция сопоставляет имена. Например, «сила», «время», «судьба», «кентавр», «русалка», «семантика окружающего мира», «прагматика знаковой системы». Такие имена Фреге предлагает называть «псевдоименами». Математики же отмечают существование и невербального математического мышления [75, с. 342], и смыслов, которым не сопоставлены имена.

В литературе не встречается критика теории имен Фреге. Но авторы, упомянув треугольник Фреге, игнорируют суть этого треугольника — различия между знаком и обозначаемым, т. е. между словом, денотатом и смыслом слова.

«Знак характеризуется, с одной стороны, обозначаемым им предметом (называемым в зависимости от выбранной терминологии *денотатом*, *референтом* или *обозначаемым*), а с другой — свойствами денотата (называемыми *концептом*, *смыслом* или *десигнатом*), выражаемыми этим знаком, т. е. тем понятием о денотате, которое несет данный знак. Концепт — это информация, которую знак несет о возможных денотатах (т. е. это не вся информация о денотате, а только та ее часть, которая отражается данным знаком), об их положениях в системе реальных, об их месте в универсуме. Выбор денотата определяется конкретной знаковой ситуацией, т. е. зависит от контекста. Концепт, в противоположность этому, постоянно, вне зависимости от контекста, присущ самому знаку, точ-

нее говоря, определяется местом знака в некоторой знаковой системе. Следует понимать, что независимость концепта от контекста не означает, что он описывает одни и те же денотаты в разных универсумах. Отношение знака (S) к своему денотату (D) и к концепту (C) может быть выражено в виде треугольника Фреге, т. е. треугольника, вершинам которого соответствуют S, D C.» [84, с. 26].

Автор ошибается, утверждая, что «знак характеризуется ...денотатом» и «свойством денотата». Ни то ни другое никакого непосредственного отношения к знаку не имеет. Отношения «знак — денотат» и «знак — концепт денотата» реализуются конструкциями генераторов и интерпретаторов языков, а не знаками. Следствием этого является омонимия и синонимия разговорных языков.

Разбор понятийной путаницы в приведенном извлечении занял бы не одну страницу, но ограничимся только коротким замечанием. Ни в одной из своих частей приведенный текст не совместим с принципом «стальной иглы». Знак не характеризуется ни денотатом, ни свойствами денотата. Именно поэтому он и используется вместо них. Внутри генератора языка, вероятно, можно было бы как-то обнаружить связь между представлением знака и представлением денотата, но не вне этого механизма. «Концепт ... присущ самому знаку» — ложное утверждение, но на этой гипотезе основываются все работы по извлечению смыслов из текстов. Типичный пример — работы группы исследователей, руководимой Р. Шенком [129] или модель «Смысл ↔ Текст» [63].

Простые предложения, т. е. элементарные высказывания, Фреге предлагает рассматривать тоже как имена. Но в этом случае смыслом предложения должно быть суждение, а денотатом — абстрактный объект либо «истина», либо «ложь», т. е. истинностное значение суждения. Реципиента не интересует одно суждение, возбужденное в его мозгу текстом полученного предложения. Чтобы правильно реагировать на это предложение, реципиент должен иметь оценку истинности возбуждаемого суждения. Эта оценка не передается реципиенту вместе с предложением. Он должен сам ее получить либо эмпирической проверкой возбужденного суждения,

либо сопоставлением его со своим прежним опытом, либо на основании веры в непогрешимость автора предложения.

Неубедительна попытка Фреге установить грань между смыслом денотата и умозрительным представлением, или восприятием, или образом, этого денотата. По мнению Фреге, смыслы денотатов используется для обмена знаниями между людьми, а образы денотатов для этого не годятся, поскольку они слишком субъективны. Но смысл денотата, т. е. фрагмент знания, — это динамический, развивающийся фрагмент Природы. Его развитие — это познание субъектом Природы. Познание начинается с остетивного определения имени денотата. Все вербальные определения сводятся к остетивным. Но формирование остетивного определения — это образование ассоциативной связи между энграммой слова и первоначальной энграммой, или восприятием, денотата в мозгу. В этот момент у субъекта нет другого смысла денотата.

«Язык, наше единственное средство сообщения научного знания, социален в своем существе, происхождении и главных функциях. ... Тем не менее, главной целью языка является общение, и, для того, чтобы служить этой цели, он должен быть народным, а не личным диалектом, изобретенным самим говорящим. Отсюда следует, что наиболее личное в опыте индивидуума стремится испариться в процессе выражения этого опыта в языке» [94, с. 39].

Очевидно, «испарению», точнее «выпариванию», подвергаются энграммы денотатов, и границу, когда энграмма превращается в этом процессе из личного изобретения в согласованный с обществом смысл, или понятие, найти невозможно.

7.5. Экспликация треугольника Фреге

Попытаемся связать идеи Г. Фреге с физиологическими представлениями о восприятии, несколько упростив их толкование.

На рис. 3 единая Природа изображена тремя непересекающимися областями. Линия abc разделяет мозг человека и внешний

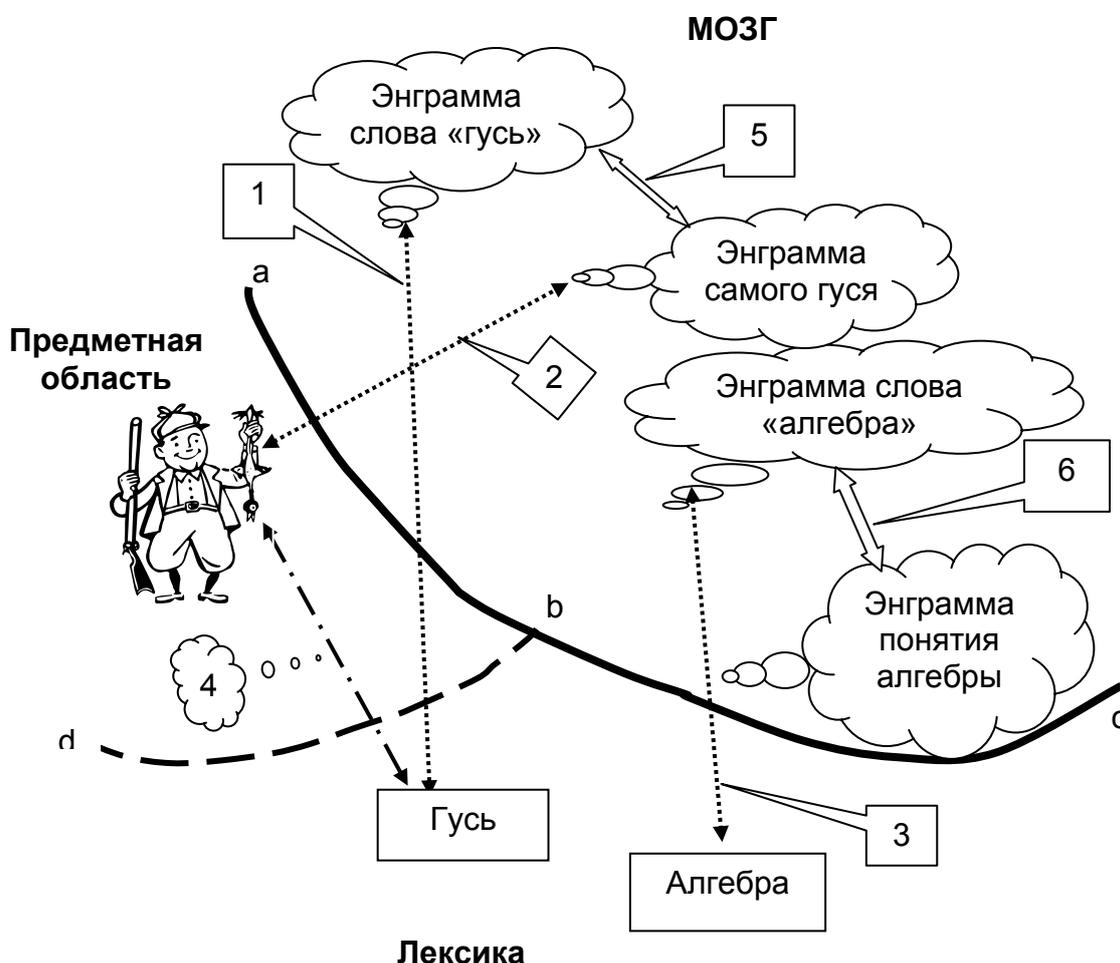


Рис. 3. Физиологическая интерпретация треугольника Фреге

по отношению к нему мир. Линия db разделяет внешний мир на область разговорного языка (лексику) и предметную область. В предметной области могут находиться предметы мысли человека. Человек использует разговорный язык для обсуждения этих предметов с коллегами. Жизнь показывает, что предметами мысли могут быть не только фрагменты предметной области, но и языковые явления и даже события, происходящие в мозгу. Однако, не ограничивая общности дальнейших рассуждений, можно, ради ясности, пока абстрагироваться от подобных ситуаций.

Стрелки 1—3 иллюстрируют условно-рефлекторные связи мозга с внешним миром. Модальность сенсорных возмущений не влияет на механизмы формирования рефлексов. Поэтому в мозгу формируется не только энграмма объекта из предметной области, наблюдаемого визуально и называемого «гусем» (стрелка 2), но и объекта из области лексики, образуемого последовательностью звуков слова «гусь» (стрелка 1) и воспринимаемого слухом. По мере освоения человеком условностей общественной жизни мозг может образовать ассоциативную связь между этими двумя энграммами, показанную на рисунке двойной стрелкой 5. С этого момента звуки слова «гусь» становятся для человека знаком, или именем, во-первых, энграммы «самого гуся» и, во-вторых, птицы предметной области.

Таким образом, композиция стрелок 1 и 5 изображает бинарное отношение <имя, смысл имени>; стрелка 2 — бинарное отношение <денотат имени, смысл имени>, а стрелка 4 — бинарное отношение <имя, денотат имени>.

Стрелки 1 и 3 изображают реально существующие физиологические механизмы элементов гомоморфизмов из лексики в мозг и обратно. Стрелка 4 изображает абстракцию, т. е. не фрагмент Природы. Два направления стрелок символизируют действие причинно-следственных отношений в двух направлениях. Появление в поле зрения гуся активизирует энграмму гуся (стрелка 2), которая активизирует энграмму слова «гусь» (стрелка 5). Энграмма слова «гусь» управляет движением артикуляционного аппарата, который и производит соответствующее звукосочетание (стрелка 1). Восприятие ухом звукосочетания слова «гусь» активизирует энграмму этого слова (стрелка 1), которая, в свою очередь, активизирует энграмму гуся (стрелка 5). Энграмма гуся управляет мышечными движениями глаз или рук, направленными на поиски гуся в предметной области (стрелка 2).

Элементы гомоморфизмов, изображаемые стрелками 1 и 3, — достояния языковой компетенции субъекта. Их невозможно извлечь из звуков слов «гусь» или «алгебра». Факт их объективного

существования у испытуемого субъекта обнаруживается, например, по его реакции на вопрос: «Где гусь?». Других способов исследования языковой компетенции человека наука не имеет [124].

Наличие связей, обозначенных стрелками 1, 5 и 2 — необходимое условие взаимопонимания двух собеседников. Предположим, один из них говорит второму: «Смотри! Браконьер добыл гуся!». На рисунке не показаны энграммы объектов и звукосочетаний: «смотри», «браконьер» и «добыл». Но они должны существовать в мозгу обоих собеседников, иначе не только понимания, но и высказывания не может быть. Понимание вторым собеседником принятого высказывания проявится в том, что он, используя энграмму «браконьер», будет разыскивать его взором в предметной области и, найдя, переключится на поиски гуся, используя энграмму «сам гусь».

Он будет удивлен, если в руках браконьера находится не гусь, а заяц. Причина удивления — несовпадение систем категорий энграммы «сам заяц» и хранимой в памяти энграммы «сам гусь». Как происходит сравнение категорий энграмм — остается тайной. Но предположим, что энграмма «сам гусь» текущего восприятия и энграмма, находящаяся в памяти, совпали. В таком случае второй собеседник может воскликнуть: «Ну и гусь! Добыл гуся!». Чтобы это восклицание было правильно понято первым собеседником, в его мозгу энграмма первого звукосочетания слова «гусь» должна ассоциироваться (по стрелке 5) с энграммой «браконьер», а при втором звукосочетании «гуся» — с энграммой «сам гусь». Как это осуществляется физиологически — тоже остается тайной. Но понимание собеседников указывает на существование подобных переключений. Для нас важно отметить, что внутримозговые ассоциативные связи между энграммами объектов могут изменяться в процессе восприятия текстов разговорного языка. Существует гипотеза, что эти изменения управляются контекстом текста и НВК.

7.6. Язык и речевая деятельность

Вслед за лингвистами надо различать понятия «речь» и «язык», которые часто употребляются как синонимы.

«А *речью* следует называть процесс функционирования языка. Но для того, чтобы подчеркнуть отличие речи в значении “язык” (“речь его была чужой, да и весь облик выдавал в нем иностранца”) или речи в значении “выступление” от указанного процесса, говорят *речевая деятельность* (а не “речь”). Включение понятия *деятельность* очень важно по разным другим причинам. Во-первых, как правило, мы говорим или слушаем, читаем или пишем не ради самого этого процесса, а ради какой-то цели ... Во-вторых, речевое поведение, включенное в более широкую деятельность, само обладает всеми признаками деятельности: имеет цель, мотив, орудие (сам язык), распадается на ряд действий (речевых актов), состоящих из ряда операций (например, выбор слова, уточнение, исправление собственной ошибки, повтор и пр.). Даже люди, чьи профессии являются речевыми (юрист, учитель, пропагандист, писатель и др.), пользуются этим видом деятельности не ради него самого, а для обвинения, оправдания, убеждения, доказательства, самовыражения и самоутверждения и пр.» [26, с.102].

Согласно определению язык не функционирует. Функционирует физиологический процесс, точнее система таких процессов, реализующая частный вид гомоморфного отображения мыслей, в котором образами служат знаки разговорного языка. В общем случае образами такого гомоморфизма могут быть скульптуры, полотна художников, чертежи конструкторов, тексты программ и т. д. Частный вид гомоморфного отображения мыслей, когда образами служат знаки разговорного языка, называют [26] «речеобразованием», или «вербализацией», а обратное отображение — «речевосприятием», или «девербализацией».

Иерархию значащих знаков разговорного языка составляют слова, предложения и тексты. К знакам языка относят фонемы и буквы графического алфавита, но этим фрагментам не сопоставлены значения, кроме некоторых букв, которые в этом случае считают однобуквенными словами. Тексты обычно понимают как линейно упорядоченные последовательности элементов алфавита и

говорят о «линейных» языках. Но все приводимые рассуждения о языках можно обобщать и на пространственные тексты, например, карты или машиностроительные чертежи.

Для управления поведением организма, как отмечено выше, важны для ЕИ не столько фрагменты, окружающие организм, сколько отношения между ними.

«Никакое из наших ощущений, взятое в отдельности, не могло бы привести нас к идее пространства: мы пришли к ней, только изучая законы, по которым эти ощущения следуют друг за другом» [92, с. 56].

Идея, т. е. ощущение, восприятие, представление, евклидова абстракция пространства — это синтез результатов анализа временных последовательностей проксимальных стимулов.

Мозг фиксирует воспринимаемые органами чувств отношения между фрагментами Природы в виде рефлексов. Эти процессы происходят на подсознательном уровне, но некоторые рефлексы проникают в сферу сознания мозга и поэтому могут быть выражены словесно. Будем считать, что денотатом термина «эмпирическое суждение» является энграмма осознанного рефлекса. ЕИ использует совокупность эмпирических суждений мозга в качестве базиса для построения в процессе мышления суждений более высоких уровней [94]. Аналогично действуют и математики, создавая формальные исчисления.

Результатом вербализации суждения является предложение, составленное по правилам языковой компетенции из слов, а из предложений составляются тексты по правилам той же языковой компетенции. Конечно, предложение может состоять из одного слова, а текст — из одного предложения. При логическом изучении средств разговорного языка, точнее научного подъязыка, предложения преобразуют в конструкции, которые называют «высказываниями». Высказывания конструируют из термов, логических операторов и высказываний. Структура языкового предложения может не совпадать со структурой логического высказывания, хотя как знаки по денотату и смыслу они могут быть эквивалентны.

«Например, предложение “Нечетное число не делится на два” расчленяется не на шесть слов, а лишь на два термина “Нечетное число” и “не делится на два”» [35, с. 22].

Понятие «суждение» важно по той причине, что эта энграмма является тем минимальным операндом в мозгу, который способен стимулировать модификацию знания реципиента. Девербализация предложений возбуждает в мозгу суждения. ЕИ оценивает истинностные значения суждений, попавших в поле его внимания, любым доступным способом. Если установлено, что суждение истинно или ложно, то доминанта реципиента может допустить корректировку его знания. В противном случае может активизироваться исследовательский рефлекс.

В 1966 г. Н. П. Бехтерева и В. Греченый обнаружили область мозга, которую назвали «детектором ошибок» [10]. В этой области возникает возбуждение при появлении ошибки в реакции на внешний стимул. Установлено, что возбуждение в детекторе ошибок начинается еще до того, как ошибка осознается.

Пользуясь термином «истина» в качестве характеристики высказывания или суждения, следует различать «эмпирическую истину» и «логическую истину» [94]. Эмпирическая истина высказывания устанавливается по результатам управления физическими действиями с Природой. Логика не интересуется такой истиной. При построении формальной теории логик объявляет истинными высказывания в произвольно выбранном множестве. И только при интерпретации теории подыскивается фрагмент Природы или математическая система, для которой выбранным высказываниям интерпретация ставит в соответствие эмпирически обнаруженные отношения. Такой объект называют «моделью формальной теории». Для формальной теории может существовать много моделей, одна единственная модель или не существовать ни одной модели.

Речевая деятельность совершается при речевом общении, или диалоге, между людьми или человека самим с собой. Цели диалога могут быть самыми различными, но можно утверждать, что

диалог часто возбуждается некоторым противоречием и направлен на его разрешение.

Для успешной совместной работы даже двух людей им необходимо достичь схожести знаний об объекте деятельности, общей цели и целях каждого участника работы, об инструментах и последовательности их использования и о многом другом. Эту народную мудрость И. А. Крылов выразил словами:

«Когда в товарищах согласия нет,
На лад их дело не пойдет,
И выйдет из него не дело, только мука.
Однажды Лебедь, Рак да Щука ...»

В идеале для успеха коллективной деятельности коллектив должен пользоваться единым для всех множеством пар <смысл, действие>, поскольку действие — это мышечные движения, управляемые опосредованно сознанием. Но такое единство может образоваться только на основе единого для всех множества триад <имя, денотат, смысл>, которое в свою очередь может появиться только в результате языковой коммуникации между членами коллектива.

Если бы все участники коллективной деятельности получали, например из Информационного Поля, идентичную информацию, которая возбуждала бы у них тождественные знания о текущей ситуации, то никакого речевого общения не потребовалось бы. В ходе эволюции не возникло бы причины для изобретения механизмов речеобразования и речевосприятия. Трудовые коллективы жили бы в полном молчании, а члены их прекрасно понимали бы друг друга и успешно сотрудничали. К сожалению, отсутствие общения с Информационным Полем и разноречивостью в общении с Природой порождают в разных головах разноречивые знания об одних и тех же фрагментах Природы. Тождественности знаний, как свидетельствует жизненный опыт, у автора и реципиента без специальных мер редко когда-либо удается достичь, но схожесть возможна, если это до-

пускает доминанта реципиента и его мировоззрение совместимо с мировоззрением автора.

Общение «человек — человек» может происходить устно или письменно. В машиностроении общение «человек—человек» осуществляется с помощью чертежей. Письменная речь имеет свои усложняющие особенности, но, в плане обсуждаемых проблем, ничего не имеет принципиально отличного от устной речи.

Диалог двух собеседников — это работа двух систем управления, поскольку каждый собеседник чего-то добивается от своего коллеги. Собеседники могут говорить по очереди или одновременно. Может вести монолог один оратор, а многие реципиенты его слушать.

При обсуждении проблем моделирования ЕИ можно ограничиться пока такими диалогами, в которых хотя бы один из собеседников пытается создать в мозгу другого знание фрагмента Природы, тождественное своему собственному. Термин «тождественный» здесь надо понимать в некотором специфическом смысле. Речь не идет о тождественности физиологических конструкций двух энграмм, а только о тождественности последствий использования этих энграмм. Такое явление иногда называют «функциональным подобием».

Определение 9:

Речевое общение — это процесс управления, имеющий целью устранять противоречия между знаниями фрагментов Природы у участников коллективной деятельности.

Речевые общения, изолированные от коллективной деятельности, не могут устранять рассогласования знаний потому, что имена в высказываниях устанавливают связи со своими денотатами только через смыслы, которых нет в высказываниях. Но знания у разных лиц не могут совпадать, если пару <имя, денотат> они относят к разным смыслам. Среди математиков существуют различные точки зрения на некоторые абстрактные вопросы, касающиеся очень больших множеств. Например, нет единого мнения о выпол-

нимости закона исключенного третьего на высказываниях о бесконечных множествах. Несложно установить действием истинность высказывания: «В корзине три яйца». Но убедиться действием, что существуют невычислимые арифметические функции, т. е. функции на множестве натуральных чисел, невозможно. Доказательство этого факта опирается на гипотезу, т. е. веру, что закон исключенного третьего выполняется на любых множествах.

Автор передает текст реципиенту с целью отождествить свои мысли и реципиента. Текст — это управляющая последовательность, направляемая управляющим устройством (разд. 10.2), т. е. автором, объекту управления, т. е. реципиенту, с целью изменить его состояние.

Если управляющее устройство и объект управления разделены пространством и/или временем и по имеющемуся между ними физическому каналу связи невозможно транспортировать состояния систем, то управляющая последовательность необходимо должна быть знаком, т. е. информацией. Отработка в ходе онтогенеза процессов речевой деятельности имеет целью устранять оба указанных препятствия общению собеседников.

Формирование текста в речевой деятельности — это один из этапов процесса управления. В широком смысле этот процесс включает сознательное или бессознательное формирования цели где-то в мозгу, выстраивание в логическом порядке найденных мыслей, вербализацию мыслей и обратную девербализацию текстов, антиципацию последствий передачи текста реципиенту, выработку программ управления мышечными движениями. Для управления этой деятельностью мозг создает функциональную систему. Работа такой функциональной системы опирается на знания человека, в составе которых выделяют языковую компетенцию, т. е. опыт общения «человек—человек», и знания предмета обсуждения.

«Однако же существует “реальное знание языка”. То, что мы называем этим словосочетанием, есть — терминологически — “языковая компетенция”, хранящаяся каким-то образом, во-первых, в индивидуальной

памяти человека (именно поэтому он знает язык) и, во-вторых, в том, что можно условно назвать “коллективной памятью” — множеством индивидуальных и постоянно взаимодействующих “памятей”. Если словарь современного русского языка (общеупотребительные единицы и вся терминология всех областей науки и техники) исчисляется миллионами слов, то словарь крупнейших писателей — несколькими десятками тысяч (т. е. на два порядка меньше), а словарь обычного образованного человека раза в полтора меньше, чем у писателя. В повседневной речи мы редко активно пользуемся больше чем одним десятком тысяч слов. Пассивный же словарь наш значительно богаче, т. е. понимаем мы примерно в два раза больше слов, чем употребляем сами.

Память хранит не только слова (слова или словосочетания — это еще предстоит выяснить), но и грамматику — правила морфологии и синтаксиса, а также — вместе со словами и синтаксисом — правила произношения и интонации. Напрасно, однако, было бы думать, что все эти правила реально выглядят так, какими их представляют учебники или научные описания языка» [26, с. 97].

Многие исследователи пытались и продолжают пытаться проникнуть в тайну перевода мозгом мысли в текст и текста в мысль [63, 84]. Но тайна остается тайной. Мы обходим это белое пятно в знаниях Человека, постулируя существование упомянутых выше двух гомоморфизмов. Среди нейропсихологов нет расхождений в том, что текст часто возникает на основании мысли, и наоборот [124]. Расхождения возникают по деталям этих процессов.

Восприятие текста состоит в членении его на простые предложения по правилам языковой компетенции и возбуждении по каждому простому предложению суждения. Возбужденные суждения не тождественны авторским суждениям. Это различие проявляется даже в одном мозгу.

Процессы речеобразования и речевосприятия работают всегда параллельно и одновременно, как прямая и обратная связи (разд. 10.1).

«...механика и акустика речеобразования, свойства периферических процессов управления сокращением мышц и свойства восприятия речи оказываются связанными в единую систему управления процессами речеобразования» [105, с. 7].

Процесс речеобразования возбуждает процесс речевосприятия, и наоборот. Один процесс контролирует работу другого, как обратная связь. Нарушение работы одного процесса вызывает сбой другого. На этом циклическом взаимодействии основано участие речевой деятельности в развитии мысли, поскольку девербализованные суждения не тождественны суждениям вербализуемым. Вероятно, здесь проявляется тот же эффект работы мозга, который отметил Н. А. Бернштейн, изучая тренировки спортсменов, и назвал «повторением без повторения».

«Вся диалектика развития навыка как раз и состоит в том, что там, где есть *развитие*, там каждое следующее исполнение лучше предыдущего, т. е. *не повторяет* его; поэтому упражнение есть, в частности, *повторение без повторения*. Разгадка этого кажущегося парадокса в том, что правильно проводимое упражнение повторяет раз за разом не то или иное *средство решения* данной двигательной задачи, а процесс решения этой задачи, от раза к разу изменяя и совершенствуя средства» [9, с. 327].

Если мозг придерживается такой стратегии при отработке мышечных движений прыжка, то вряд ли он не придерживается такой же стратегии при отработке произношения и распознавания фонем. Опубликованные фотографии рукописей художников слова содержащимися в них коррекциями говорят о том, что процесс вербализации и развития мысли является рекурсивным и, вероятно, без неподвижной точки.

«Как бы ни определялся предмет логики различными специалистами и направлениями в логике, фактически ее предметами всегда были и остаются язык как средство познания и само познание, поскольку оно совершается в языке и посредством языка и продукты которого фиксируются в языке» [35, с.18].

Очень важное замечание автора о том, что предметом изучения логики является язык, согласуется с принципом «стальной иглы». Многие полагают, что логика изучает законы мышления. Но мышление пока недоступно наблюдению и поэтому не может быть

предметом изучения. Наблюдаемый язык только опосредованно представляет мышление. Нейрогомоморфизмы процессов вербализации и девербализации не являются автоморфизмами, т. е. отображениями на множестве мыслей.

Процессы речеобразования и речевосприятия работают одновременно и параллельно и при внутренней речи, т. е. при «диалоге с самим собой». Следствием этого является феномен, который называют «речевым мышлением». По этой причине, вероятно, автор в приведенной выдержке утверждает, что познание «совершается в языке и посредством языка». Но почему продукты познания, т. е. знания, которые никогда не покидают мозга, «фиксируются в языке», т. е. в текстах языка? Ответ элементарно прост: текст фиксирует знание не потому, что содержит его, а потому, что, являясь управляющей последовательностью, возбуждает его в мозгу при наличии ЕИ и соответствующей языковой компетенции. Отсутствие того или другого лишает текст этого свойства. Истории известны такие эпизоды.

Жители острова Крит в XVI в. до н. э. владели письменностью и текстами фиксировали свои знания. Но эти жители исчезли, а вместе с ними исчезла и их языковая компетенция. Современные археологи обнаруживают древние тексты, но они не возбуждают мыслей в головах современных мудрецов, знания которых, вероятно, более обширны, чем древних авторов [93, с. 22].

Существует принципиальное различие между речевым общением типа «человек — человек» и типа «человек — компьютер». В первом случае общение — это взаимодействие типа «знание — знание», а во втором — типа «знание — текст». В случае знания работает таинственная операция «ага», или интуиция. Фрагменты знания, т. е. смыслы имен, являются операндами этой операции. В случае текста работают только формальные машинные операции. Формальные в том смысле, что их результаты зависят только от формы знаков, например, длительностей и амплитуд импульсов напряжения, и не зависят ни от денотатов, ни от смыслов знаков.

7.7. Формальная грамматика

Опубликовано много описаний различных искусственных и естественных языков и даже моделей общения «человек — человек» и «человек — компьютер» [38, 64, 84, 86, 114, 129]. Общим для этих публикаций является игнорирование принципа «стальной иглы» и гипотеза о том, что тексты естественного языка переносят мысли из одного мозга в другой. Эту гипотезу авторы обычно не формулируют явно, полагая, что она — самоочевидный факт. Ведь не только авторы, но и читатели учились по текстам учебников.

Н. Хомский предложил определение порождающей грамматики линейного языка, которое оказалось удобным для определения искусственных языков в теории программирования. Одно из удобств этого определения в том, что во многих случаях каждому тексту языка это определение позволяет сопоставить скрытую структуру, а следовательно, определить конструкцию генератора и интерпретатора языка.

«Мы считаем, что язык L есть множество (конечное или бесконечное) предложений, каждое из которых имеет конечную длину и построено с помощью операции соединения из конечного множества элементов. Это определение включает как естественные, так и искусственные языки логики и теории программирования.

... определить язык можно двумя способами: можно попытаться разработать какую-либо операционную процедуру, которая будет отличать предложения от непредложений, или же можно построить рекурсивные правила, которые будут перечислять все предложения бесконечного списка. Первая из этих возможностей почти не исследовалась и остается за пределами нашего обзора. Вторая же составляет один из аспектов того, что естественно назвать грамматикой языка» [120, с. 224].

Как видно из этой выдержки, автор не постулирует наличия в языке каких-либо элементов, которые «несут» информацию или из которых можно извлекать смысл.

В теории формальных грамматик принимают определения, подобные следующему.

Определение 10:

Языком L_A над алфавитом A называется исчисление, т. е. множество, определяемое тремя конечными множествами: A — алфавитом, P — множеством аксиом и G — множеством правил вывода (грамматикой языка): $L_A = \langle A, P, G \rangle$.

Если снять ограничение конечности множеств P и G и считать их классами, то, вероятно, этому определению будет удовлетворять любой разговорный язык. Множество аксиом P — это фиксированное множество текстов, которое называют базой исчисления. Иногда это один символ. Конечные языки содержат только аксиомы. Так, язык уличного светофора содержит три цвета. Тексты счетных языков, не принадлежащие аксиомам, являются конструкциями, построенными из аксиом по правилам множества G .

Каждый текст формального языка может быть представлен двумя способами — либо последовательностью элементов алфавита, либо последовательностью применений правил вывода к аксиомам из P . Последнюю последовательность называют деревом вывода текста. Трансляторы языков программирования руководствуются деревом вывода текста для вычисления значения текста, т. е. интерпретации текста.

Все без исключения применения компьютеров для обработки информации используют языки, удовлетворяющие определению 10. Данные, обрабатываемые процессором компьютера, и программы, управляющие его работой, всегда являются текстами конкретных языков. Можно, без существенного искажения действительности, считать, что это язык Ассемблера, тексты которого без труда транслируются в тексты языка процессора. Если данные и программа не являются текстами языка Ассемблера, то они должны транслироваться в тексты Ассемблера перед использованием компьютера. Но трансляция, осуществляемая без участия ЕИ, т. е. автоматическая, требует формального представления элементов множеств P и G языка, т. е. такого представления, чтобы интерпре-

тация текстов языка трансляторами не требовала бы обращения к операции «ага» ЕИ.

Тексты языков, которые не являются элементами исчисления, удовлетворяющего определению 10, не могут обрабатываться компьютером. Такими языками являются разговорные языки, созданные мозгом бессознательно, а следовательно стихийно. Это подтверждается неудачами многочисленных работ по автоматическому переводу текстов разных естественных языков, а также неудачами создания документальных информационно-поисковых систем (ИПС) [100]. И системы автоматического перевода, и ИПС должны моделировать речевую деятельность при общении «человек — человек». Но исчисление, удовлетворяющее определению 10, моделирует только три из четырех необходимых компонент речевого общения: множество знаков, генератор знаков и интерпретатор знаков, а языковая компетенция остается вне модели.

Некоторые психолингвисты считают, что процесс понимания человеком естественного языка — это трансляция текстов во внутренний язык, которым пользуется мозг в процессах мышления. Процесс вербализации генерирует текст под управлением мысли (иногда знания). Процесс девербализации возбуждает в мозгу мысль (иногда знание) под воздействием зрительно или на слух воспринимаемого текста. Вопрос о том, алгоритмичны или неалгоритмичны эти процессы, т. е. механические они или нет, остается открытым. Но ответ на него является краеугольным камнем для попыток создать систему общения на естественном языке с компьютером.

7.8. Тексты «физиков» и «лириков»

Теория имен Г. Фреге позволяет различать почти объективно научные и художественные тексты. Субъективность возникает в связи с различием в языковой компетенции у людей.

Научный текст создается автором с целью возбудить в мозгу реципиента достоверное, с точки зрения автора, представление о некотором фрагменте Природы, независимое от эмоций реципиен-

та. Только такие представления гарантированно могут способствовать успеху совместной деятельности. Достоверное представление может возникнуть, если реципиент в состоянии определить истинностное значение каждого предложения, содержащегося в тексте. Но для этого необходимо, чтобы все собственные имена в предложениях имели не только смыслы, но и денотаты.

Художественный текст создается автором с целью эмоционального воздействия на реципиента. Совместная деятельность не предполагается, поэтому не требуется возбуждать в мозгу реципиента достоверные суждения о Природе. Эмоции же возбуждаются не достоверностью, а в значительной мере красотой текста: «красиво сказано, значит правильно сказано» — такова мудрость здравого смысла. Для возбуждения эмоций достаточно смыслов имен собственных, а денотаты их не нужны. Таковы тексты Библии. Но и А. Пуанкаре [92] и Р. Пенроуз [75] считают, что красота математического суждения сопутствует его истине.

Творческая фантазия художников свободна. Творческая фантазия физиков скована законами Природы. К сожалению, тексты многих гуманитарных наук создаются по типу художественных.

7.9. Лакуны разговорного текста

«Стремление быть экономным не требует пояснений. Каждому понятно ваше желание сберечь свои активы, затратить как можно меньше времени, сил и денег при выполнении задания. Самым важным из ваших активов, видимо, является разум, и сбережение умственных усилий, вероятно, — самый важный вид экономии. *Не делайте при помощи большего то, что можно сделать при помощи меньшего.* Это — основной принцип экономии; мы встречаемся с ним в процессе решения задач, когда пытаемся получить решение, затратив **в о з м о ж н о м е н ь ш е** **в с п о м о - г а т е л ь н ы х м а т е р и а л о в**» [81, с. 277].

«Ваше желание сберечь свои активы» — это наблюдаемое проявление скрытого свойства вашего ЕИ. ЕИ не просто управляет жизненными процессами организма, но стремится управлять ими по «основному принципу экономии». Очевидно, этой тенденцией

объясняется отмеченный Н. А. Бернштейном феномен [9] передачи всего процесса управления мышечным движением или отдельными его компонентами, освоенными на одном из семи уровней, ниже-стоящему уровню. Этот феномен знаком каждому оператору компьютера, у которого пальцы «знают», какую клавишу нужно нажать в возникшей ситуации, а привлечение сознания к управлению пальцами замедляет работу.

«Основной принцип экономии» наблюдается и при вербализации мысли. ЕИ автора не включает в текст всех компонент, необходимых для однозначной девербализации текста реципиентом, полагаясь на его языковую компетентность и знания. И. Н. Горелов такие пропуски в тексте назвал «лакунами» (Приложение Б). Некоторые лингвисты обозначают этот феномен термином «эллипсис». Неоднозначная девербализация текстов возникает не только из-за лакун. Этому способствует и неоднозначность смыслов общеупотребительных логических связок «не», «и», «или», «если..., то ...» и т. д. [106, с. 51].

Текстовые лакуны не только не нарушают взаимопонимание собеседников, но, вероятно, необходимы для речевой коммуникации. Удивительно то, что они необходимы для реципиентов, вероятно, потому, что будоражат их мысли. Слушатели окрестят «занудой» оратора, который будет излагать свои мысли без лакун. Д. Пойа считает, что:

«В действительности честь открытия этого правила принадлежит Вольтеру, который выразил его в виде следующего афоризма: “Le secret d’être ennuyeux c’est de tout dire” — “Если хотите заставить скучать — расскажите все до конца”» [81, с. 310].

Поскольку в текстах нет никаких указаний о пропущенных компонентах, ЕИ реципиента должен заполнять лакуны результатами операций «ага» и предсказаниями подсознательного уровня, используя языковую компетенцию и знания предмета разговора. Например, смысл имени, входящего в текст, очень часто должен угадываться по отношениям между смыслами других имен, входящих в состав того же или смежных текстов. По этой причине неве-

роятна тождественная девербализация одного и того же текста разными реципиентами даже с тождественными знаниями. Более того, различаются девербализации собственного текста автором при повторных его чтениях, разделенных некоторыми интервалами времени. Этим пользуются писатели для «оттачивания» своих текстов.

Однако лакуны в текстах, так же как и метафоры, создают серьезные трудности для лексических процессоров и всех компьютерных программ, которые должны вычислять решения по текстовым описаниям событий. Догадка и предсказание — не машинные операции; компьютер догадываться не может, а предсказания программы могут вычислять только на основании аксиом некоторой формальной теории. В практике работы с речевыми текстами возникли два подхода борьбы с лакунами и неоднозначными смыслами: создание тезаурусов и применение формальных языков.

Тезаурус [100, с. 151] — это свод формальных правил для заполнения лакун и представления синтаксисом семантических отношений. Эти правила использует программа так же, как аксиомы формальной теории. К сожалению, тезаурусы решают проблему только частично, поскольку составляются не авторами текстов, а посторонними лицами с языковыми компетенциями и знаниями, отличными от авторских. Поэтому программа с тезаурусом в канал информационной связи между автором и реципиентом включает в качестве искажающего фильтра знание изобретателя тезауруса.

Применять формальные языки начали математики, а программисты продолжили и развили это направление. Лакуны в тексте программисты стали называть умолчаниями, а правила их заполнения фиксировать в конструкциях трансляторов. Этот подход получил широкое распространение, несмотря на его недостаток — необходимость автору текста и реципиенту запоминать смысл знаков языка, например, таких как $\exists x$, $x + y$, $\sin x$, \subseteq и т. д.

Собственно, тезаурус и умолчание различаются только количественно. Умолчание — это одно правило, а тезаурус — много правил, для хранения которых создаются базы данных.

8. Данные и знания

Многие авторы работ по ИСУ, желая убедить читателя в «интеллектуальности» своих изобретений, пытаются указать отличия знаний от данных. Редкое толкование ИСУ обходится без терминов «база данных» и «база знаний», а если описание сопровождается рисунком, то на нем показывают два прямоугольника с надписями «база данных» и «база знаний». Обычно предполагается, что изобретение интеллекта заключено в базе знаний. Но нет описаний конструктивных отличий баз знаний и баз данных, что не случайно.

«Слово “восприятие” — одно из тех, которое философы античной эпохи использовали некритически, с позиции здравого смысла. Теэтет¹, когда Сократ спрашивает его об определении «знания», предполагает, что знание — это восприятие. Сократ убеждает его отказаться от этого определения, главным образом, потому, что воспринимаемое является преходящим, в то время как знание должно быть о чем-то вечном; но он не ставит вопрос о том, чтобы мыслить событие восприятия как отношение между субъектом и объектом» [94, с. 127].

¹ Т е э т е т — персонаж, ведущий в произведении Платона диалог с Сократом, в котором Платон излагает свое миропонимание.

Если согласиться с Сократом, то можно найти различие, и существенное, между знанием и данными, но по признакам, от которых не зависит ни машинное представление, ни машинное манипулирование данными и текстами. Так, не различаются машинные обработки и представления «преходящего» и «вечного».

Пешеход случайно обратил внимание на уличный светофор и обнаружил, что тот излучает красный свет. Только у схоласта может возникнуть нелепый вопрос, что воспринимает пешеход — знание или данное. Тем не менее многие теоретики по ИСУ пытаются найти научные основы для его решения. Однако мозг пешехода будет обрабатывать воспринятый стимул независимо от принятого теоретиком решения.

В толковом словаре по информатике читаем:

«ЗНАНИЯ [knowledge]

Вид информации (подобно программам и данным), хранимой в базах знаний и отражающей знания человека — специалиста (эксперта) в определенной предметной области; множество всех текущих ситуаций в объектах данного типа и способы перехода от одного описания объекта к другому. Для знаний характерны внутренняя интерпретируемость, структурируемость, связность и активность. Говоря образно: “знания = факты + убеждения + правила”» [77, с. 113].

На странице 129 в этом же толковом словаре утверждается, что «информация — совокупность знаний». Этот порочный круг не содержит различия между «знаниями» и «данными». Поэтому бесполезно пытаться уяснить, что обозначают выражения «внутренняя интерпретируемость, структурируемость, связность и активность». Утверждение, что информация какого-то вида может храниться в базах знаний, ложно. Баз знаний нет, и вряд ли они когда-либо появятся по причинам, изложенным далее.

Различать понятия «данные» и «знания» предложил Д. А. Поспелов в работах [39, 86]. Приведенный выше текст из толкового словаря повторяет идеи этого автора. Придется привести длинную выдержку из работы [86, с. 39], чтобы не нарушить мысли автора. К тому же эта выдержка служит иллюстрацией, отмеченной в [40, с.

47], «безответственного отношения к терминологии», заимствованного из технической литературы по управлению.

«Введенное нами понятие семиотической модели и ее интерпретация ... позволяют рассмотреть важную проблему искусственного интеллекта — взаимоотношение данных и знаний и логическую противоречивость знаний. Вопрос этот важен и для ситуационного управления. Но прежде чем мы непосредственно перейдем к его обсуждению, отметим, что до последнего времени в теории программирования задач для систем искусственного интеллекта оживленно дебатировался вопрос о двух возможных путях построения подобных систем: процедурном и декларативном. ...

Отметим еще один важный аспект, позволяющий уяснить разницу между данными и знаниями. Любое понятие, используемое человеком, имеет как бы две стороны — экстенционал и интенционал. В науке до сих пор продолжают споры относительно точной их интерпретации. Поэтому наши дальнейшие рассуждения нельзя рассматривать как способ разрешить эти споры. Понятия “экстенционал” и “интенционал” мы будем трактовать прагматически, как принято в теории представления знаний. Под экстенционалом некоторого понятия мы будем подразумевать набор конкретных фактов, соответствующих данному понятию. Если, например, для некоторой конкретной лаборатории в данном научном учреждении мы рассмотрим понятие “сотрудник”, то его экстенционалом может быть список работающих в этой лаборатории. ... Экстенционал понятия может быть конечным, как было в приведенных нами примерах, но может быть и бесконечным. В последнем случае, разумеется, его нельзя задать простым перечислением. В этом случае поступают по-иному. Например, задают некоторое характеристическое правило, удовлетворение или неудовлетворение которому определяет принадлежность экстенционалу данного понятия. Например, определяя экстенционал понятия “четное число”, мы не можем перечислить все четные числа, но можем задать его путем следующего характеристического правила: если при делении на 2 данное число имеет нулевой остаток, то оно принадлежит экстенционалу понятия “четное число”. Подобное правило можно (что обычно и делается) использовать для определения понятия “четное число”. Это определение и будет интенционалом данного понятия.

Между декларативным и процедурным представлением, с одной стороны, и экстенционалом и интенционалом, с другой, существует очевидная связь. Экстенционал — это набор конкретных данных, заданных в декларативной форме. Интенционал же, как правило, задает некоторую

процедуру, позволяющую определять принадлежность того или иного конкретного факта к некоторому понятию. Интенционал выделяет знания, отделяет их от данных, которые всегда задаются экстенционально.

Теперь можно описать разницу между данными и знаниями. Данные есть комплекс информации, совместимый в рамках некоторой формальной системы с учетом всех возможных интерпретаций этой системы. В случае ситуационного управления множество данных есть множество текущих ситуаций, которые могут складываться на объекте управления (последний предполагается неизменным), и информация о текущем состоянии объекта и системы управления им. Знания же есть информация, которая хранится во всех возможных мирах вместе с условиями перехода от одного мира к другому. Другими словами, знания — это не только множество всех текущих ситуаций в объектах данного типа, но и способы перехода от одного описания объекта к другому, способы изменения компонент формальной системы, а следовательно, знания — это то, что воплощается в некоторой семиотической модели».

Предложенное автором понятие «семиотическая модель» обсуждается в разделе 13.2.

В мозгу читателя может возникнуть стопор, если он попытается разобраться со смыслом выражений последнего абзаца этой выдержки. Что такое информация? Можно ли каким-либо объективным методом наблюдать комплекс информации? Почему знания, которые «есть информация», — множество всех текущих ситуаций «на объекте управления»? Текущей ситуацией на управляемом корабле может быть пожар или пробоина ниже ватерлинии. Почему эти текущие ситуации «на объекте управления» являются знаниями? Почему эти текущие ситуации хранятся во всех возможных мирах? Зачем и каким способом во всех возможных мирах хранить пожар или пробоину на объекте управления? Скорее всего, пожар прекратится после выгорания горючих материалов, а пробоину заделают матросы. Ответов на такие вопросы в работе [86] нет.

Декларативный и процедурный подходы к построению программ ИИ никакого отношения к различию данных и знаний не имеют. Дело в том, что бесконечные множества — это абстрактные понятия, не наблюдаемые в Природе. Ни человек, ни одна из сис-

тем управления реальным объектом никогда не сталкивались и никогда не столкнутся с дискретным бесконечным множеством. Все фрагменты Природы, в том числе и компьютеры, моделируются как конечные системы. Любое реальное отношение любой конечной степени на конечной системе — это конечное множество. Это дает возможность программисту, сочиняющему модель реального объекта, воспользоваться для представления любого отношения в модели либо процедурой, либо декларацией, т. е. конечной таблицей. Выбор способа представления — это дело вкуса и квалификации программиста и не зависит от различия между данными и знаниями.

Пример. Машинная информационная система (ИС) содержит список фамилий $\Phi = \{\text{Иванов, Петров, Сидоров, \dots, Яковлев}\}$ и функцию $f = \text{Отец (фамилия)}$, которая является вербализацией знания родственных отношений между мужчинами списка Φ . Список Φ и функцию f можно в ИС представить только декларативно. Но функцию $F = \text{Прапрапрародитель(фамилия)}$ можно представлять либо декларативно, т. е. таблицей, либо процедурой, вычисляющей композицию $F = f \bullet f \bullet f$. Такую процедуру можно хранить в ИС в форме текста, например SQL. Какое решение примет разработчик ИС? Вероятно, он будет учитывать частоту появления запросов типа: «Назвать фамилию прапрапрародителя Иванова, если он содержится в списке Φ ». Если такие запросы будут появляться раз в году, то разумно функцию F хранить в форме процедуры. Если же ежедневно и по много раз, то разумно выбрать табличное представление.

Конечно, на этапе проектирования ИС частота появления запросов указанного типа может быть неизвестна, и программист будет принимать решение по каким-то другим соображениям. Но она может быть оценена в процессе эксплуатации ИС, после чего администрация базы данных (АБД) может оптимизировать прикладные программы или базу данных ИС. Одно из назначений системы управления базой данных (СУБД) и состоит в том, чтобы обеспечивать независимую модификацию прикладных программ и базы

данных. Таким образом, форму в машине вербализации знания выбирают из практических соображений, а не на основании схоластических рассуждений о различии данных и знаний. Знания в машине появиться не могут.

Не помогают автору разделить данные и знания «прагматически, как принято в теории представления знаний», термины «экстенционал» и «интенционал». Термин «прагматика» в «теории представления знаний» не имеет ясного и однозначного толкования, что наводняет эту теорию высказываниями, не имеющими истинностного значения.

«В настоящее время не существует единого взгляда на задачи прагматики и на взаимосвязь задач прагматики с задачами семантики» [84, с.74].

По этой причине разумно пользоваться понятиями традиционной логики, восходящими к Аристотелю.

«Традиционная логика имеет дело с понятиями. Понятия делятся на *единичные* и *общие*. Единичное понятие — это просто имя определенного предмета. Общее понятие по содержанию определяется указанием совокупности свойств, характеризующих подпадающие под него предметы. Класс предметов, обладающих этой характеристической совокупностью свойств, образует объем понятия» [49, с. 17].

Другими словами, согласно традиционной логике, «экстенционал» и «интенционал» понятия — это иноземные синонимы русскоязычных терминов «объем» и «содержание» понятия, а с точки зрения физиологии — это прообраз и образ нейрофизиологического гомоморфизма, соответственно. Согласно традиционной логике, экстенционал понятия «сотрудник лаборатории» — это не «список, работающих в этой лаборатории» и не набор данных. Экземпляр экстенционала понятия «сотрудник лаборатории» — это живой человек, например, с фамилией Иванов или Петров. Содержание понятия, или, по-иноземному, интенционал понятия, составляют суждения в мозгу человека, образованные для того, чтобы человек мог отличать экземпляры понятия от всех других фрагментов Природы.

Интенционал понятия «сотрудник лаборатории» свой у каждого человека, который научился пользоваться этим понятием.

В текстах из формальных теорий и в программах интенционалы представляются вербализациями знаний, которые называют «определениями понятий». Интенционал понятия «сотрудник лаборатории» для программы определяют данные отдела кадров, хранящиеся в бумажной или машинной базе данных, например «список, работающих в этой лаборатории». Если фамилии Сидоров в таком списке нет, то человек, обозначаемый знаком «Сидоров», не является экземпляром экстенционала понятия «сотрудник лаборатории». Каждая фамилия в списке сотрудников лаборатории — это данное, или знак факта, что человек, обозначенный этой фамилией, работает в лаборатории. Такой знак в мозгу бухгалтера возбуждает знание, которое побуждает бухгалтера начислять человеку зарплату. По своей воле бухгалтер может назвать такой факт данным или знанием. От этого произвола не зависит ни форма представления списка сотрудников лаборатории на носителе информации, ни алгоритм начисления зарплаты. Но, согласно принципу «стальной иглы», список сотрудников лаборатории — это данное, а не знание.

Математики давно обобщили отношение между содержанием понятия и объемом понятия в аксиоме свертки наивной теории множеств [49, с. 128], а Пиаже [78] экспериментально исследовал освоение этого отношения в онтогенезе детей.

Д. А. Поспелов в работе [39] возвращается к теме различия «знаний» и «данных», отмечая, что концепция знаний возникла по мере развития исследований в области ИС (интеллектуальных систем), и приводит пять признаков, по которым знания отличаются от данных:

- 1) *внутренняя интерпретируемость;*
- 2) *структурированность;*
- 3) *связность;*
- 4) *семантическая метрика;*
- 5) *активность.*

«Перечисленные пять особенностей информационных единиц определяют ту грань, за которой данные превращаются в знания, а базы данных перерастают в *базы знаний* (БЗ). Совокупность средств, обеспечивающих работу с знаниями, образует *систему управления базой знаний* (СУБЗ)» [39, с. 8].

К сожалению, автор заблуждается. Перечисленные особенности информационных единиц не образуют «грань, за которой данные превращаются в знания». Особенности 1—3 и 5 — это особенности данных, которые являются следствиями конструктивных особенностей компьютеров и машинных языков. В этом нетрудно убедиться, если ознакомиться с алгоритмами обработки данных, опубликованными, например в работах [8, 46].

«Внутренняя интерпретируемость» данных — необходимое свойство компьютера любой конструкции. Даже абстрактная универсальная машина Тьюринга не обходится «без внутренней интерпретируемости» данных. Часть своего входа эта машина интерпретирует как номер какой-то другой машины Тьюринга (но, возможно, и свой собственный), а остальную часть — как вход этой другой машины. Такая интерпретация наделяет универсальную машину Тьюринга способностью имитировать работу любой другой машины Тьюринга.

Нет причин для «перерастания баз данных в базы знаний». Грань между данными и знаниями, согласно принципу «стальной иглы», образуют процедуры вербализации и девербализации ЕИ.

Что касается «семантической метрики», то такого феномена Природа не знает, поскольку семантика — это только продукт мозга. Всякая «семантическая метрика» в программе — это фантазия программиста, питаемая интуицией евклидовой геометрии. Топология на множестве данных с отношением следования предложена Д. С. Скоттом [104, с. 58], но она отличается от метрики евклидовой геометрии, и неизвестно, как она относится к топологии на множестве суждений, которой пользуется ЕИ. А он должен пользоваться какой-то топологией, иначе не смог бы различать два положения

одного и того же пальца, что необходимо для управления его движениями.

Основанием всех рассуждений и построений авторов работы [22] является вера в чудесные свойства машинных «баз знаний».

«Системы поддержки принятия решений, которые строятся на результатах, полученных в области искусственного интеллекта, часто называют системами, основанными на знаниях, подчеркивая этим их принципиальное отличие от ранее создававшихся систем. ...

Представление знаний — это выражение на некотором формальном языке, называемом языком представления знаний (ЯПЗ), свойств различных объектов и закономерностей, важных для решения прикладных задач и организации взаимодействия пользователя с ЭВМ. ...

Совокупность знаний, хранящихся в вычислительной системе и необходимых для решения комплекса прикладных программ конечным пользователем, называется системой знаний. ...

В интеллектуальных системах знания хранятся в специальном программном или программно-аппаратном блоке, называемом базой знаний (БЗ)» [22, с. 33].

К сожалению, авторы этих строк не заметили различия между денотатом имени «представление знаний» и денотатом имени «знание». Здесь различие такое же, а возможно и более глубокое, как и различие между человеком и его фотографией. Иногда человеку полезно утереть нос, но тереть нос на фотографии бесполезно. В картотеке отдела кадров можно хранить фотографии сотрудников организации, но нельзя хранить самих сотрудников. Представление знания — это результат вербализации знания, т. е. всегда текст в широком смысле. Никаких других способов получать представления знаний не существует. Текст не содержит никакого знания, но может возбудить в мозгу реципиента, владеющего достаточной языковой компетенцией, какое-то знание.

Почти на каждой странице авторы работы [22] уверяют читателей, что вычислительные системы работают со знаниями. Таких вычислительных систем нет. Все вычислительные системы работают только с текстами, а каждая «база знаний» — это всего лишь «база текстов», т. е. «база данных».

Представлять знания, которые никогда ни покидают мозг человека, можно текстами на любом языке. В вычислительных системах знания представляются только и только на языках компьютерных процессоров, можно считать — на языке Ассемблера. Начинается любой процесс представления знания для компьютера всегда на разговорном языке носителя знания, иногда устно. Перевод представления даже простейшего знания с разговорного языка на язык Ассемблера — довольно сложная процедура. Для упрощения этой процедуры «инженеры по знаниям» используют вспомогательные языки — языки программирования высокого уровня и, в частности, ЯПЗ. С текстами этих языков работает мышление программиста и трансляторы. До компьютеров такие тексты не доходят.

Принцип «стальной иглы» вынуждает принять гипотезу о том, что знание фрагмента Природы — это расположенный в мозгу человека продукт деятельности ЕИ человека. Других источников знаний Человечество не имеет и иметь не будет до тех пор, пока не создана машинная модель ЕИ, эквивалентная натуральному ЕИ. Б. Рассел [94, с. 253] полагает:

«Из всего, что было пока сказано, возникает впечатление, что если наши знания должны быть приблизительно равнообъемны с тем, о чем мы все думаем, что знаем это, они должны быть получены из трех источников:

- (1) из мнений (или предложений), имеющих определенного рода связь с некоторыми событиями, вообще говоря, нелингвистической природы;
- (2) из принципов логического вывода;
- (3) из принципов внелогического вывода».

Рассмотрим гипотетическую производственную ситуацию в цехе металлообработки, которая может состоять в том, что бригада рабочих-станочников выполнила сменно-суточное задание. Ситуация существует в форме множества изготовленных деталей и курящей бригады (нелингвистические события). Знание ситуации — это число деталей в мозгу бригадира, который вел счет изготов-

ленным деталям (логический вывод). Мастер участка узнает о возникшей ситуации после того, как пересчитает изготовленные бригадой детали и сравнит их число с заданием. Знание мастера о выполнении бригадой сменно-суточного задания — это состояние (мнение) его сознания, его мозга. Это состояние возбуждается видом изготовленных деталей и некоторых умственных (логических и внелогических) операций. Как и где в мозгу фиксировано это знание, мы не знаем. Можно только предполагать, что оно является причиной появления вороха других мыслей мастера — как оплатить трудозатраты бригады, как формировать задание следующей смене, как транспортировать изготовленные детали и т. д. Далее, мастер обязан сообщить устно либо письменно о сложившейся ситуации на его участке диспетчеру цеха. И в том и в другом случае интеллект мастера должен вербализовать его знание в текст, ибо знания невозможно непосредственно переслать из мозга в мозг. В результате вербализации знания появляется данное, или текст. Термины «текст» и «данное» нет оснований различать ни по смыслу, ни по денотату. Такое различие только вносило бы добавочную путаницу в описание ситуаций. Воспринятый диспетчером цеха текст возбуждает в его мозгу знание ситуации в цехе. Если диспетчер цеха должен передать знание о ситуации в цехе диспетчеру завода письменно либо устно, его интеллект осуществляет вербализацию этого знания в текст и текст передается диспетчеру завода. Интеллект диспетчера завода осуществляет в свою очередь девербализацию воспринятого текста в знание, которое детерминирует его действия. Эта цепочка не гарантирует совпадения знаний мастера цеха и диспетчера завода.

Предположим теперь, что связь между производственным участком и диспетчером завода автоматизирована. Автомат подсчитывает количество изготовленных деталей и, когда их число сравнивается с заданным, передает текст об этом событии в компьютер диспетчера цеха. Компьютер диспетчера цеха после модификации должным образом полученного текста передает его или другой текст о состоявшейся ситуации в цехе компьютеру диспетчера

завода. Ни в одном узле этой телекоммуникационной цепочки нет ЕИ, ни в одном узле не реализуются процессы вербализации и девербализации в связи с их ненужностью, ни в одном узле не возникает знание ситуации. Только ЕИ, и только ЕИ, может образовывать знания о событиях, происходящих в Природе.

Термины «ситуация» и «событие» здесь и далее понимаются как эквиваленты по смыслу выражениям «фрагмент Природы» или «феномен Природы». Последним выражениям отдается предпочтение потому, что они подчеркивают материальную природу любых ситуаций и событий, в том числе и в мозгу человека, в том числе и любых информационных событий. Но ситуация на объекте управления не может быть ситуацией в мозгу, если объектом управления не является мысль мозга.

Среди «языков представления знаний» (ЯПЗ), рассматриваемых в работах [39, 84, 86, 100], нет ни одного языка, способного представлять знания. Опубликованные примеры, иллюстрирующие применение этих языков, — это тексты описания фрагментов Природы, а не знаний, или, точнее, результаты формализации текстов разговорного языка, описывающих метафизические окаменелости (разд. 11.2) фрагментов Природы. Это естественно. Ни один из авторов ЯПЗ не имел дела со знаниями, а работал с результатами вербализации знаний, т. е. с текстами разговорного языка, и создавал некоторую формализацию некоторого подмножества разговорного языка, используя свою субъективную языковую компетенцию и знания области применения ЯПЗ.

Авторы всех ЯПЗ молчаливо используют выражение «знание фрагмента Природы» как синоним выражения «текст описания фрагмента Природы». Но это мнение не оправдано. Текст может быть вербализацией и знания, и любой фантастики. Библейское описание хождения Иисуса по озеру «аки посуху» возбуждает в мозгу читателя энграмму, но не всякий ЕИ отнесет эту энграмму к знанию. Не всякий ЕИ будет использовать эту энграмму в прогнозах будущих ситуаций. Иллюзии тоже представляются в мозгу энграммами.

Общественное знание, т. е. знание-система, определено в работе [50, с. 185] следующим образом:

«ЗНАНИЕ — целостная и систематизированная совокупность научных понятий о закономерностях природы, общества и мышления, накопленная человечеством в процессе активной преобразующей производственной деятельности, проверенная практикой и направленная на дальнейшее познание и изменение объективного мира. Знание противоположно незнанию, т. е. неосведомленности в чем-нибудь, отсутствию представлений и понятий о чем-либо».

Таким образом, знание (общественное) — это проверенная (общественной) практикой совокупность научных понятий. Знание индивида, т. е. знание-элемент, возможно, включает частицу общественного знания и совокупность понятий («нельзя объять необъятное»), не противоречащих индивидуальному опыту. Вероятно, по этому критерию отбирает ЕИ возбуждаемые текстом мысли для включения в индивидуальное знание.

Обратимся еще к одной попытке различать «данные» и «знания»:

«Определим, что **данные** включают в себя (состоят из) описания объектов, их окружения, явлений, фактов, а **знание**, в общем случае, является переменной во времени и контексте совокупностью именованных отношений между ними» [33, с. 22].

Какова оценка такого определения с позиции компьютера, а следовательно, ИСУ?

Данное в компьютере — это двоичный код. Включать в себя «описания объектов» этот код не может. При наличии должного интерпретатора этот код сам может быть описанием некоторого объекта или факта. Например, устройство управления дисплеем может преобразовать этот код в последовательность «Иванов — рыжий» и высветить ее на экране. Русскоязычный пользователь компьютера может воспринять этот текст и должным образом на него отреагировать. Но если подходящего интерпретатора нет, то этот код ничего не описывает.

Возможно, «совокупность именованных отношений» может быть знанием, расположенном в мозгу. Но компьютер с такой совокупностью работать не может. Компьютер может работать только с именами отношений и их текстовыми представлениями либо в форме таблиц, либо в форме программ. И то и другое является данным, а не знанием. Изменить интерпретацию данного можно только изменением конструкции интерпретатора.

9. Физическое и логическое представления данных

В 70-е годы прошлого века в литературе по теории баз данных употреблялись выражения «физический уровень представления данных» и «логический уровень представления данных». Эти выражения использовались для указания различия между машинными процедурами компьютера и мышлением программиста.

Машина работает с физическим представлением данных в ее памяти, которая является конечным, дискретным, линейно упорядоченным (одномерным) пространством. Это представление данных программист описывает на языке машины, обычно путем трансляции текста языка программирования высокого уровня. Форма машинного представления может измениться только в результате изменения конструкции компьютера.

Язык программирования относят к языку высокого уровня, если спецификации данных и операций языка существенно отличаются от соответствующих спецификаций машинного языка. Преодоление таких различий возлагается на транслятор языка высокого уровня. Транслятор должен синтаксически корректные тексты языка высокого уровня преобразовывать в эквивалентные тексты языка машины. Эквивалентность программ определяется тождеством рекурсивных функций, которые соответствуют программам.

Для выполнения такой работы транслятору необходимы формальные описания синтаксисов обоих языков.

Логическим уровнем представления данных называли представление данных, с которым работает мышление программиста, даже в том случае, если эта работа и нелогична.

«Наиболее важным, но в то же время и наиболее незаметным свойством любого инструмента является его влияние на формирование привычек людей, которые имеют обыкновение им пользоваться. Когда этот инструмент — язык программирования, его влияние, независимо от нашего желания, сказывается на нашем способе мышления» [29, с. 9].

В категориях языка программирования программист должен вначале умозрительно представить данные и действия с ними и только затем переходить к вербализации своих представлений, т. е. к составлению текста программы. Обычно это итеративный процесс.

Например, программист свой замысел решил оформить текстом языка программирования, который содержит спецификации матриц и операции матричной алгебры, например, такие как операция умножения квадратных матриц. Такое решение он может принять по той причине, что вычислительный процесс проще представить в матричной алгебре, чем в алгебре скалярных величин. Но в одномерной памяти машины невозможно хранить двухмерные конструкции, а среди машинных команд нет команд для выполнения матричных операций. Транслятор языка высокого уровня должен построить в виде процедуры изоморфизм между двухмерным и одномерным представлениями данных и, кроме того, заменить знаки матричных операций процедурами машинного языка. Если транслятору не удастся выполнить эту работу, то он отвергает входной текст как не являющийся программой. Обзор результатов работы компьютера, управляемого загрузочным модулем в кодах машинного языка, созданного транслятором, может породить в мозгу программиста иллюзию, что компьютер действительно работает с двумерными матрицами операциями матричной алгебры. Возможность такой иллюзии возрастает, если и результаты ра-

боты компьютера распечатываются в форме матриц, а программист незнаком с технологией вычислительного процесса. Иллюзия порождается по видимым результатам скрытого вычислительного процесса аналогично тому, как возникает иллюзия психического процесса по видимым результатам скрытого физиологического процесса. Поскольку всякая иллюзия — это смесь истины и лжи, то на ее основе можно правильным дедуктивным методом выводить и ложные, и истинные утверждения.

Из этого краткого рассмотрения отношения физического и логического уровней представления данных должно быть ясно, что никакие самые хитроумные изобретения языков высокого уровня не оказывают никакого влияния ни на изобразительные возможности Ассемблера, ни на машинные операции. Благотворному влиянию этих изобретений подвержено только мышление программиста. Категории языка высокого уровня — это обобщающие абстракции, которые способствуют экономии усилий мышления программиста, как и любые другие абстракции. Языки программирования высокого уровня создавались и создаются только для экономии труда программистов и совершенствования их абстрактного мышления, но не для изменения «интеллектуального уровня» машины.

Это утверждение относится и к языку определения данных (ЯОД), и к языку манипулирования данными (ЯМД), которые входят в состав каждой СУБД и используются для создания и эксплуатации баз данных. В запросе на выборку информации из реляционной базы данных на языке SQL используются ключевые слова SELECT (выбрать), FROM (из), WHERE (где, в смысле «по какому условию») и др. Смысл этих слов фиксирован только в мозгу пользователя базой данных. Машинные процедуры, обрабатывающие запросы к базе данных, смыслами таких ключевых слов не пользуются. Для выполнения синтаксической нагрузки этих ключевых слов можно было бы использовать любые другие слова, например, ALPHA, BETA, GAMMA и т. д. Обработка запросов компьютером от этого не пострадала бы, пострадало бы мышление пользователя. Цель включения в грамматику любого языка программирования

ключевых слов с известным пользователю смыслом состоит в том, чтобы воздействовать на мышление пользователя, а не на возможности компьютера. На возможности компьютера можно воздействовать только модификацией его конструкции.

Это утверждение относится и ко всем изобретенным ЯПЗ. Сочиняя описание феномена Природы на языке фреймов, например, таком, как ФРЛ (язык представления фреймов) [86, с. 76], «инженер по знаниям» мыслит такими понятиями, как «фрейм», «слот», «ячейка», «данное» и т. д. Результаты своих размышлений он вербализует текстом программы на ФРЛ. Фрейм на этом языке обозначает структуру данных типа дерева, используемую во всех языках высокого уровня. Трансляторы этих языков преобразуют такие структуры в линейно упорядоченные поля для хранения данных. Каждому полю назначается идентификатор, состоящий из адреса памяти и длины поля в байтах. Таким образом, фреймы, слоты и так далее исчезают из текста, интерпретируемого компьютером. Он работает только с идентификаторами полей, не интересуясь, каков смысл поля в голове программиста — фрейм это или слот. Все ЯПЗ, вероятно, помимо воли их изобретателей, работают на логическом уровне представления данных, т. е. программируют мышление «инженеров по знаниям», не затрагивая физический уровень. Но в распечатках результатов работы компьютера могут вновь появиться фреймы, слоты и т. д. Это хороший повод для возникновения и укрепления в мозгу «инженера по знаниям» иллюзии, будто бы машина работает со знаниями, представленными фреймами и слотами. К сожалению, литература по ИСУ укрепляет веру в подобные заблуждения.

10. Управление

10.1. Обратная связь

К обсуждению термина «управление» полезно обратиться в связи с тем, что стимулом изобретательства ИСУ явились не столько игровые развлечения, а противоречия между возможностями традиционной теории управления и потребностями жизни. Назначения различных конструкций ИСУ и состоят в том, чтобы устранять эти противоречия.

Характер эволюции, т. е. динамики в самом широком смысле, фрагмента Природы зависит от явления, которое получило наименование «обратная связь». Термин «связь» пришел из литературы по техническим системам управления. В этих системах обратная связь создавалась явно техническими средствами как информационная связь. Определение «обратная», вероятно, возникло стихийно в связи с тем, что это явление наблюдается как зависимость причины от ее следствия, т. е. как действие в направлении, обратном действию причины.

Всякое движение фрагмента Природы проявляется как смена его состояний, а изменение состояния всегда имеет причину. Эту зависимость живые организмы усвоили еще на заре своего возникновения. Поэтому человек придумал Бога для объяснения непонятного. Все причинно-следственные отношения в Природе равноправны, т. е. не разделяются на прямые и обратные. Человеческое мышление ввело такое разделение. Те отношения, которые лежат на поверхности событий или интересуют исследователя, относят к классу прямых связей. Те отношения, которые скрыты более глубоко или не представляют интереса для исследователя, относят к классу обратных связей. Многим известно, что раковая опухоль является причиной гибели организма, но вряд ли кого интересует обратная связь, т. е. гибель раковой опухоли от гибели организма. Вероятно, по этой причине термин «обратная связь» вошел в науку сравнительно недавно. Физическая природа этой связи состоит в

том, что результат действия причины, т. е. ее следствие, меняет условия, от которых зависит активность причины. Условием существования неравновесных стационарных состояний открытых систем является равенство действий прямых и обратных связей. Уравнения математической физики, например, такие как уравнения электромагнитной теории Максвелла, всегда выражают такое равенство. Осознание народной мудростью существования прямых и обратных связей выражено поговоркой: «Каждая палка имеет два конца». Обычно «палка» — намек на действия человека.

Если следствие причины усиливает ее активность, то говорят о положительной обратной связи. В противном случае обратную связь называют отрицательной. Конечно, существуют физические реализации причинно-следственной зависимости, в которых следствие не влияет на активность причины. Отрицательные и положительные обратные связи наблюдаются и в неживой, и в живой Природе. На существование отрицательных обратных связей в неживой Природе, вероятно, первым указал Анри Луи Ле-Шателье (1850—1936) — французский ученый в области физической химии и металлов. В 1884 году он сформулировал общий закон смещения химического равновесия в зависимости от внешних факторов, получивший наименование «принципа Ле-Шателье».

«В физико-химических науках существует “закон равновесия”, сформулированный А. Л. Ле-Шателье. Он говорит о том, что системы, находящиеся в определенном равновесии, обнаруживают тенденцию сохранять его, оказывают внутреннее противодействие силам, его изменяющим. Например, пусть в сосуде находятся в равновесии вода и лед при 0 °С и нормальном давлении атмосферы. Если сосуд нагревать, то часть льда тает, поглощая теплоту и продолжая таким образом поддерживать прежнюю температуру смеси. Если увеличивать внешнее давление, то часть льда опять-таки превращается в воду, занимающую меньше объема, что ослабляет повышающееся давление. Другие жидкости в противоположность воде при замерзании не увеличиваются в объеме, а уменьшаются; они при тех же условиях смеси, при повышающем давлении проявляют обратное изменение: часть жидкости замерзает; давление, очевидно, так же ослабляется этим, как и в предыдущем случае. К растворам, химическим реакциям, движениям тел принцип Ле-Шателье

применяется на каждом шагу, позволяя в самых различных случаях предвидеть системные изменения.

Но тот же закон, как показывают многие наблюдения, применим и к находящимся в равновесии системам биологическим, психическим, социальным. Например, человеческое тело на внешнее охлаждение отвечает тем, что усиливает внутренние окислительные и иные процессы, вырабатывающие его теплоту; на перегревание — тем, что повышает процессы испарения, отнимающие теплоту. Нормальная психика, когда в силу внешних условий для нее уменьшается количество ощущений, например когда человек попадает в тюрьму, как бы возмещает этот недостаток, усиливая работу фантазии, а также развивая внимание к мелочам; напротив, при перегрузке впечатлениями понижается внимание, направленное на частности, ослабевает деятельность фантазии и т. п.

Ясно, что вопрос о всеобщности закона Ле-Шателье не может быть поставлен и систематически исследован никакой из специальных наук: физикохимии нет дела до психических систем, биологии — до неорганических, психологии — до материальных. Но с общеорганизационной точки зрения вопрос, очевидно, не только вполне возможен, а совершенно неизбежен» [13, Кн.1, с. 139].

В качестве уточнения следует заметить, что таяние льда в воде при повышении давления сохраняет произведение давления на объем, которое определяет равновесное состояние смеси воды и льда.

Обратные связи широко используются в технике. Положительная обратная связь применяется в генераторах, например, электромагнитных излучений радиолокаторов. В каждой системе управления управляющее устройство является технической реализацией отрицательной обратной связи. Характер обратной связи во многих случаях зависит от состояния фрагмента Природы. По этой характеристике различают устойчивые и неустойчивые состояния систем.

Не все возникающие в Природе объекты реализуют принцип Ле-Шателье. Некоторые объекты это свойство теряют со временем. Такие объекты исчезают, переходя сразу же или постепенно в состояние термодинамического равновесия. Механизмы этих процессов изучает теория нелинейных динамических систем, назы-

ваемая синергетикой [4, 41, 69]. Природа представлена системами, живущими по принципу Ле-Шателье. Только такие объекты мы можем наблюдать и работать с ними. По мнению Р. М. Айдиняна, гипотеза В. И. Ленина об отражении как о всеобщем свойстве материи выражает принцип Ле-Шателье:

«Отражение (лат. reflexus) указывает на противодействие системы нарушающему воздействию извне. Отражать (по-видимому, от слова “разить”) означает противостоять, давать отпор, парировать, преодолевать, отталкивать, отбрасывать, противодействовать» [3, с. 13].

и далее:

«Отражение материально и как процесс, и как результат. Последний — не что иное, как измененная структура системы.

Принцип отражения — это универсальный онтологический принцип, суть которого заключается в следующем. Всякая материальная система (вещь) существует постольку, поскольку ей удастся отразить направленные на нее воздействия (акции), иначе она неминуемо гибнет и распадается. Это значит, что самосохранение любой системы реализуется через отражение, зависит от ее отражательных способностей. Вот почему успехи адаптиогенеза, эволюционного развития систем можно рассматривать как зависимые от степени совершенства отражательных механизмов данной системы» [3, с. 17].

«Отражательные механизмы данной системы» — это и есть «механизмы управления данной системой», поэтому управление в макром мире столь же универсально, как и отражение. В частности, познание ЕИ — это отражение, которое материально и как процесс, и как результат.

Если ЕИ обнаруживает ошибочность действия, предпринятого организмом для ликвидации какого-либо противоречия, то он пытается обнаружить причину ошибки и устранить ее. Если причиной ошибки оказывается недостоверность знания причины противоречия, то корректировка знания может повысить его адекватность, что отмечается успешностью разрешения противоречия. Неизвестны физиологические процессы такой корректировки, но, пользуясь

подходом психологии, можно сказать, что знание Природы — это результат действия отрицательной обратной связи ЕИ.

10.2. Из истории теории управления

Управление материальными объектами — это не изобретение человеческого разума, а изобретение Природы. Задолго до осознания понятия «управление» процессы управления в организме человека происходили на многих уровнях.

Интуитивно понятие управления хорошо известно. Овладение живыми организмами процессами управления уходит в глубь веков, а осмысление этих процессов — научное достижение новой истории человечества. Любой вид деятельности человека — это процесс управления, имеющий целью разрешить какое-либо противоречие. Поддержание огня в костре, приготовление пищи, организация охоты на мамонта, управление упряжкой лошадей или морским судном, селекция растений и животных, выработка и распределение электроэнергии, обучение детей и студентов, удар футболиста по мячу, борьба со СПИДом и многое, многое другое — это все процессы управления. Во всех этих процессах центральную роль выполняет отрицательная обратная связь. Отрицательную обратную связь осуществляет человек, когда подбрасывает сучья в костер, заметив убывание огня. Футболист отрабатывает во время тренировок удары по мячу, пытаясь минимизировать отклонения мяча от нужной траектории.

Многие виды управления изучались специальными дисциплинами задолго до возрождения термина “кибернетика”. Для многих систем управления техническими объектами разработаны математические теории различного уровня общности [40, 76]. Многочисленны издания по теории управления. В связи с такой ситуацией отметим только те аспекты, которые отличают управление, осуществляемое ЕИ.

Термин «управление» используют в литературе для обозначения двух понятий. Во-первых, им обозначают процесс взаимодействия двух физических объектов, один из которых называют

управляющим устройством (УУ), а другой — объектом управления (ОУ). Системообразующий фактор этого взаимодействия состоит в том, чтобы сохранять поведение ОУ или изменять его по определенному закону. Короче, реализовать для ОУ принцип Ле-Шателье. Такую пару будем называть системой управления. Часто эти объекты анатомически не разделимы, и тогда термин «управление» заменяют термином «самоорганизация». Во-вторых, термином «управление» называют информацию, передаваемую от УУ к ОУ с целью изменения его состояния. В дальнейшем, если контекст не позволяет однозначно определить смысл термина «управление», будем использовать термины «процесс управления» и «управляющая последовательность».

Управлением, т. е. управляющей последовательностью, является не только высказывание «63 рубля 37 копеек», адресованное продавцом арбузов покупателю. Управлением является поэма «Евгений Онегин» и полотно «Ночной дозор» Рембрандта.

Простейшим примером управления служит программа для компьютера, инструкции которой приводят в движение процессор в пространстве его состояний. УУ в этом случае — программист. Каждая инструкция программы — это результат разрешения противоречия, которое выражается вопросом: если на шаге i процессор находится в состоянии s_i , то в каком состоянии он должен находиться на шаге $i+1$? Эти противоречия программист разрешает интуитивно, т. е. используя операцию «ага», на основании своего знания физического процесса, моделировать который обязано движение процессора, и знаний синтаксиса и семантики языка программирования. Появление при программировании ошибок говорит о том, что разрешение этих противоречий не всегда удачно. Устраняются ошибки на стадии отладки и опытной эксплуатации программы. Отладка и опытная эксплуатация программы — это тоже процессы управления (разд. 10.3.). Цель этого управления — преобразование правильно работающей программы, результаты которой не удовлетворяют пользователя, в правильно работающую программу, результаты которой удовлетворяют пользователя.

Со временем люди научились возлагать заботу о реализации принципа Ле-Шателье для изменяющихся объектов на механизмы, назвав их регуляторами. Письменная история регуляторов начинается с изобретения И. И. Ползуновым (1765) для паровой машины поплавкового регулятора уровня воды в котле и изобретения Дж. Уаттом (1784) центробежного регулятора скорости вращения вала паровой машины.

Изобретатели первых регуляторов не могли руководствоваться открытием Ле-Шателье, но оба регулятора действуют по этому принципу. Отмеченное совпадение закономерно, поскольку Ле-Шателье сформулировал суть процесса управления на основании отрицательной обратной связи. Этому принципу следуют все системы управления. Эволюция по пути от неживой материи к мозгу человека — это эволюция процессов управления. Наиболее важным дополнением принципа Ле-Шателье в эволюции естественных процессов управления в живых организмах явилось, во-первых, предсказание событий и, во-вторых, воздействие на среду обитания с целью стабилизации состояния управляемого объекта. Так, человек стал запасать дрова на зиму и отапливать свое жилище в холодную погоду. В свою очередь воздействия на среду обитания явились источником и причиной возникновения и развития знания о Природе.

«Если человек явился воплощением нового эволюционного шага природы, то в чем он состоял? Анализ показывает, что главное отличие человека от биологических предшественников — это внеопытное мышление, его способность предвидеть. Эволюционный смысл новой способности, очевидно, состоял в том, чтобы испытать выживаемость организма не только в прямом столкновении его потребностей со средой, но через предвидение дать средство одаренным избегать неблагоприятных ситуаций и тем ввести еще одну возможность в механизм отбора.

Процесс создания мысленного аналога реальности есть творчество. В зависимости от конкретного назначения мысленный образ может иметь характер научной гипотезы, литературной фантазии, политического прогноза, организационного сценария, и т. д. и т. п. Однако в основе всегда лежит способность к предвидению. Интеллектуальная сила, в конечном счете, определяется глубиной и точностью предсказания» [21, с. 10].

История теории управления начинается с появившихся в печати работы Д. К. Максвелла «О регуляторах» (1868) и работы И. А. Вышнеградского (1877) с результатами исследования регулятора Уатта. В настоящее время теория управления превратилась в одно из направлений теории динамических систем [40, 69, 70]. Такую связь отметил уже Д. К. Максвелл, несмотря на то, что в его время еще не появилось понятие «динамическая система».

«Максвелл...обратил внимание на то, что проблема устойчивости равномерного вращения машины, снабженной регулирующим устройством, может решаться теми же методами теории малых колебаний, которые он использовал в работе об устойчивости кольца Сатурна» [61, с. 326].

10.3. Цель и управление

Обычно управление определяют как «целенаправленную деятельность».

«Управление — элемент, функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности» [14, с. 87].

Недостаток подобных определений в том, что в них заключено то, что логика называет «порочным кругом». Каждая «организованная система», как показывает жизнь, является реализацией принципа Ле-Шателье, или системообразующего фактора, конкретного ОУ. Следовательно, чтобы определить понятие «организованная система» нужно уже иметь определение термина «управление». Природа этого противоречия та же, что и у парадокса Рассела из теории множеств [44, с. 40]. Порочный круг образует и пара «управление» и «цель деятельности» потому, что деятельность невозможна вне управления. Как ответить на вопрос, что такое «цель», если неизвестно, что такое «управление»? На вопрос «От-

куда возникает "цель", достижение которой должно обеспечивать управление?», можно дать два и только два ответа:

«Космический Разум» или что-то вроде этого наделяет управление целью.

Цель управления формируется системой управления.

Первый ответ — тупиковый, второй — продуктивный.

«Первые попытки точно определить, что такое организация, привели к идее *целесообразности*. ...

Идея целесообразности заключает в себе идею цели. Организм, организация имеют свою "цель" и "сообразно" ей устроены. Но цель предполагает кого-то, кто ее ставит и реализует, существо сознательно-активное, устроителя, организатора. Кто же именно поставил организму человека, животного, растения те цели, которые достигаются в его жизненных функциях? Кто устроил органы и ткани сообразно этим функциям? Эта вполне естественная для обыденного мышления постановка вопроса немедленно лишала исследование всякой научности, направляла усилия мысли в области метафизики и религии, приводила к принятию личного творца, бога. И до сих пор жрецы всех религий, христианских и нехристианских, в основу "апологетики", т. е. теоретической защиты религии, кладут "целесообразность" устройства живых существ» [13, Кн. 1, с. 113].

Традиционная теория управления не занималась проблемой цели, вероятно, по той причине, что после работ Максвелла и Вышнеградского предметом изучения этой теории стали УУ для продукции машиностроения. Но каждая машина, вроде турбогенератора или самолета, создается с определенной целью, которая возникает у конструктора машины, поэтому для УУ машины цель уже предопределена. Понятие, именуемое термином «цель», самоочевидно в быту. Каждый ответит на вопрос, с какой целью человек зимой отапливает свое жилище. Но управления требуют государство, город, каждый населенный пункт. Имеют ли цели УУ этих объектов? Имеет ли цель раковая опухоль или она неуправляема?

В тупик может поставить человека вопрос: «Какова цель жизни человека?» или вопрос: «Какова цель Бога, создавшего Землю и

все сущее на ней?». Подобные вопросы возбуждали мысль уже у древних греков и вели к разладу их мировоззрений:

«В отличие от Сократа, Платона и Аристотеля атомисты пытались объяснить мир, не прибегая к понятию цели или конечной причины. “Конечная причина” того или иного процесса — это событие в будущем, ради которого протекает процесс. В делах человеческих это понятие вполне применимо. Почему булочник печет хлеб? Потому, что в противном случае народ будет голоден. Почему строятся железные дороги? Потому, что люди пожелают путешествовать. В таких случаях вещи объясняются целями, которым они служат. Когда мы спрашиваем, “почему” происходит то или иное событие, мы можем иметь в виду одно из двух. Мы можем подразумевать “какой цели служит это событие?” или мы можем иметь в виду, “какие более ранние обстоятельства послужили причиной этого события?” Ответ на первый вопрос — это телеологическое объяснение, или объяснение через посредство конечной причины; ответ на последний вопрос — механистическое объяснение. Я не знаю, как могло быть заранее известно, какой из этих двух вопросов должна ставить наука или она должна ставить сразу же оба вопроса. Но опыт показал, что механистический вопрос ведет к научному знанию, в то время как телеологический не ведет. Атомисты поставили механический вопрос и дали механический ответ. Их последователи вплоть до Возрождения больше интересовались телеологическим вопросом и, таким образом, завели науку в тупик» [93, с. 88].

Воспользуемся механистическим определением, но, чтобы не оказаться в порочном круге, вначале определим термин «управление», не ссылаясь на цель, а затем — термин «цель», сославшись на управление. Каждый процесс управления является следствием и причиной движения Природы. Если бы Природа была абсолютно неподвижной, то управление было бы невозможно и ненужно. Причиной всякого движения является противоречие. Человек не стал бы отапливать свое жилище, не испытывая холод. Математик не стал бы искать доказательство теоремы, не испытывая дискомфорт от незнания. Спонтанная флюктуация в нелинейной динамической системе является противоречием, которое может вызывать бифуркацию системы [69, 70, 89].

Если управление фрагментом Природы должно препятствовать его движению или направлять его predetermined способом, то оно должно воздействовать на причины, вызывающие движение фрагмента.

Определение 11:

Управление фрагментом Природы — это процесс выявления и разрешения связанных с этим фрагментом противоречий.

Так, футболист наносит корректирующий удар по мячу, если обнаруживает, что движение мяча не соответствует цели футболиста. Управление энергосистемой должно разрешать противоречия между потребляемой и генерируемой мощностью электроэнергии при сохранении ее качества, т. е. напряжения и частоты. Управление мышцами человека должно разрешать противоречие между направлениями гравитационной силы тяжести и реакцией опоры.

Из определения 11 непосредственно следует

Определение 12:

Цель управления фрагментом Природы — это гипотеза о способе устранения причины выявленного управлением противоречия.

Приняв эти определения, мы утверждаем, что цель управления — это один из продуктов деятельности системы управления. Таким образом, система управления обязана решать четыре задачи:

- 1) Обнаруживать текущее противоречие, с которым столкнулся управляемый объект.
- 2) Находить способ разрешения противоречия в интересах управляемого объекта.
- 3) Претворять в действие способ разрешения противоречия.

Контролировать отрицательной обратной связью результат разрешения противоречия.

Так мозг управляет поведением организма. Никто ему не диктует цели. При возникновении противоречия внутри или вне организма мозг пытается выяснить причины этого противоречия для то-

го, чтобы выработать действия по их устранению. Так возникает цель управления. Иногда достижение цели удается, а иногда нет. В последнем случае возникают физиологические или «духовные» недуги. Иногда противоречие разрешается эффективно, иногда с большими затратами ресурсов организма. Более благоприятны ситуации, когда мозгу удается предвидеть возможность противоречия. Тогда он может подготовиться к его разрешению или предпринять меры по его предупреждению. Но для надежного предсказания нужно достоверное знание причинно-следственных связей между явлениями Природы, порождающими противоречия. Так возникла тенденция к развитию разума, а вслед за разумом — науки.

Примерно по той же схеме действует автоматизированная система управления сложным объектом (разд. 12.4). Очередное противоречие управляемого объекта либо разрешается автоматом, либо требует привлечения действий ЛПР для выполнения пунктов 1—4 приведенного перечня. Автоматические системы управления простыми объектами (разд. 12.5), такие как центробежный регулятор Уатта или автопилот, и их теории обычно возбуждают сомнения в том, что цель управления всегда является продуктом управления. В таких случаях цель управления возникает вне автомата. Это сомнение устраняется, если обратить внимание на связь между автоматом и управлением процесса, продуктом которого является автомат. История возникновения любого автомата для управления любым объектом — это последовательность одних и тех же этапов, точнее аналогичных этапов, для каждого из которых и для всей их последовательности необходимо управление, осознанное или неосознанное. Последовательность этапов включает неавтоматическое управление объектом, в ходе которого возникает и формализуется цель управления, изготовление автомата для этой цели, стендовые испытания автомата, корректировка цели и конструкции автомата по результатам испытаний, внедрение автомата в эксплуатацию. Согласно этой схеме возник и регулятор Уатта и автопилот.

Первые пилоты одновременно были и конструкторами самолетов. На их долю выпала задача практического освоения и конструкций самолетов, и искусства ручного управления ими. На основе приобретенного ими опыта возникла теория самолета, а вслед за ней — возможность формулировать цели автопилота. Осознание целей, т. е. задач, автопилота послужило началом работ по их проектированию, изготовлению, испытаниям и внедрению в эксплуатацию. Не только живая природа устраивает «органы и ткани сообразно» их функциям.

Гипотеза П. К. Анохина [5, 6] о том, что цель, т. е. «достижение какого-либо полезного приспособительного результата» организма, является для мозга системообразующим фактором при создании функциональной системы, подразумевает процесс, аналогичный процессу создания автомата в технике. Цель управления и функциональная система для ее достижения, т. е. сам механизм управления, формируются в нервной системе некоторым вышестоящим процессом управления. Можно по аналогии сказать, что системообразующим фактором технического автомата является его цель, формируемая управлением вышестоящего уровня. Эта же аналогия прослеживается у Н. А. Бернштейна [9] в описании взаимодействия между уровнями управления мышечными движениями. Обучение управлению новыми движениями, например для езды на велосипеде или работы с клавиатурой компьютера, начинается с самого высокого уровня — уровня сознания. По мере освоения на этом уровне управление целиком или по частям передается на нижние уровни вплоть до самого нижнего — уровня синергий. Если какой-либо уровень сталкивается с неразрешимой ситуацией, управление возвращается вышестоящему уровню. Будем надеяться, что теоретическая мысль когда-нибудь ответит на вопрос, является ли эта аналогия техники и физиологии дезориентирующей случайностью или проявлением фундаментального закона эволюции материи [21]. Пока же считают, что управление мышечными движениями является автоматическим, если в управлении не участвует уровень сознания.

Цель управления, т. е. гипотеза о разрешении противоречия, может иметь форму импликации: «Если выполнить А, то получим В». Антецедент А предусматривает или изменение внутренней структуры управляемого объекта, или изменение его отношения со средой, или изменение среды. К сожалению, подобные импликации часто имеют индуктивный характер, т. е. результат операции «ага» ЕИ. А это означает, что эмпирическое истинностное значение их находится где-то в диапазоне от 0 до 1, если 0 — это ложь, а 1 — истина. Это значение зависит от обоснованности гипотезы, а основанием может быть или вера, и тогда цель — это иллюзия, или научно обоснованные законы движения объекта.

Процессы управления, в смысле определения 11, часто носят циклический, повторяющийся характер: успешное выявление и разрешение противоречия, связанного с управляемым объектом, продлевает его существование и, как следствие, ведет к новому противоречию, т. е. вынуждает выполнять следующий цикл процесса управления. Ошибочное решение о сущности очередного противоречия или неудачно разрешенное правильно выявленное противоречие могут оказаться губительными для управляемого объекта и тем самым завершают процесс управления. Таким образом, повторяющиеся управляющие последовательности — это следствие успешно развивающегося процесса управления.

Согласно приведенному определению, процессы управления осуществляются при:

- езде на велосипеде и вождении любого транспортного средства;
- стабилизации частоты и напряжения энергосистемы;
- приготовлении пищи;
- воспитании детей в дошкольном учреждении или в школе;
- обучении студентов математическому анализу;
- распечатке принтером файла;
- построении графического изображения на экране дисплея;
- подготовке студентом ответов на вопросы экзаменационного билета и т. д.

В последнем примере, как и во многих иных ситуациях, мы не можем пространственно разделить управляемый объект и его устройство управления, но можно предполагать, что мысль (?) студента не без участия его воли (?) движется от незнания к знанию (?), т. е. от вопроса к ответу, путем актуализации (?) и применения знаний (?) к мыслимым образам или к символам на бумаге. Несмотря на неопределенность отмеченных знаком вопроса психологических терминов, мы склонны считать, что мышление управляемо, и управление этим объектом осуществляется путем последовательного выявления и разрешения цепи противоречий. Известный психолог С.Л. Рубинштейн считает:

«Умозаключение представляет собой обычно более или менее сложный акт мыслительной деятельности, включающий ряд операций, подчиненных единой цели»[101, с. 386].

Вероятно, «ряд операций, подчиненных единой цели» и есть управляющая последовательность, изменяющая состояние сознания.

В литературе иногда встречается выражение «адаптационное управление». Согласно определению 11, любое управление предназначается для адаптирования управляемого объекта к условиям его существования. Так, регулятор Уатта предназначался для адаптации скорости выходного вала машины к изменениям нагрузки.

10.4. О понятии «противоречие»

Термин «противоречие» в предложенных определениях 11 и 12 используется в самом широком смысле.

«ПРОТИВОРЕЧИЕ (как философская категория) — категория, выражающая внутренний источник всякого движения, развития, изменения, перехода в новое качество.»[50, с. 487].

Выражение «источник всякого движения» может вызвать недоумение, поэтому оно требует уточнения. Движение источников не

имеет в том смысле, что движение не создается и не исчезает. Оно абсолютно. Движение может только изменять интенсивность и форму, а противоречия являются причиной таких изменений. Так, противоречие в форме разности температур, как утверждает термодинамика, является причиной преобразования в тепловой машине хаотического движения молекул в направленное движение поршня. А направленное движение ротора синхронного генератора в магнитном поле является причиной возникновения противоречия в форме разности потенциалов на клеммах генератора. Если выделить развитие жизни на Земле, то пружиной этого движения, включая и движение мысли, является противоречие в форме разности уровней энергии Солнца и Земли.

Развитие Природы — это постоянный процесс возникновения и необратимого разрешения противоречий: движение порождает противоречие, противоречие порождает движение. Развитие может быть регрессивным либо прогрессивным. Природа демонстрирует единство двух противоположных направлений движения материи: деградацию и эволюцию [21]. Деградация — это движение от сложного к простому, т. е. в направлении повышения энтропии материальных систем. Эволюция — это движение от простого к сложному, т. е. в направлении понижения энтропии материальных систем. Эволюция живой материи сопровождается эволюцией противоречий, которым должен противостоять организм. Первобытный человек не знал радиоактивных отходов и не нуждался в адаптации к ним. Современный человек научился их производить, но еще не осознал грядущие неприятности от этого достижения прогресса. Теперь общество должно адаптироваться к ним.

Как философскую категорию «противоречие» невозможно определить перечислением его свойств для использования родовидового отношения. Это тот случай, когда термин можно определить только остенсивно, т. е. непосредственным указанием примеров понятия [50, с. 417].

К противоречиям, связанным с управляемым объектом, относятся его внутренние, собственные противоречия и противоречия

внешние, возникающие при взаимодействии объекта с окружением. По этим признакам политику правительства разделяют на внутреннюю и внешнюю, а физиологи — нервную систему на соматическую и вегетативную. Но любые специализации являются не особенностями Природы, а следствием ограниченных возможностей ЕИ человека представлять полную картину естественных процессов. Отсюда возникает одна из задач разработчиков машинных моделей объектов управления — непротиворечиво интегрировать вербализации знаний различных экспертов об одних и тех же фрагментах Природы. Этого требует централизованное управление интегральной базой данных (разд. 11.3).

В лексике разговорного языка, бытового и научного, используется много имен с различным смыслом, денотаты которых являются противоречиями, т. е. источниками движения. Например, «сомнение», «ситуация», «мечта», «ошибка», «конфликт», «задача», «проблема», «обобщенная сила», «рассогласование», «мотив», «градиент», «разность», «возмущение» и т. д. Список можно было бы продолжать долго. Для теоретиков ИСУ первый член этого перечня — «сомнение» — должен представлять особый интерес. «Сомнение» — это имя противоречия, которое приводит в движение мысль человека, является пружиной развития познания Природы. Термин «познание» обозначает процесс разрешения вечно возникающего противоречия между движением Природы и движением умозрительной модели Природы. Незнание является причиной развития знания. У верующего человека вряд ли возникнет сомнение, что реликтовое излучение, открытое случайно конструкторами радиолокаторов, является делом рук Творца Вселенной. На этом умозаключении остановится его мысль. Но сомнения в этом атеистов привели в движение их мысли с целью найти естественную причину этого излучения, что укрепило гипотезу о Большом Взрыве [75].

«В общем случае в развивающихся тканях часто наблюдаются градиенты многих веществ типа ионов или метаболитов. Естественно предположить, что эти градиенты служат для ткани своеобразной “координат-

ной системой”, поставляющей позиционную информацию отдельным клеткам. Благодаря этой информации клетки могут различать свое положение по отношению к своим партнерам. Поэтому, вероятнее всего, переходы, опосредованные химическими веществами и приводящие к нарушению симметрии, являются одним из ключевых свойств жизни, ответственных также за явления физико-химической самоорганизации. Эта поразительная идея была впервые провозглашена в 1952 г. английским математиком Аланом Тьюрингом и с тех пор служила постоянным источником вдохновения для физиков и биологов в одинаковой мере» [70, с. 47].

«Нарушение симметрии» — это возникновение противоречия, которое, по мнению авторов, является «одним из ключевых свойств жизни».

Обобщая, можно сказать, что имя любого понятия является указанием на противоречие, потому что любое понятие — это противоречия между примерами его объема по тождеству и различию, а также противоречия между примерами и не примерами его объема.

Противоречие разрешается системой управления или устранением его причины и, следовательно, самого противоречия, или компенсацией следствия противоречия. Осуществляется это путем изменения среды обитания управляемого объекта или состояния самого объекта. Жизнедеятельность бобра демонстрирует эти способы разрешения противоречий при утолении голода, при построении плотины и при повышении потока крови через работающую мышцу.

10.5. О понятии «задача»

Термин «задача» многозначен, поэтому требует уточнения перед употреблением его в рассуждении. В настоящей работе используется несколько расширенная интерпретация Д. Поля:

«Вообще говоря, желание может иногда приводить к задаче, а иногда — нет. Если одновременно с желанием в моем мозгу сразу же, без какого бы то ни было усилия возникает очевидное средство, с помощью которого наверное можно осуществить это желание, то задача не возникает».

ет. Если же такого средства нет, то это — задача. Таким образом, задача предполагает *необходимость сознательного поиска соответствующего средства для достижения ясно видимой, но непосредственно недоступной цели*. Решение задачи означает нахождение этого средства» [81, с. 143].

Д. Пойа обсуждал обучение учеников решению математических задач. Учитель, формируя ученику задачу, руководствуется изучаемым предметом, логикой и принятым методом обучения. К сожалению, Природа, являясь учителем для каждого человека, руководствуется диалектикой, а не логикой, и не руководствуется ни изучаемым предметом, ни методом обучения. Каждый индивидуум должен сам угадывать и свой предмет, и свой метод овладения им. Но и здесь тренировки помогают и тому и другому.

Уточним интерпретацию Д. Пойа следующими свойствами, имея в виду, что желание — это следствие некоторого противоречия.

- 1) Причиной возникновения задачи является распознавание на сознательном или бессознательном уровне противоречия.
- 2) Задача для индивида возбуждается противоречием, если существует причина, требующая его разрешения, но не существует разрешающего действия.

Можно сказать, что осознанная задача — это образ противоречия на уровне сознания, не ассоциированный с образом разрешающего действия, а полученное решение задачи является целью управления.

Возможна ли задача на уровне подсознания? Ответ на этот вопрос открыт. Но, обсуждая иерархию уровней управления мышечными движениями, Н. А. Бернштейн отметил [9], что каждый уровень управления возвращает управление вышестоящему уровню, если встречает неразрешимое противоречие. Наивысший уровень — это уровень сознания. На этом уровне происходит осознаваемый поиск способа разрешения противоречия, с которым не справились нижестоящие уровни.

Осознанное решение задачи требует ее описания в какой-либо формальной системе, первоначально на разговорном языке. Говорят: «Хорошо сформулированная задача — наполовину решенная задача». Вероятно, поэтому Р. Декарт рекомендовал сводить формулировку задачи любого вида к алгебраическому уравнению [81, с. 45]. Решение всякой задачи — творческий процесс, состоящий из упорядоченной последовательности операций «ага». Эта упорядоченность детерминирована порядком логических операций на уровне сознания и, в свою очередь, детерминирует этот последний порядок. Как заметил А. Пуанкаре:

«Но бóльшая часть людей не любит думать, и, может быть, это и к лучшему, ибо ими руководит инстинкт, и руководит он ими обыкновенно лучше, чем интеллектуальные соображения, по крайней мере во всех тех случаях, когда люди имеют в виду одну и ту же непосредственную цель. Но инстинкт — это рутина, и если бы его не оплодотворяла мысль, то он и в человеке не прогрессировал бы больше, чем в пчеле или в муравье» [92, с. 373].

То же можно сказать и об операциях «ага», которыми люди охотнее пользуются, чем логическими дедуктивными выводами.

Следует отметить, что принятая интерпретация термина «задача» превращает выражения «компьютер решает задачу» или «программа решает задачу» в дезориентирующие метафоры. Задача существует до тех пор, пока нет ее решения. Если решение найдено, то задача превращается в функцию, иногда в вычислимую, или общерекурсивную [44, с. 234]. И компьютер, и компьютерная программа всего лишь могут вычислять вычислимые функции. А мощность класса вычислимых функций значительно меньше мощности класса функций Природы и даже меньше того класса функций, которыми пользуются математики, вынужденные представлять некоторые функции сходящимися рядами.

Формализованная задача представляется следующими данными [27, 81]:

- 1) Множеством параметров.
- 2) Множеством значений каждого параметра.

3) Множеством свойств, которым должен удовлетворять ответ, или решение задачи.

Вариации этих данных образуют класс типа задачи, или массовую задачу. Для практических задач все множества конечны. Индивидуальная задача получается из массовой присвоением параметрам задачи конкретных значений. Массовая задача может иметь единый алгоритм для вычисления решений любой ее индивидуальной задачи. Часто не существует единого алгоритма, но существуют наборы алгоритмов, каждый из которых вычисляет решения только некоторого подкласса задач массовой задачи или только одной индивидуальной задачи. Доказано, что существуют массовые задачи с подклассами задач, для решения которых не существует алгоритмов [75, с 116].

Алгоритмы задач сравнивают по сложности. Мерой сложности алгоритма индивидуальной задачи принимают количество шагов машины Тьюринга или реального компьютера, необходимых для вычисления ответа задачи [27, 46]. Для сравнения алгоритмов используют функцию сложности алгоритма от размера условия задачи. Обычно в качестве размера условия задачи принимают количество символов текста условия задачи в принятом формальном языке. В этом языке или любом другом формальном языке ответ задачи — это тоже конечный текст. Множества, даже счетные, конечных текстов можно упорядочивать [43, 49], поэтому ответ задачи, если он существует, всегда можно найти перебором упорядоченного множества текстов. Такие задачи называют переборными задачами. Если задача не имеет ответа, то установить этот факт перебором в счетном множестве невозможно, но в конечном — можно.

Задачи, для которых разрабатываются «интеллектуальные программы», обычно переборные и, более того, с конечными множествами возможных решений. Но мощности этих конечных множеств экспоненциально зависят от размера задачи. Так, если условие задачи содержит n параметров и каждый параметр может принимать m значений, то ответ задачи, если он существует, содержится в множестве из m^n элементов. Алгоритмы для перебора та-

ких множеств тоже имеют экспоненциальную сложность. Экспоненциальная сложность «интеллектуальных алгоритмов» образует предел их практическому применению в связи с ограниченностью вычислительных ресурсов — памяти компьютеров и времени.

Для того, чтобы понять происходящие вокруг нас события, необходимо строить различные модели и сопоставлять их с нашими наблюдениями.
Г. Николис, И. Пригожин [70].

11. Модель объекта

11.1. Понятие «модель объекта»

Термин «модель» очень популярен в обиходе. Говорят о модели обуви, о модели общественной системы, о модели языка, о модели формальной системы, о модели данных и т. д. Нас интересует денотат и смысл термина «модель» в выражении «модель управляемого объекта».

Определение 13:

Модель объекта — это отражение объекта в другом объекте, которое создается некоторым процессом управления и используется в этом процессе управления.

В процессах управления, осуществляемых ЕИ, отражающим объектом является ткань нервной системы, а для ИСУ — машинный носитель информации.

Мы уже использовали выражения «адекватная модель объекта» или «адекватное поведение объекта». Теперь можно уточнить эти понятия.

Определение 14:

Модель объекта является адекватной (правильной), если она отражает набор свойств объекта, необходимый и достаточный для разрешения некоторого фиксированного класса противоречий объекта.

Определение 15:

Поведение объекта является адекватным (правильным), если оно разрешает некоторый фиксированный класс противоречий.

Таким образом, свойство «адекватность» — относительно. Модель объекта может быть адекватной для одного класса противоречий и неадекватной для другого.

В теории баз данных вместо термина «адекватная база данных» используют термин «целостная база данных», а вместо выражения «неадекватная база данных» — «нарушение целостности базы данных».

В качестве обоснования определения 13 можно указать следующие соображения:

- 1) Фрагмент Природы приходится заменять его моделью, если с фрагментом Природы невозможно выполнить каких-либо необходимых действий, например, разделить его на части в целях анализа.
- 2) Ни один фрагмент Природы не моделируется, если нет необходимости в использовании его модели с какой-либо целью, например, в искусстве с целью произвести эмоциональный эффект на зрителя или читателя.
- 3) Для успешного управления необходима адекватная модель управляемого объекта.

- 4) Адекватность модели фрагменту Природы может быть подтверждена только результатами деятельности с фрагментом Природы.
- 5) Управлению деятельностью с фрагментом Природы необходима его адекватная модель для предсказания и планирования результатов деятельности.
- 6) Разрешение управлением противоречия непосредственно зависит от адекватности модели управляемого объекта.

Обычно в литературе любое описание фрагмента Природы, т. е. любую теорию, гипотезу или иллюзию, называют его моделью. Определение 13 устанавливает ограничение такого словоупотребления. Если термин «отражение» понимать широко, как в гносеологии, то модель объекта — это действительно гипотеза (теория, иллюзия), но такая, адекватность которой проверена управлением. Результаты управления не доказывают истинность модели, а всего лишь подтверждают непротиворечивость ее цели управления. Самые смелые теории фрагментов Природы, основанные всего лишь на «здравом смысле» или на авторитете автора, остаются всего лишь гипотезами, или иллюзиями, до тех пор, пока их адекватность не подтверждена управлением, возможно в форме натурального эксперимента. Эксперименты с компьютерными программами не превращают гипотезы в модели.

До появления кибернетики вместо термина «моделирование» использовали термин «заключение по аналогии», а «моделированием» называли создание вещественных копий вещественных предметов. Аналогия — это бинарное отношение между фрагментами Природы, существующее при совпадении некоторых свойств у членов отношения. Термином «тождество» обозначают бинарное отношение фрагментов Природы, все свойства которых совпадают. Таких пар в макромире не обнаружено, поэтому понятие «тождество» — это математическая абстракция, или идеализация, возникающая из аналогии, в результате игнорирования всех различающих фрагменты Природы свойств. Следует отметить, что нет, ве-

роятно, и тождественных способов мышления [75, с. 345], т. е. тождественных ЕИ.

Заключение по аналогии — основной инструмент работы ЕИ, в частности, инструмент познания на всех уровнях — от ощущения до абстрактного понятийного мышления. Вероятно, по этой причине речевая коммуникация не обходится без метафор, выражающих аналогии. Заключение по аналогии [50, с. 36] — это гипотеза о том, что выводы, основанные на совпадающих свойствах фрагментов Природы, истинны для всех аналогов, независимо от их различающих свойств.

На свойствах аналогии основано применение в математике переменных и формальных дедуктивных систем. А. Тарский сформулировал в следующем виде общий закон методологии дедуктивных наук, известный как закон дедукции:

«Каждой теореме данной дедуктивной теории удовлетворяет всякая модель системы аксиом этой теории; и кроме того, каждой теореме соответствует общее положение, которое может быть сформулировано и доказано в рамках логики и которым устанавливается тот факт, что рассматриваемой теореме удовлетворяет всякая такая модель» [106, с. 175].

Здесь «моделью системы аксиом» названы предметы, для которых «можно выяснить, удовлетворяют ли они всем аксиомам нашей теории». Закон был доказан для различных частных дедуктивных теорий.

Не только математики пользуются законом дедукции. Вся практика применения моделей объектов в управлении и исследовании опирается на этот закон. По существу, аксиомы динамической системы, приведенные в разделе 3.5, — это аксиомы построения дедуктивной теории фрагмента Природы.

К сожалению, за пределами математики закон дедукции теряет обязательный характер, поскольку аналогия — это обычно результат индукции, который обобщает наблюдения за фрагментами Природы, а наблюдения часто скрывают сущность явлений. В этой связи в процессах управления заключения по аналогии должны

контролироваться обратной связью. Тем не менее механические ана́логи наблюдаемых электрических и магнитных явлений совместно с экспериментами вели мысли Д. К. Максвелла от силовых линий Фарадея к теории света [60].

Логически аналогия является отношением эквивалентности, а практически ее члены разделяют по физической реализации на модель и моделируемый объект. Моделью называют члена аналогии, который в силу своей физической реализуемости удобно использовать в системе управления моделируемым объектом. В теории управления термин «модель» стал заменять термин «аналог» после того, как появились искусственные аналоги изучаемых фрагментов Природы.

Следует обратить внимание на противоположность толкований термина «модель» в математической логике и в теории управления. Математик моделью формальной теории или языка называет некоторую математическую систему, например множество натуральных чисел, или фрагмент Природы, например бросание игральной кости, для интерпретации формальной теории. Специалист по управлению моделью фрагмента Природы называет формальную теорию этого фрагмента. Эта формальная теория может быть представлена математической динамической системой (разд. 3.5), машинной моделью (разд. 11.3) или техническим изделием вроде тренажера.

В литературе по базам данных термином «модель данных» часто именуют синтаксис языка, используемого для представления данных на бумаге или на машинном носителе информации.

Эффективность управления любым объектом зависит от достоверности предсказаний, а чтобы предсказывать, нужно обобщать, а чтобы обобщать, нужно выявлять сходное в различном, т. е. обнаруживать ана́логи. Без этой способности животные не смогли бы приобретать даже простейшие рефлексы, поскольку в Природе не существует тождественных событий. Гипотеза о том, что в Природе нет тождественных фрагментов и нет фрагментов, не совпадающих ни в чем, вероятно, не чревата противоречием.

«Ныне мы не боимся “индетерминистической гипотезы”. Это естественный результат современной теории неустойчивости и хаоса. Коль скоро у нас есть стрела времени, сразу же становятся понятными две основные характеристики природы: ее единство и разнообразие. Единство — потому, что стрела времени общая для всех частей нашего мира (ваше будущее — это и мое будущее; будущее Солнца — это и будущее любой из звезд); разнообразие — потому, что, как в комнате, где я пишу эти строки, есть воздух, смесь газов, более или менее достигшая теплового равновесия и находящаяся в состоянии молекулярного беспорядка, и есть прекрасные цветы, поставленные в вазу моей женой, — объекты, далекие от равновесия, высоко организованные благодаря временным необратимым неравновесным процессам» [89 с. 54].

Живые организмы научились обнаруживать аналогии и пользоваться заключениями по аналогии задолго до того, как философы, а затем и логики осознали эти приемы.

11.2. Модель Природы естественного интеллекта.

Для процессов управления, совершаемых ЕИ, необходима модель организма и среды его обитания. Прежде чем действовать, разрешая встреченное противоречие, мозг постулирует причинно-следственные отношения между наблюдаемыми фрагментами Природы. Постулаты опираются или на известные уже законы, такие как закон Архимеда, или традицию, или на веру, например в Божественный Промысел. Так возникают конструируемые мозгом аналогии, т. е. модели, фрагментов Природы. Любые знания начались с иллюзий, но не всякие иллюзии развивались ЕИ в знание. Иногда следствия аналогий оказываются ложными.

«Если бы на каждое событие нам пришлось реагировать особым образом и каждый раз заново учиться, что с ним делать и даже как его называть, то мы вскоре бы захлебнулись в бесконечном море нашего окружения. Категории эквивалентности или “понятия” являются наиболее обычным средством, которое используется при выходе за пределы непосредственно воспринимаемого сенсорного материала. Они представляют собой первый шаг к классификационному освоению среды» [16, с. 213].

«Классификационное освоение среды», или иначе «понятийное освоение Природы», — это бессознательный, а иногда и осознанный, процесс формирования мозгом нейрофизиологического гомоморфизма между Природой и системой энграмм мозга. Как отметил Э. М. Галимов [21, с. 10], это творческий процесс. Но творчество невозможно без операций «ага».

Всякий гомоморфизм, в том числе и нейрофизиологический, индуцирует отношение эквивалентности на области определения. Это отношение в действительности является конгруэнцией [123, с. 71]: если между понятиями A и B существует отношение ρ , то это отношение ρ существует между любыми двумя примерами из объемов этих понятий. Конгруэнция, индуцируемая нейрофизиологическим гомоморфизмом, используется ЕИ в процессе управления поведением организма. Эта конгруэнция обеспечивает возможность ЕИ выходить «за пределы непосредственно воспринимаемого сенсорного материала», в том числе возможность предсказывать способы разрешения противоречий. Образ нейрофизиологического гомоморфизма, названный в работе [53] «фондом энграмм субъекта», является моделью, или иначе знанием, Природы для ЕИ. Каждая энграмма выполняет функцию модели для всех фрагментов Природы, которые нейрофизиологический гомоморфизм определил в один класс эквивалентности. Все такие фрагменты являются аналогами для мозга по каким-то свойствам и различаются по многим другим.

Существенное отличие математического и нейрофизиологического гомоморфизма в том, что последний — не застывший класс пар <прообраз, образ>, а стохастический, динамический процесс (разд. 7.3). Образования понятийных классов представляют собой последовательности бессознательных или осознанных индуктивных заключений, которые не гарантируют отсутствия ошибок. Вероятности ошибок снижаются по мере практического использования понятий, результаты которого дают возможность уточнять основы классификации.

Класс форм движения, воспринимаемый органами чувств мозга, слишком узок и по модальностям, и по интенсивностям. Он расширяется способностью мозга выходить «за пределы непосредственно воспринимаемого сенсорного материала». Расширенный таким образом класс умозрительных форм движения все-таки остается только незначительным подклассом класса форм движений, происходящих в Природе. Совпадение по мощности этих классов означало бы абсолютное знание Природы, что почему-то недостижимо для Человека. Вещими представляются слова В. И. Ленина:

«Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, не разделив, не омертвив живого. Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление — и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения и всякого понятия.

И в этом суть диалектики. Э т у - т о с у т ь и выражает формула: единство, тождество противоположностей» [54, с. 243].

Хорошо воспринимаются органами чувств движения твердых тел в пространстве. Значительно хуже — жидких и газообразных тел. Перемещения таких тел могут быть причиной изменения их формы, что, в свою очередь, может приводить к изменению плотности, прозрачности, теплоемкости, равновесного химического состояния и т. д. Подобные изменения вызывают сомнения в тождественности тел. По этой причине А. Пуанкаре говорит:

«Следовательно, если бы не было твердых тел в природе, не было бы и геометрии» [92, с. 58].

«Изображение движения мыслью» — это «огрубление, омертвление» движения. Вербализация мысли — это «огрубление, омертвление» мысли. Введем понятие, обозначаемое термином «метафизическая окаменелость», не для умножения сущностей, а для напоминания, что любой текст описывает, точнее, возбуждает в подготовленном мозгу образ не реального фрагмента Природы, а только некоторое застывшее приближение к нему. Это понятие должно напоминать о двух обстоятельствах. Во-первых, что со-

гласно логическому закону тождества при любых использованиях текста смыслы имен, входящих в текст, не должны изменяться. Во-вторых, что возбуждаемое текстом у реципиента знание может оказаться гомоморфным образом некоторых «существенных» свойств фрагмента Природы.

Используя термин «математическая модель» в кибернетическом толковании, К. М. Подниекс пишет:

«Застывшая система основных принципов — отличительная особенность всякой математической теории. Математическая модель какого-либо явления природы или технического устройства — это непременно застывшая модель, сближению которой с “оригиналом” положен предел. Только такую модель может исследовать математик. Всякая попытка уточнить модель (т. е. видоизменить ее определение для того, чтобы сблизить ее с “оригиналом”) приводит к новой модели, которая опять должна “застыть”, чтобы ей мог заниматься математик» [80, с.159].

И далее:

«Застывший характер математических моделей и теорий составляет как силу, так и слабость математики. Извлечь максимум информации из минимума посылок — это умение математиков многократно доказало свою эффективность в науке и технике. Но есть и обратная сторона этой силы: никакая конкретная застывшая модель (теория) не в состоянии решить все проблемы, возникающие в науке (или даже только в математике). Этот диалектический тезис блестяще подтвердился в знаменитой теореме Геделя о неполноте.

И еще одна слабость: оторвавшись от действительных проблем, управляемая только своими “внутренними потребностями”, математика на наших глазах “расплывается и разбухает” ... Создаются теории и целые отрасли математики, которые принципиально не могут применяться к исследованию реальных проблем» [80, с.161].

К этому следует добавить, что все сказанное про математику относится и к любым компьютерным моделям, даже «расплывание и разбухание» математики проявляется как процесс создания «виртуальной реальности».

Все в Природе изменяется, кроме текстов любых языков с описаниями фрагментов Природы. Не изменились тексты XVI в. до н. э. жителей о. Крит, а жители исчезли. Развитие знания происходит путем преодоления противоречий между диалектическим движением фрагмента Природы и его моделью, т. е. метафизической окаменелостью. Диалектическое движение фрагмента Природы можно представлять только последовательностью текстов, если переход от текста к следующему тексту совершается в акте познания.

Простой иллюстрацией этого закона может быть различие между картой местности и местностью. Для разрешения различных противоречий создаются различные по форме карты: физические, административные, дорожные, геологические и т. д. Но ни одна из форм карты не может представить жизнь местности. С течением времени меняются русла рек, вырубается леса, появляются новые дороги и т. д. Только последовательностью карт можно отобразить такие изменения. Таким образом, каждая карта — это модель, т. е. метафизическая окаменелость местности. Хранение карты в компьютере несколько сближает ее движение и местности, но не отождествляет, даже в режиме «on line». Это общая закономерность всякого моделирования, поэтому мозгу для моделирования Природы потребовались не только безусловные, но и условные рефлекссы.

Более сложный пример — геометрия Евклида, которая, игнорируя относительность движения и время, определяет метафизическую окаменелость пространства. Этой окаменелостью, как ареной физических процессов, пользуются, и не без успеха, почти все исследователи. Так же ограничены механика Ньютона и синергетика.

Отступление в область философии потребовалось для напоминания о том, что технические системы управления всегда используют модели, т. е. метафизические окаменелости, фрагментов Природы.

11.3. Машинная модель объекта

Первоначально модель ОУ всегда возникает в мозгу конструктора УУ как знание о разрешениях противоречий некоторого фиксированного класса. Затем знание вербализуется в текст разговорного языка, чертеж, систему уравнений и т. п. В сложных ситуациях используются любые известные и удобные формы представления модели. Наконец модель преобразуется в конструкцию машины, например типа конечного автомата, или программу, или базу данных. И это преобразование может использовать любые удобные формы реализации модели объекта или ее частей. Адекватность модели оценивается по результатам эксплуатации системы управления объектом или по результатам стендовых испытаний.

Модель для управления таким сложным объектом, как производственное предприятие, банк, клиника, энергосистема и так далее, с применением компьютеров включает:

- 1) Машинную базу данных (БД).
- 2) Набор прикладных программ для решения производственных задач (ПП), т. е. для вычисления управляющих последовательностей, разрешающих конкретные противоречия.
- 3) Индивидуальные знания специалистов, т. е. «лиц, принимающих решения» (ЛПР), или экспертов.

В дальнейшем машинной моделью объекта будем называть машинную базу данных и прикладные программы.

Схема на рис. 4 в упрощенном виде изображает примерную последовательность этапов создания машинной модели ОУ. Персонал организации, выполняющий эту работу, в литературе называют «администрацией базы данных» (АБД). Два обстоятельства существенно осложняют работу АБД.

Во-первых, развертывание знаний о моделируемом объекте происходит постепенно. Это обуславливает итерационный характер всего процесса создания модели объекта. Двойные стрелки на схеме иллюстрируют возможные возвраты к ранее принятым ре-

шениям для их пересмотра. Этот процесс может продолжаться и на этапе штатной эксплуатации системы управления.

Во-вторых, наличие многих экспертов с различными мнениями по одной и той же проблеме. Это вынуждает АБД искать компромиссные решения путем коллективных обсуждений. Блок 3 изображает такие процессы. Но решения, принятые голосованием или волюнтаристски, могут быть ошибочными, что тоже является причиной итераций. Программисты, преодолевающие только собственные сомнения, могут, минуя блок 3, непосредственно вербализовать свои знания текстами языков программирования.

Схема на рис. 4 показывает, что машинная модель ОУ — это текст на языке машины. Он не содержит ни смысла, ни знания, как и любой текст. Чтобы этот текст использовать для управления, например процессом изготовления машиностроительной детали, необходим интерпретатор в составе станка с ЧПУ и транслятора с языка машинной модели на язык ЧПУ станка. Чтобы этот текст использовать для возбуждения знания в голове ЛПР о возникшей неурядице, необходим интерпретатор в составе транслятора с языка машины на разговорный язык ЛПР и языковой компетенции с достаточным уровнем знания. Интерпретатор с отличным уровнем языковой компетенции при том же исходном тексте возбудит в голове ЛПР другое знание либо вообще не возбудит никакого знания. Таким образом, применение любой машинной модели любого ОУ подчинено принципу «стальной иглы». Знания ОУ (блок 2) остаются в головах заказчиков, экспертов и АБД. Стрелки между блоками изображают формальные, т. е. независимые от смысла, преобразования текстов. Только вербализация требует творчества, т. е. операций «ага», для заполнения речевых лагун и замены семантических ограничений на употребление терминов синтаксическими правилами.

«В каждой дисциплине мы должны заботиться о различении трех сторон теории: а) формального логического содержания, б) интуитивных представлений, в) приложений.

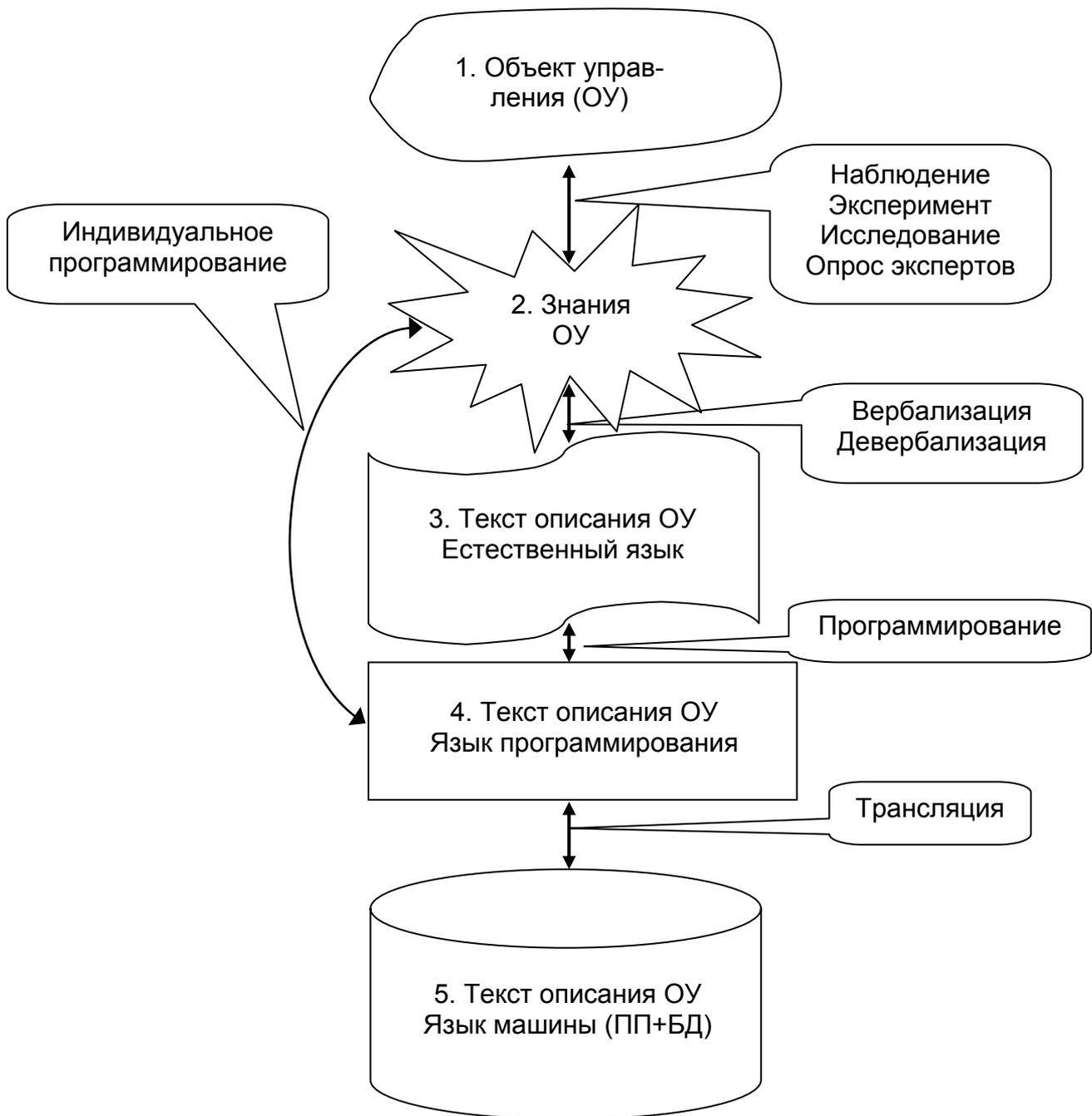


Рис. 4. Построение машинной модели объекта управления

Характер дисциплины в целом и ее прелесть нельзя по-настоящему оценить, не рассматривая эти три аспекта в их взаимодействии» [112, с. 11].

Жизнь ставит человека перед проблемами, т. е. противоречиями. Вынужденный решать их, человек тренирует и развивает интуицию, т. е. операции «ага». Развитие интуиция ведет к обобщениям, а обобщения — к формализации. Формализация практических проблем позволяет глубже проникать в их природу и тем самым совершенствовать и развивать интуицию при их решении. Этим циклом движется познание, но не только научных дисциплин, как заметил В. Феллер. Этим циклом движется познание и каждого индивида. Этим циклом направляются усилия ЛПР и АБД — носителей интуиции, т. е. операций «ага», — на развитие машинной модели фрагмента Природы. Поэтому, перефразируя высказывание В. Феллера, следует сказать: «характер машинной модели ОУ в целом и ее прелесть нельзя по-настоящему оценить, не рассматривая эти три аспекта в их взаимодействии».

Иначе говоря, будущее может определяться прошлым, но только рассчитать его при этом будет в принципе невозможно. Например, мир может быть детерминистическим, но невычислимым. Р. Пенроуз [75]

12. Автоматическое и автоматизированное управление

12.1. Естественное и искусственное управление

Сопоставлять ЕИ и искусственные системы управления полезно по причине явно просматриваемой аналогии между этими фрагментами Природы. Два аспекта этой аналогии представляют интерес в плане обсуждаемых проблем.

Во-первых, стимулом для изобретения ИСУ явились ограничения приложений методов традиционной теории управления [17, 22]. Объектов, управляемых автоматами, в Природе существенно меньше объектов, управляемых человеком или коллективами людей с применением или без применения вычислительной техники. Одна из тенденций развития ИСУ — превращение неавтоматического управления в автоматическое путем замены ЛПР «интеллектуальными программами». Что препятствует решению этой проблемы? Ответ на этот вопрос может подсказать указанное сопоставление.

Во-вторых, в Природе нет простых систем. Каждое управление имеет дело со сложной системой, точнее, с системой вечно пребывающей в движении по законам диалектики. В этом, вероятно, причина аналогий между структурами и методами, развитыми Природой в ходе филогенеза и онтогенеза, и структурами и методами, открываемыми авторами искусственных систем управления. Не приведет ли последовательное прослеживание этой аналогии к раскрытию тайны операции «ага»? Процессы управления, в том

числе и мыслями, Природа освоила задолго до того, как их начал осознавать Человек.

12.2. Машинная формальная теория объекта

Свойство машинной модели объекта следовать принципу «стальной иглы» позволяет классифицировать объекты управления как простые и сложные и, соответственно, системы управления как автоматические и автоматизированные. Когда-то последнее разделение правильно определяли по участию человека в процессе управления, но ошибочно полагали, что это участие является следствием несовершенной системы управления.

Уже пионеры исследования алгоритмов автоматического доказательства теорем заметили, что:

«... множество фактов, необходимых для ответов на вопросы (или решения задач), можно рассматривать как аксиомы (посылки) некоторой теоремы, а сам вопрос — как заключение этой теоремы» [126, с. 227].

Авторы имеют в виду, что ответ на вопрос является заключением теоремы.

Факты, необходимые для управления объектом, образуют его модель. В машинной модели они хранятся частично в базе данных, частично в прикладных программах. Например, в базе данных машинной модели энергосистемы хранятся эксплуатационные параметры всех трансформаторов, имеющих в системе, а алгоритмы некоторых ПП основаны на аксиомах электродинамики. Точнее, в базе данных хранятся не факты, а знаки, или символы, фактов, которые могут управлять действиями подходящего интерпретатора — ЕИ лица, принимающего решения, или ЧПУ фрезерного станка. Далее мы обсуждаем реляционную базу данных (РБД), но все выводы могут быть обобщены на машинную базу данных любого типа.

Пользователи (ЛПР и разработчики ПП) на логическом уровне, т. е. умозрительно, представляют РБД конечным множеством поименованных конечных таблиц, именуемых отношениями. Каж-

дая строка таблицы (кортеж) является знаком некоторого факта. Этот знак может быть гомоморфным образом действительной связи между сущностями предметной области. В одну таблицу включают знаки одного формата, что обычно соответствует однородным фактам.

Математической интерпретацией РБД может быть:

- 1) Набор образующих свободной алгебры, называемой реляционной алгеброй [123, с. 72].
- 2) Набор нелогических аксиом реляционного исчисления [62, с.106].

Обе интерпретации используются в теории языков запросов к РБД. Ответ на запрос к РБД на языке реляционного исчисления — это отношение (таблица) с указанными в запросе свойствами. Оно формируется интерпретатором языка путем поиска его дедуктивного доказательства на текущем наборе аксиом. Такие языки называют декларативными. Запрос на языке алгебраического типа — это процедура вычисления выражения реляционной алгебры, результат которого (таблица) является ответом на запрос. Такие языки называют процедурными. Доказана эквивалентность языков обоих типов [62]. Упомянутый ранее язык SQL содержит и элементы алгебры (FROM JOIN ...), и элементы логики (WHERE ...) [62, с. 548]. Таким образом, обработка запросов к РБД — это доказательство или опровержение теорем с использованием логических и нелогических правил вывода. Функции нелогических правил вывода выполняют ПП машинной модели объекта.

Аналогия между формальной математической теорией и машинной моделью не ограничивается использованием доказательств теорем. Общим свойством этих систем является то, что доказательства теорем ни в математической теории, ни в машинной модели не используют смысла символов, а используют только те отношения между символами, которые явно фиксированы аксиомами. Авторы [49, с. 103] предложили определение:

«Формальная аксиоматическая теория... определяется набором

$$T = \langle \Omega, X \rangle,$$

где Ω — логико-математический язык, X — некоторое множество предложений (т. е. замкнутых формул) языка Ω , называемое множеством нелогических аксиом теории T ».

Этому определению удовлетворяет любая машинная модель управляемого объекта, т. е. любая машинная модель любой предметной области является машинной реализацией формальной аксиоматической теории этой области. Правила техники естественного вывода логики предикатов [49, с. 95] в машинной модели расширены производными правилами в форме ПП, основанными на физических законах движения предметной области. Следует заметить, что модное ныне выражение «информационная технология» возникло в результате замечательных успехов симбиоза вычислительной техники и математической логики. Симбиоз этот основан на том, что и аппаратура, и логика оперируют только с формой языковых конструкций, не обращаясь к их смыслу.

Различаются математическая теория и машинная теория носителями информации. В первом случае — это мозг математика, дополненный бумагой или машинными носителями информации, во втором случае — это только машинные носители информации. Но это различие влечет за собой более существенные различия. Во-первых, математики могут абстрагироваться от пространственных и временных ограничений, а разработчики систем управления фрагментами Природы связаны этими ограничениями. Во-вторых, математик пользуется своей операцией «ага» при конструировании доказательства теоремы, а ЛПР или АБД — при конструировании запросов к базе данных. В-третьих, математики могут пользоваться любыми функциями, а в машинной модели допустимы только вычислимые функции.

Польза от обобщения понятий «формальная аксиоматическая теория» и «машинная модель объекта» в том, что это обобщение обнаруживает существенное различие между простыми и сложными объектами управления, а также между автоматическим и автоматизированным управлением.

Принципы построения и использования формальных теорий изобрели математики в качестве инструмента для изучения математических исследований, которые не формализуемы. Математик изучает систему абстрактных математических объектов посредством поиска доказательства существования или отсутствия некоторого предполагаемого отношения. На заре математики доказательства строились из высказываний разговорного языка, что было неудобно по двум причинам, связывающим математическую мысль. Во-первых, речевые высказывания слишком громоздки. Во-вторых, одно и то же высказывание у разных реципиентов возбуждает разные мысли.

Недостатки первой причины словесных доказательств математики ограничивают заменой речевых выражений символами. Недостатки второй причины ограничивают использованием формальных систем.

«Гильберту принадлежит, во-первых, подчеркивание того, что строгая формализация теории предполагает полную абстракцию от смысла — результат такой формализации называется *формальной системой*, или *формализмом* (или иногда *формальной теорией*, или *формальной математикой*); во-вторых, ему принадлежит метод, делающий формальную систему в целом предметом изучения математической дисциплины, называемой *метаматематикой* или *теорией доказательств*» [44, с. 60].

Два математических открытия используют при формализации: аксиоматико-дедуктивный метод и возможность описания дедуктивных рассуждения только через форму высказываний. Первое открытие приписывают Пифагору и Евклиду, а второе — Аристотелю.

Сущность формализации, т. е. удаления смысла из словесного доказательства, состоит в явном представлении нелогическими аксиомами всех семантических отношений между именами текста, необходимых для доказательства, в замене имен символами и в явном представлении логических отношений между высказываниями правилами вывода и, возможно, аксиомами.

Формализм машинных моделей управления ограничивает класс разрешаемых управлением противоречий по двум причинам:

- 1) экспоненциальной сложности алгоритма вычисления управления, разрешающего обнаруженное противоречие;
- 2) неполноты формальной системы.

Первое ограничение проявляется, когда управление, разрешающее противоречие, имеет доказательство, т. е. вычислимо, в формальной машинной теории, но техническая реализация не имеет для вычисления достаточных ресурсов — памяти и/или времени. Ослабить это ограничение возможно посредством дополнительных финансовых вложений в развитие технической базы и поиска менее сложных алгоритмов. А поиск любых алгоритмов, и особенно менее сложных, — это творчество.

Второе ограничение проявляется, когда возникает противоречие, для разрешения которого существует управление, но оно не имеет доказательства, т. е. не вычислимо, в используемой формальной теории в связи с ее неполнотой. Для вычисления разрешающего такое противоречие управления необходимо перейти к другой формальной теории, возможно, путем непротиворечивого расширения исходной. Иногда такой переход формализуем, но обычно — это тоже предмет творчества.

Математики пытаются разрешать подобные проблемы также путем перехода к другой формальной системе либо более широкой, включающей аксиомы существующей, либо на основе новых аксиом и правил вывода. Логики обобщенно способы таких переходов называют «принципом рефлексии». Он состоит в том, что математик возвращается от формальных аксиом и правил вывода к их смыслам и пытается найти подходящее решение проблемы, анализируя и синтезируя смыслы. Преимущество такой рефлексии в том, что в работу, кроме сознания, включаются подсознательные операции «ага» и более объемная подсознательная модель объекта, созданная ЕИ.

«Принципы рефлексии полностью противопоставляются рассуждениям формалистов. Если использовать их аккуратно, то они позволяют

вырваться за жесткие рамки любой формальной системы и получить новые, основанные на интуитивных догадках, представления, которые ранее казались недостижимыми. В математической литературе могло бы быть множество приемлемых результатов, чье доказательство требует “прозрений”, далеко выходящих за рамки исходных правил и аксиом стандартной формальной системы арифметики» [75, с. 100].

Трудно перечислить причины противоречий, для разрешения которых необходимо модифицировать формальную теорию предметной области. Вероятно, главный их источник указал В. И. Ленин:

«Закон берет спокойное, — и поэтому закон, всякий закон, узок, неполон, приближителен» [54, с. 126].

Комментируя эти слова, С. А. Яновская в предисловии к работе [108] пишет:

«Согласно этому тезису ... лишь с помощью инвариантного (спокойного) науке удастся познавать движение, с помощью дискретного познавать непрерывное, с помощью формализации выявлять содержание, с помощью активного вмешательства человека: огрубления, упрощения, абстрагирования, — познавать объективные законы, независимые от человека, познающего их» [108, с. 10].

Мысль — это «огрубление, омертвление» движения. Формальный текст — это «огрубление, омертвление» мысли. ЕИ борется с этими противоречиями путем противопоставления диалектике Природы диалектики мышления. Формальные теории и алгоритмы диалектикой не владеют, но усилиями ЛПР могут имитировать некоторые свойства диалектики. Будем называть причину появления указанных противоречий «нарушением адекватности» формальной теории.

12.3. Пример обращения к операции «ага»

Поясним полезное проявление операции «ага» простым примером, заимствованным у Р. Пенроуза [75, с. 115], но несколько модифицированным.

Пусть в формальной теории $T = \langle Q, S \rangle$:

Q — множество всех слов в алфавите, состоящем из заглавных латинских букв.

S — множество нелогических аксиом:

P1: EAT = AT;

P2: ATE = A;

P3: LATER = LOW;

P4: PAN = PILOW;

P5: CARP = ME.

Два слова из множества Q равны, если одно из них преобразуется в другое путем замены какой-либо его части по аксиомам P1 — P5. Например, равенство $LAP = LEAP$ доказывается цепочкой равенств:

$$\mathbf{LAP = LATER = LEATER = LEAP.}$$

Жирным шрифтом выделены заменяемые символы. Каждая подобная цепочка является доказательством равенства первого и последнего слова. Удобно представлять доказательства «деревом вывода»:

$$\begin{array}{r} \mathbf{LAP} \\ \hline \mathbf{LATER} \\ \hline \mathbf{LEATER} \\ \hline \mathbf{LEAP} \end{array} \quad \begin{array}{l} P2; \\ P1; \\ P2. \end{array}$$

В этой конструкции горизонтальная черта является знаком применения аксиомы, обозначенной символами справа от черты, к строке, стоящей сверху черты. Под чертой указан результат применения аксиомы. Символы аксиом P1 — P5 могут быть именами алгоритмов или процедур, осуществляющих соответствующие преобразования.

Математики формальные теории, подобные теории T , называют (словарными) полугруппами [40, с. 185].

Теория T может оказаться формальным описанием некоторого объекта, если наблюдатель установит, что:

- 1) пространство состояний объекта дискретно;
- 2) моделировать объект можно динамической системой (разд. 3.5);
- 3) состояния объекта можно именовать словами множества Q ;
- 4) переходная функция динамической системы $\varphi: Q \times Y \rightarrow Q$ определяется рекурсивно списком аксиом S .

Здесь Y — объединение областей значений процедур $P1$ — $P5$.

Таким образом, переводят объект из состояния LAR в состояние LEAR управляющие последовательности, вычисляемые суперпозицией процедур: $P2(P1(P2(LAR)))$. К сожалению, алгоритмов для вычисления истинностных значений решений ни по одному из четырех пунктов нет. Исследователь объекта должен угадывать решения по наблюдениям за поведением объекта, а затем проверять их по результатам управления.

Технолог машиностроительного предприятия по чертежу детали составляет технологическую карту ее изготовления, где указывается последовательность станков, на которых должна обрабатываться заготовка, и последовательность операций на каждом станке. Описанием такой карты может быть цепочка равенств из слов, формальной теории, подобной теории T . Технологические операции представляются системой аксиом. Первое слово в цепочке — номер чертежа заготовки, последнее — номер чертежа детали. Технолог конструирует, не без участия операций «ага», такие цепочки на основании знания технологических возможностей цеха металлообработки и опыта. А может ли робот-манипулятор выполнить такую работу, используя базу данных со всеми необходимыми данными о заготовках, станках, инструментах и операциях?

Получив чертеж детали, робот, прежде чем начать действовать, должен выбрать заготовку, «равную» детали по технологической оснащенности цеха. Конечно, номер чертежа заготовки может

быть указан в чертеже детали. В этом случае робот должен начать с поиска такого доказательства «равенства» заготовки и детали, которое определяло бы допустимый для технологического оборудования цеха процесс преобразования заготовки в деталь. Может ли все это выполнить автомат, не владеющий операцией «ага»?

Это переборная задача с конечным множеством возможных доказательств равенств цепочек. Алгоритм перебора имеет экспоненциальную сложность, поскольку мощность перебираемого множества экспоненциально зависит от числа станков и числа операций каждого станка. Чтобы убедиться, что две цепочки не равны, нужно просмотреть все множество возможных доказательств. А существует ли менее сложный алгоритм? Р. Пенроуз для формальной теории Т показал, что такой алгоритм существует:

«Как мы можем утверждать, что посредством разрешенных подстановок невозможно получить MEAT из CARPET? Для демонстрации этого факта придется подумать чуть больше, однако показать это не так уж сложно, причем множеством разных способов. Простейшим представляется следующий: в каждом «равенстве» из нашего списка число букв А плюс число букв W плюс число букв М с каждой стороны одинаково. Значит, общая сумма указанных букв не может меняться в процессе преобразования по допустимым нашим списком правилам. Однако, для CARPET эта сумма равна 1, а для MEAT — 2. Следовательно, не существует способа получить из первого слова второе при помощи вышеприведенного списка правил. ...

(Конечно же, мне потребовалось некоторое время, прежде чем я заметил описанный выше “трюк”, при помощи которого доказал, что CARPET и MEAT “неравны”. А для другого примера “трюк” мог бы понадобиться совершенно другой. К стати, интеллект помогает — хотя и не обязательно — и в случае, когда необходимо установить существование некоторого “равенства”») [75, с. 115].

К сожалению, приведенный пример иллюстрирует рефлексию только частично. Р. Пенроуз для поиска алгоритма, менее сложного, чем экспоненциальный, для теории Т обратился только к форме аксиом, а не к их смыслу, т. е. к их интерпретациям. Но и это потребовало выхода за рамки формальной теории. Вероятно, при-

вести пример рефлексии к смыслу невозможно, поскольку операции «ага» происходят на уровне подсознания, т. е. недоступны для самонаблюдения, а следовательно, и для вербализации.

Производственная задача доказательством равенства цепочек решена только частично. Для ее окончательного решения необходим алгоритм поиска доказательства для равных цепочек, поскольку по доказательству составляется технологический маршрут. Возможно, технологи пожелают получать не любой маршрут, а оптимальный по какому-то параметру. Как заметил Р. Пенроуз, интуиция и в этом случае может помочь найти алгоритм, менее сложный, чем переборный, но потребуются, вероятно, обращение к эвристике технологов.

12.4. Управление сложным объектом

Нет универсального и абсолютного критерия для классификации фрагментов Природы на простые и сложные. Разумно принять гипотезу о том, что фрагменты Природы не разделяются таким способом, а «сложность» — это характеристика не фрагмента Природы, а модели, которой руководствуется человек, работающий с этим фрагментом. Одно и то же противоречие может возбудить для одного человека очень сложную, и даже неразрешимую, задачу, а для другого — элементарно простую.

Введем критерий сложности для фрагментов Природы с точки зрения управления ими. К простым объектам отнесем те, которыми можно в принципе управлять автоматами, т. е. без вмешательства человека. Термин «принцип» указывает на абстрагирование от экономических и технических ограничений. К сложным отнесем фрагменты Природы, в управлении которыми необходимо участие ЛПР. Далее приведены более точные формулировки. Конечно, такая классификация относительна. Отнесение каждого управляемого объекта к сложным или простым зависит от его функций в составе суперсистемы или требований суперсистемы к нему. Один и тот же объект для одних требований может быть простым, а для других — сложным.

Определение 16:

Сложный объект — это фрагмент Природы, для управления которым необходима, но недостаточна его формальная теория, поэтому в управлении участвует ЕИ лица, принимающего решения.

Управление сложным объектом назовем *автоматизированным*.

Определение 17:

Автоматизированное управление сложным объектом — это управление фрагментом Природы, осуществляемое ЛПР с использованием автоматических средств интерпретации информации.

Термин «автоматизированная система управления» (АСУ) вышел из моды, но проблемы компьютеризации управления сложными системами не только не исчезли, но стали более значительными. Современные термины, вроде «управления антропоцентрическим объектом» [17], не внесли ничего нового в понимание сущности этой проблемы, кроме той ее части, которая относится к достижениям технического и программного обеспечения АСУ.

ЛПР применяет, в числе прочих средств автоматике, компьютер для управления сложным объектом только по той причине, что компьютер может выполнять вычисления такого объема, которые недоступны человеку. Других причин нет. ЛПР не в состоянии контролировать адекватность вычисленного компьютером решения и полагается на «авось», если он использует такое решение для воздействия на управляемый объект. Адекватность решения может быть оценена только по реакции объекта.

Если абстрагироваться от ситуаций, когда владельцу управляемого объекта содержать ЛПР дешевле, чем создавать автомат, когда это возможно, то определение 17 стирает различие между терминами «автоматизированная система управления» и «интеллектуальная система управления». ЕИ не перестает быть ЕИ, если он пользуется компьютером.

Простой пример. ЛПР — это писатель-романист, который использует компьютер и программные продукты «Word» и «Windows» фирмы Microsoft для управления процессом расстановки букв в текстах романа. Роман — это продукт управляемой деятельности такой же, как, в определенном смысле, турбогенератор или доход финансового банка. Отметим, что ни конструкция, ни работа средств автоматической обработки информации, т. е. компьютера и программ «Word» и «Windows», не зависят от эмоций, которыми писатель намерен поражать своих читателей.

Более сложный пример. ЛПР — это управляющий финансовым банком, который использует машинную модель банка и рынка финансовых бумаг, планируя стратегию банка для увеличения дохода.

Гипотеза о том, что совокупность ЛПР и компьютера образует интеллектуальную систему, развита в ряде работ В. К. Финна и его коллег [12], создавших интеллектуальную систему типа ДСМ (ИнтС-ДСМ). ДСМ-методом называют метод автоматического порождения гипотез о предметной области на основании отношения сходства между объектами этой области.

«ИнтС-ДСМ не претендует на открытие законов природы и на универсальность применения, так как является лишь удобным и полезным помощником рассуждающего исследователя, которому необходимо расширить комбинаторные и логические возможности исследования (анализ данных, генерирование гипотез, проверка на непротиворечивость, вывод следствий, установления сходства и различия фактов и гипотез)» [12, с. 47].

ИнтС-ДСМ снабжена мощными логическими средствами для описания предметной области и рассуждений о ней, не доступными интеллекту ЛПР. Однако интеллект этой системы составляют операции «ага» ее разработчиков и ЛПР. В частности, они должны догадаться, как сравнивать объекты предметной области и как эту процедуру формализовать для знаков, которыми эти объекты представлены в базе данных.

Хороший пример проектирования АСУ сложным объектом, иллюстрирующий сложившуюся практику, приведен в работе [17]. Авторы именуют сложный объект «сложной антропоцентрической системой (Антр/системой)», в качестве которой рассматривают многоцелевой самолет. Самолет выбран только для конкретизации приемов проектирования, которые, по мнению авторов, используются при разработке АСУ любыми сложными антропоцентрическими системами.

Проектировщики в АСУ самолета выделяют три уровня управления: верхний (ВУУ), средний (СУУ) и нижний (НУУ). ВУУ — это уровень операторов (пилотов), НУУ — уровень измерительной аппаратуры и исполнительных автоматов. Содержание СУУ — не ясно. Сегодня, как указывают авторы работы [17], аппаратно-программное обеспечение «традиционных структур» имеет только НУУ, но есть надежда, что завтра появятся элементы искусственного интеллекта на НУУ и экспертные советующие системы на СУУ.

Деятельность ВУУ проектировщики регламентируют

«...графом решений оператора (ГРО) для алгоритмов деятельности членов экипажа» [17, с. 210].

Алгоритм — это машинная процедура, не свойственная поведению человека, но может выполняться человеком бессознательно. Однако необходимость пилота на самолете определяется неалгоритмичностью его поведения.

«Формализация процесса принятия решений в сложной, слабо организованной внешней обстановке (а это как раз условия ВУУ и СУУ для части ТС) при современном состоянии системного анализа, теории управления и теории принятия решений проведена быть не может. Создать здесь полный ГРО не представляется возможным. Поэтому формируются максимально полные фрагменты ГРО, и выявляется в остальных местах необходимый состав информации на индикаторах, позволяющий оператору иметь полную информационную модель внешней обстановки. Состав информации, определяемый эвристически и по фрагментам ГРО,

должен обеспечиваться соответствующими алгоритмами (программами) в БЦВМ» [17, с. 210].

Здесь ТС — «типовая ситуация», а БЦВМ — «сеть бортовых вычислительных машин».

Следует заметить, что авторы напрасно ссылаются на «сложную, слабо организованную внешнюю обстановку» и состояние системного анализа. Системный анализ не может чем-либо помочь формализации принятия решений (гл.3). Внешняя обстановка сложна лишь в представлениях проектировщиков АСУ, но организована она очень хорошо, поэтому пилоты могут овладевать путем тренировок управлением самолетами, а автоматы управлять беспилотными летательными аппаратами.

Формализация процесса принятия решения невозможна принципиально, если этот процесс требует участия арифметики. Формальная арифметика не полна. Кроме того, будущее детерминировано настоящим, но не вычислимо, а компьютеры могут только вычислять. Компьютеры не пользуются неалгоритмизированными операциями «ага», поэтому нужны пилоты. Пилот может догадаться о правильном решении, когда возникает нарушение адекватности формальной теории. Компьютер же не способен выйти за пределы формальной теории.

Очевидно, что «типовая ситуация» — это обобщение проектировщиком по каким-то признакам прогнозируемых противоречий, которые могут препятствовать выполнению полетного задания. ГРО — это перечень правил «если А, то Б», где А — прогнозируемая проектировщиком типовая ситуация, а Б — набор действий по устранению противоречия, вызвавшего ситуацию А. На этом перечне могут быть определены какие-либо отношения. К сожалению, пилоту недостаточно иметь текстовой или компьютерный документ с ГРО. Опыт показывает, что ему необходима длительная тренировка для усвоения ГРО на уровне подсознания, вероятно, по той причине, что и распознавание типовой ситуации по индикаторам пульта управления и выбор подходящего действия существенно используют операцию «ага» подсознательного уровня.

Что нового появится в АСУ самолетом после того, как СУУ оснастят БОСЭС (бортовыми оперативно-советующими экспертными системами) [17, с. 250]?

Эксперты — это авторы ГРО, вооруженные разнообразными математическими моделями и СИМ (системами имитационного моделирования), а ГРО — это продукт вербализации знаний «максимально полных фрагментов» прогнозируемых ситуаций (противоречий). Экспертная система — это формальная машинная модель ГРО. Она может даже содержать ПП для дедуктивного вывода сложных опосредованных связей между ситуациями по отношениям, объявленным в ГРО, но ни эвристических, ни генетических процедур содержать она не может, поскольку таковых не существует (гл. 13). Вероятно, такая система удобнее, чем многостраничный текстовый документ. Но это только советующая система, поскольку нет алгоритмов, вычисляющих по описанию ситуаций, т. е. противоречий, разрешающих процедур. Если бы существовал такой алгоритм для какой-либо ситуации, то для ее разрешения можно было бы обойтись автоматом НУУ. Польза от БОСЭС появится лишь в том случае, когда пилоты научатся своевременно снабжать свои операции «ага» данными из этих систем. Таким образом, управлять самолетом должен пилот, который может использовать для этого разнообразные автоматические интерпретаторы информации.

Некоторые сложные объекты не выделяются большими размерами в пространстве или во времени. Например, сложным объектом является компьютерная программа, которую пытается отладить программист. Принято считать, что программа содержит ошибку, если результаты преобразования некоторых исходных данных не удовлетворяют пользователя. Это — заблуждение. Если транслятор не содержит ошибок, то программа, прошедшая трансляцию, не содержит ошибок и правильно управляет работой компьютера. Точнее, программа работает правильно, если, начав работу с некоторого стандартного начального состояния, она через конечный интервал времени заканчивает работу в некотором стандартном заключительном состоянии. Оба стандартных состояния

программы определяет программист. Пользователь может оценить пригодность только правильно работающей программы.

Отладка правильно работающей, но не удовлетворяющей пользователя программы включает:

- 1) Поиск тех исходных данных, которые правильно работающая программа преобразует в результат, не удовлетворяющий пользователя.
- 2) Поиск спецификации в тексте программы, которая является причиной нежелательного преобразования исходных данных.
- 3) Поиск модификации текста программы.
- 4) Проверку результата модификации программы.

На основе перечисленного можно сделать вывод, что отладка компьютерной программы — это процесс управления. Он состоит в том, чтобы преобразовать правильно работающую программу, результаты работы которой не удовлетворяют пользователя, в правильно работающую программу, результаты работы которой удовлетворяют пользователя. Но при выполнении каждого из четырех пунктов программист может полагаться только на свои операции «ага». К тому же, часто и пользователь осознает свои требования к программе только по наблюдениям за ее работой, пользуясь своей операцией «ага». Таким образом, отладка компьютерной программы — это АСУ сложным объектом.

Иную интерпретацию понятий АСУ и ИСУ предложили А. А. Ерофеев и А.О. Поляков:

«Согласно положениям прикладной теории ИСУ, любое системно-сложное управление имеет законченный смысл, когда оно является автоматическим, т. е. способным вырабатывать управляющее решение быстрее и/или лучше человека в сфере своего существования. Следовательно, глобальной целью информационной технологии управления в ИСУ может являться только автоматическое принятие решений, со скоростью выработки и “доставляемостью” которых к исполнительным механизмам не может конкурировать человек.

Отсюда следует важный вывод об определенной некорректности постановки вопроса о создании интеллектуальных автоматизированных систем управления для системно-сложных объектов, если в них человек

используется как лицо, принимающее окончательные решения (ЛПР). Действительно, либо мы создаем систему, принимающую решения быстрее нас, и доверяем ей управление “как процесс интеллектуальной деятельности”, либо автоматизированную систему управления с контролем решений на уровне профессионализма и интуиции ЛПР» [33, с. 219].

Таким образом, по мнению авторов, ИСУ — это автомат, осуществляющий «процесс интеллектуальной деятельности», т. е. без вмешательства ЛПР автоматически принимающий решения, а АСУ — это управление, не имеющее «законченного смысла». Очевидно, АСУ приобретает «законченный смысл», если ЛПР заменить «интеллектуальным автоматом» или хотя бы «экспертной системой».

К сожалению, авторы отождествили понятия «вычислить решение» и «принять решение». Причина такого заблуждения, вероятно, в том, что ими не раскрыта сущность понятия «прикладная теория ИСУ».

«В отличие от *фундаментальной теории*, всегда являющейся “обоснованием разумного мышления”, *прикладная теория* является “обоснованием разумного действия” и заведомо направлена на научную и методологическую поддержку прикладных разработок» [33, с. 14].

С этим разделением нельзя согласиться. Любая теория создается для обоснования «разумного мышления», ибо только такое мышление минимизирует ошибку при организации «разумного действия».

Шахматист во время игры управляет движениями шахматных фигур с определенной целью, принимая решения по каждому ходу. Но шахматная программа, которую шахматист не может обыграть, вычисляет решения быстрее и лучше шахматиста, используя формальное определение игры. Следовательно, шахматная программа, по мнению авторов работы [33], осуществляет «процесс интеллектуальной деятельности».

Это точка зрения «прикладной теории ИСУ», т. е., просто, «здравого смысла». «Фундаментальная теория», точнее математи-

ческая логика и теория вычислений, заглянув в сущность явления, обнаружили, что шахматная программа — это машинная реализация формальной теории шахматной игры. Такая теория необходима для представления вычисления очередного хода игры частично-рекурсивной функцией.

Шахматист, пользуясь своими операциями «ага» для изобретения числовых оценок шахматных позиций, может сочинить формальную теорию шахматной игры, и не одну. Компьютерная программа на такое не способна. Однако шахматист не способен пользоваться во время игры своим изобретением из-за громадных объемов вычисления частично-рекурсивных функций. Число Ингве даже у чемпионов мира по шахматам не выходит далеко за пределы 7 ± 2 символа. Число Ингве шахматной программы измеряется мегабайтами, поэтому вычисление частично-рекурсивных функций для программы не является препятствием.

Резюмируя, можно утверждать:

- 1) Компьютер не является «усилителем интеллекта».
- 2) Компьютер является «усилителем вычислительных способностей интеллекта».
- 3) «Вычислительные способности интеллекта» — это продукт работы интеллекта, поэтому интеллект не исчерпывается вычислениями.

Не так давно бухгалтеры усиливали свои вычислительные способности использованием механических компьютеров с ручным приводом, называемых арифмометрами. Вычислительные способности арифмометра и современного многопроцессорного компьютера несопоставимы, но интеллектуальных способностей у последнего со всеми сочиненными программами не больше, чем у старого арифмометра.

Нельзя разорвать теорию на фундаментальную и прикладную, как заметил В. Феллер в высказывании, приведенном в разделе 11.3. Это не две теории, а два источника взаимосвязанных противоречий, в разрешении которых проявляется становление и развитие теории.

Почему нельзя ставить знак тождества между выражениями «вычислить решение» и «принять решение», точнее, между денотатами этих выражений?

Для вычисления решения задача должна быть определена в некоторой формальной теории, формальной потому, что в ней отсутствуют смыслы символов. Но в классе формальных теорий некоторые непротиворечивые теории неполны. В языках таких теорий существуют правильные определения задач, которые имеют невычислимые решения. Иногда решение такой задачи может найти ЛПР, обращаясь к семантике символов формальной теории и к помощи своих операций «ага». Обычно это требует новой формулировки задачи в новой формальной системе и разработки новых процедур.

Кратко проблему создания системы управления можно обобщить следующим образом:

- 1) Чтобы управлять, необходимо иметь модель поведения управляемого объекта в естественных условиях.
- 2) Чтобы иметь модель объекта, необходимо наблюдать его поведение в естественных условиях.
- 3) Чтобы наблюдать поведение объекта в естественных условиях, объектом необходимо управлять.
- 4) Чтобы управлять объектом, необходимо иметь модель поведения управляемого объекта в естественных условиях.

Этот естественный замкнутый цикл означает, что создание системы управления любым объектом — диалектический процесс. Иногда конструктору удастся разорвать этот замкнутый цикл организацией стендовых испытаний технического объекта или клиническими обследованиями больного. Если результатом таких мероприятий оказывается адекватная модель, то объект может быть простым. Однако многие технические объекты и все социальные объекты не допускают ни стендовых, ни клинических испытаний. Невозможно провести стендовые испытания, например, энергосистемы, авиационной компании или мозга человека. Такие объекты образуют класс сложных объектов. Их поведение можно наблюдать

только в режиме штатной эксплуатации. Системы управления такими объектами должны предусматривать средства для эволюции модели объекта от простой к сложной. Законы такой эволюции совпадают с предложенными К. Р. Поппером, который вместо термина «противоречие» пользовался термином «проблема» [85, с. 235]:

«Обозначая проблему через P , ее пробные решения — через TS и устранение ошибок — через EE , мы можем представить фундаментальную эволюционную последовательность событий в следующем виде:

$$P \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P.$$

Эта последовательность не является циклом: вторая проблема, вообще говоря, отличается от первой, она представляет результат новой ситуации, которая возникает частично вследствие тех пробных решений, которые были опробованы, и того процесса устранения ошибок, который регулировал их.

Для того чтобы подчеркнуть это, приведенную схему следует переписать в виде

$$P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2 \text{ »}.$$

Успешность общения человека с человеком подтверждает гипотезу о том, что в ходе филогенеза возник ЕИ для управления сложными объектами.

12.5. Автоматическое управление простым объектом

Определение 18:

Простой объект — это объект, для управления которым необходима и достаточна формальная теория объекта.

Почему для конструктора автопилота самолет может оказаться простым объектом? Только потому, что конструктор ограничил и точно определил формальной теорией класс противоречий, которые должен разрешать автопилот.

Автомат, т. е. машина, работающая без вмешательства ЛПР, связан конечным набором измерителей с внешней и внутренней средой ОУ. Измерители предназначены для обнаружения противоречий, которые обязан устранять автомат. Множество показаний каждого реального измерителя конечно, поскольку существуют ограничения чувствительности и диапазона измерений. Следовательно, конечно и множество выявляемых автоматом противоречий. Если это множество очень большое, то конструктор автомата использует гомоморфное отображение этого множества на множество меньшей мощности, элементы которого называют «ситуациями» или «состояниями». Автомат, по замыслу конструктора, не столкнется с неразрешимым противоречием, пока все возмущения, воздействующие на ОУ, находятся в допустимых измерителями пределах. В противном случае автомат прекращает быть УУ.

Если в пространстве состояний выделить начало координат, например, состояние, в котором отсутствуют противоречия, то управление автомата можно интерпретировать как перемещение в пространстве состояний из текущего состояния в начало координат. Авторы работы [40] в разделе 2, сосредоточив внимание на стратегиях управления, утверждают:

«Центральный результат этого раздела управления состоит в том, что существование, а также и сама конструкция регуляторов предопределяются двумя важнейшими свойствами объекта управления: его *полной управляемостью* и *полной идентифицируемостью*. Первое из этих свойств означает, что с помощью подходящим образом выбранного управления из любого состояния системы можно перейти в начало координат пространства состояний. Второе же утверждает, что по наблюдениям предыстории (внешних) входных и выходных величин всегда можно определить текущее (внутреннее) состояние системы. Очевидно, что наличие этих двух свойств необходимо для существования регулятора. Однако относительно недавно (в 1959 г.) удалось выяснить, что, как это ни удивительно, управляемости и идентифицируемости объекта оказалось достаточно и для существования решения этой задачи. С современной точки зрения все достижения классической теории управления объясняются тем, что в ней изучались только такие модели, для которых свойства управляемости и идентифицируемости были естественными» [40, с. 34].

В этом высказывании авторы дают иной критерий разделения объектов управления на простые и сложные. Простым объектом управления является идентифицируемый и управляемый объект. Сложный объект — это не идентифицируемый или не управляемый объект. Возможно, существует доказательство эквивалентности этого критерия и предложенного выше.

Пространство состояний, в котором работает каждый автомат, — это конечное пространство состояний той метафизической окаменелости, которая служит интерпретацией формальной теории объекта, необходимой для его управления. Но на конечной интерпретации множество теорем формальной теории разрешимо, т. е. существует переборный алгоритм, определяющий, является ли любое правильное высказывание теоремой или нет. А это значит, что существует алгоритм, который для любого состояния может вычислить путь, если такой существует, к началу координат и вычислить последовательность действий для устранения выявленного противоречия.

Таким образом, отнесение фрагмента Природы к классу простых объектов — это решение конструктора системы управления принять, не без участия операции «ага», гипотезу о том, что метафизическая окаменелость, определяемая формальной теорией, тождественна фрагменту Природы. Как и всякая гипотеза, или иллюзия, такая гипотеза может быть истинной или ложной, а также принимать все возможные оценки достоверности между этими крайностями. К сожалению, это может обнаружить только эксперимент, т. е. стендовые испытания или штатная эксплуатация автомата. Успешная эксплуатация автоматов во многих сферах деятельности человека свидетельствует об истинности указанной гипотезы во многих случаях. Но не менее, а может быть и более, многочисленны попытки неудачного применения традиционной теории управления.

12.6. Модификация реляционной базы данных

Модифицировать машинную модель АСУ сложным объектом необходимо для устранения противоречия, вызванного нарушением адекватности модели. Этот процесс управления, осуществляемый ЛПР или АБД, состоит в том, чтобы обнаружить противоречие, найти способ его устранения и выполнить модификацию аксиом и правил вывода формальной машинной теории, т. е. базы данных и/или ПП. Модификация ПП обычно требует рефлексии от ЛПР или АБД, а некоторые модификации базы данных могут выполняться автоматически.

Определяется РБД [122] схемой, которая перечисляет схемы отношений в форме

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1(A_{11}, \dots, A_{1i_1}), \\ \dots\dots\dots \\ R_m(A_{m1}, \dots, A_{mi_m}), \end{array} \right.$$

и перечнем функциональных зависимостей для каждого отношения

$$(B(U_{R_1}), f_{R_1}), \dots, (B(U_{R_m}), f_{R_m}),$$

здесь R_n — имя n -го отношения; A_{ni} — имя i -го атрибута в отношении R_n ; $U_{R_1} = \{A_{11}, \dots, A_{1i_1}\}, \dots, U_{R_m} = \{A_{m1}, \dots, A_{mi_m}\}$.

$B(U_{R_n})$ — булеан (множество подмножеств) множества атрибутов отношения R_n ; f_{R_n} — бинарное отношение на множестве

$B(U_{R_n})$.

Отношение f_{R_n} называют множеством функциональных зависимостей отношения R_n . Каждая пара отношения f_{R_n} является гоморфным образом функционального отношения между некоторыми

сущностями управляемого объекта. Например, если СИТУАЦИЯ $\in U_{R_n}$, ДЕЙСТВИЕ $\in U_{R_n}$, $\langle \text{СИТУАЦИЯ}, \text{ДЕЙСТВИЕ} \rangle \in f_{R_n}$ и отношение R_n содержит кортеж, в котором СИТУАЦИЯ = А, ДЕЙСТВИЕ = Б, то интерпретатор этот кортеж может обрабатывать как импли-

кацию «если А, то Б», т. е. ситуация А на управляемом объекте разрешается процедурой Б.

Пользователи базой данных, т. е. автоматы, ПП или операторы, могут добавлять, удалять и модифицировать кортежи во всех отношениях базы данных в пределах своих прав. АБД может вносить изменения в состав отношений базы данных и в состав атрибутов любого отношения. Такая модификация схемы базы данных должна сопровождаться реорганизацией базы данных. Однако при удалении некоторых атрибутов из отношений или некоторых отношений из базы данных использовавшие их ПП окажутся неработоспособными.

Функциональные зависимости явно не определены в схеме РБД, а представлены в базе данных наборами кортежей в соответствующих отношениях. Эти зависимости используются ПП для поиска информации в базе данных и в качестве ограничений при выполнении некоторых операций с отношениями. Их изменения нарушают работу ПП. Причинами необходимости изменять их являются изменения функциональных зависимостей между параметрами предметной области, например как следствие бифуркаций. Устранение последствий изменения состава функциональных зависимостей требует более глубокого изучения и программного обеспечения АСУ и предметной области. Поэтому автор работы [122] рекомендует:

«Таким образом, при создании базы данных следует стремиться к возможно большей “продолжительности жизни” структуры функциональных зависимостей».

Каждый согласится, что умение в математике более важно и даже *н а м н о г о* более важно, чем одно лишь знание. Д. Пойа [81]

13. Формализмы искусственного интеллекта.

13.1. Искусственный интеллект

«ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ — машины, выполняющие такие действия, для которых обычно требуется человеческий мозг. В число основных направлений в этой области включают автоматические методы решения задач, “понимания” и перевода языков, доказательства теорем и распознавания зрительных образов и речи. ...При этом эвристический поиск считают главной компонентой техники искусственного интеллекта» [50, с. 217].

Это определение не оставляет сомнений, что изобретения ИИ имеют целью моделировать ЕИ.

Обзор истории развития идей и терминологии по проблематике ИИ содержится, например, в работах [17, 48]. Последние достижения ИИ — это системы, основанные на «знаниях»:

«К системам, основанным на “знаниях” (СОЗ), мы в этой книге относим следующие:

- 1) системы, основанные на *правилах* (Rule-Based Reasoning),
- 2) системы, основанные на *автоматическом доказательстве теорем* (Automatic Theorem-Proving Techniques),
- 3) системы, основанные на *автоматическом гипотезировании* (Automatic Hypothesizing), т. е. на построении гипотез,
- 4) системы, основанные на *рассуждениях по аналогии* (Analogical Reasoning),
- 5) *объектно-ориентированные интеллектуальные системы* (Object-Oriented Intelligent Systems)» [17, с. 29].

К сожалению, ни в одном из этих направлений не возникла идея, как создать «базу знаний». Все направления ограничиваются

использованием формальных машинных моделей предметных областей с различными моделями данных. Но формальная машинная модель предметной области с любой моделью данных только в совокупности с ЛПР и/или с АБД, а точнее с их операциями «ага», может имитировать поведение ЕИ.

Имеет ли смысл исследовать формальные «системы, основанные на «знаниях»», для решения проблемы моделирования ЕИ?

Математики, как и обыкновенные люди, предпочитают обходиться содержательными, или интуитивными, рассуждениями [2, 75, 92], заполняя их лакунами. А история математики говорит о том, что для развития математики необходима трансляция интуитивных математических теорий на языки формальных теорий. Причина этого, как заметила С. А. Яновская (разд. 12.2.), в том, что с «помощью формализации» удастся «выявлять содержание». Другими словами, для развития математики необходимо единство вездесущих процессов прямой и обратной связи между интуицией и формализмом. Нет оснований утверждать, что только для математики необходимо это единство. Вероятно, оно необходимо для развития и других наук, в частности, для развития теории АСУ сложными объектами и теории ЕИ. В этом ответ на поставленный выше вопрос.

Далее обсуждаются некоторые направления создания ИИ .

13.2. Семиотическая модель и адаптация

Автоматическому управлению нужна формальная теория управляемого объекта для вычисления без участия ЛПР, т. е. механически, причин противоречий и разрешающих управлений. Но социальные объекты, не имея формальных описаний, все же существуют потому, что ЛПР — хорошо или плохо — управляют ими. Класс управляемых объектов в обществе значительно шире, чем тот, который является предметом изучения традиционной теории управления. Например, к этому классу относится мяч, «обрабатываемый» футболистом, и пациент врача.

Д. А. Поспелов в работе [86] обобщил попытки расширить сферу применения традиционной теории управления, предложив концепцию «семиотической модели» и название «ситуационное управление». Последнее название не внесло ничего нового, поскольку по смыслу термин «ситуация» не отличается от термина «состояние», используемого в теории динамических систем и в синергетике [40, 69].

«О п р е д е л е н и е 1.3. Формальной моделью называется четверка

$$M = \langle T, P, A, \Pi \rangle,$$

где T — множество базовых элементов; P — синтаксические правила; A — система аксиом; Π — семантические правила» [86, с. 32].

«В процессе функционирования системы управления могут корректироваться языки описания ситуаций, изменяться знания об объекте и методах управления им. Это означает, что все элементы, входящие в определение M , могут изменяться в процессе функционирования.

Рассмотрим в связи с этим модель вида

$$C = \langle M, \chi_T, \chi_P, \chi_A, \chi_\Pi \rangle.$$

Здесь χ_T, χ_P, χ_A и χ_Π — соответственно правила изменения T, P, A и Π

О п р е д е л е н и е 1.7. Модель C называется семиотической моделью» [86, с. 37].

Следует заметить, во-первых, что в логике используется термин «правила вывода», а не «семантические правила». Формальная система является формальной потому, что в ней нет никакой семантики. Во-вторых, в этих определениях смысл термина «модель» будет совпадать по смыслу с термином «модель объекта», введенным определением 13, если:

- 1) интерпретацией формальной теории M является управляемый объект, точнее его метафизическая окаменелость;
- 2) множество аксиом A содержит кроме логических аксиом и нелогические аксиомы, т. е. высказывания, истинные для управляемого объекта.;
- 3) множество правил вывода Π , кроме логических правил вывода, содержит, возможно, и нелогические правила вывода, которые из истинных высказываний создают истинные высказывания;

- 4) нелогические аксиомы и нелогические правила вывода не противоречат успешному разрешению противоречий, с которыми встречается управляемый объект.

Концепция Д. А. Поспелова представлять изменения фрагмента Природы последовательностью формальных моделей методологически оправдана. Она повторяет идею адаптации УУ к изменениям ОУ. Эта идея согласуется с диалектическим развитием науки в целом и каждой специализированной дисциплины. Но ее реализация в управлении требует уточнения.

Если семиотическую модель S применять в автоматическом управлении, т. е. в управлении, действующем без участия ЛПР, то правила χ_T , χ_P , χ_A и χ_{II} должны быть заданы алгоритмами. Но алгоритмы не выводят ни модель S , ни модель M из класса формальных систем, а следовательно, не освобождают от указанных в разделе 12.1 ограничений формализации, хотя могут несколько раздвинуть границы применения моделей.

Чтобы освободить модели M и S от ограничений формальности, необходима рефлексия, т. е. обращение к семантике их аксиом и правил вывода. Но эта семантика фиксирована только в головах экспертов. Только операция «ага» эксперта может подсказать, какой алгоритм может преодолеть непредвиденное противоречие или как сократить время вычисления управления для устранения предвиденного противоречия. Очевидно, по этой причине Д. А. Поспелов предусмотрел в составе системы управления «лицо, принимающее решения» (ЛПР) [86, с. 9]. Не лицо, вычисляющее решение, вычислять может и программа, а лицо, принимающее решение, что не может делать программа. По существу обязанность ЛПР состоит в том, чтобы адаптировать модель M к возможным изменениям ОУ путем дополнения модели S процессом познания ОУ. Но этот процесс может пока осуществлять только ЕИ. Система управления, в состав которой входит ЛПР, — это АСУ сложным объектом, а не автомат (гл. 12).

13.3. Экспертные системы

Очередной всплеск изобретательства ИСУ начался примерно в 1976 г. с появлением термина «экспертная система» [38, 87]. Можно отождествить понятия «эксперт» и ЛПР. Если сложным объектом управляет не эксперт, то сложному объекту не миновать сложных неприятностей. Например, если больного оперирует не эксперт. Врачевание — это тоже форма управления сложным объектом.

Сторонники экспертных систем полагают, что АСУ можно преобразовать в автомат, если заменить ЛПР машинной экспертной системой. К сожалению, это — заблуждение. Участие ЛПР в управлении сложным объектом полезно не потому, что эксперт владеет вербализуемыми, т. е. осознаваемыми, знаниями, а потому, что он владеет невербализуемыми знаниями подсознания, которые используют неалгоритмизированные операции «ага». Вербализации знаний эксперта можно записать в машинную базу данных, но это не превратит ее в экспертную систему. Предлагаемые в литературе процедуры проектирования экспертных систем не отличаются от описанной в разделе 12.3 процедуры создания машинной модели управляемого объекта. Специфика состоит только в применении вычурных искусственных языков, тексты которых, по ошибочному мнению авторов, являются знаниями экспертов.

Появление нового термина не сопровождалось появлением новых идей. Эксплуатировалась старая и ложная идея о том, что текст на машинном носителе содержит знания эксперта, которыми может воспользоваться всякий, имеющий доступ к этому носителю текста.

Польза экспертов для создания машинных моделей управляемых объектов несомненна. Но как найти эксперта? Как извлечь из эксперта экспертные знания?

По каждой проблеме существует много экспертов с различающимися мнениями. Среди математиков существуют различные толкования одного и того же логического закона исключения третьего [44]. Различны толкования одной и той же библии верую-

щими. Чтобы обнаружить эксперта, нужен эксперт по экспертам. Более надежного способа не существует, но и этот способ иногда не помогает. Атомный реактор в Чернобыле взорвали эксперты. Допустили этих экспертов к реактору эксперты. Право решать, кого допускать к реактору, а кого не допускать, предоставили этим экспертам эксперты и т. д. Многие решения иерархии экспертов способствовали взрыву реактора.

Человек становится экспертом в некоторой области только в результате практической работы. Практика, вероятно, необходима для развития интуиции и приобретения неосознаваемых навыков. Сомнительна гипотеза, высказанная Г. С. Поспеловым и Д. А. Поспеловым в докладе на тему «Влияние методов теории искусственного интеллекта на решение традиционных задач управления»:

«Первая гипотеза состоит в том, что все, что необходимо знать для управления, может быть выражено в виде совокупности текстов на обычном естественном языке. Другими словами, все сведения об объекте управления, целях его существования, критериях управления и множестве всевозможных решений по управлению могут быть сообщены управляющей системе в виде последовательности фраз на естественном языке» [33, с.13].

Жизнь показывает, что текстами нельзя обучить человека управлять даже велосипедом, не то что финансовым банком или энергосистемой. Нельзя только по учебникам научить человека управлять компьютером с помощью программ. Для овладения искусством программирования необходима практическая работа с компьютером. Вопреки высказанной гипотезе профессора в университетах не ограничиваются чтением лекций студентам, а включают в учебные планы практические и лабораторные занятия. Знания, а точнее интуиция, необходимая человеку для управления любым объектом и превращающая его в эксперта, приобретаются опытом и остаются, к сожалению, на подсознательном уровне. Только частично знания проникают в область сознания и могут быть вербализованы. Таким образом, первая гипотеза Г. С. Поспе-

лова и Д. А. Поспелова допустима только для систем управления простыми объектами.

«Мне вспоминается следующий случай, свидетелем которого я был. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) распространила в ряде стран истории болезни нескольких больных из скандинавских стран. И попросила ведущих психиатров различных стран дать заочный диагноз заболевания на основании историй болезни. В СССР последние были размножены и разосланы значительному числу специалистов. Через некоторое время они собрались все вместе в Москве для обсуждения своих диагнозов. Была составлена и вывешена для всеобщего обозрения сводная таблица, в которой для всех больных были указаны диагнозы. Это была удивительная таблица! Почти для каждого случая имелся разброс диагноза от “практически здоров” до “заболевание X в самой тяжелой форме”. Авторы диагноза выходили на трибуну и обосновывали свою точку зрения. Самым интересным было то, что, привлекая одни и те же данные из истории болезни, они приходили к почти противоположным выводам. Например, из того, что больной отказался входить в контакт с близкими и врачом, в одном случае следовал вывод о стремлении к изоляции, неконтактности, а в другом — о вполне адекватной данной ситуации форме поведения. Споры фактически прекратились после выступления одной очень уважаемой пожилой специалистки в области психиатрии. Она сказала буквально следующее: “Коллеги, о чем мы спорим? Ведь мы все знаем, что как только к нам на прием придет пациент, мы в первую же секунду определим — болен он или нет. Только мы не можем сказать, как это у нас получается”. И все согласились с выступавшей» [86, с. 16].

Вербализациями осознанных экспертами знаний модифицируют и расширяют нелогические аксиомы машинных моделей управляемых объектов. Но такое их использование, несмотря на расширение границ класса автоматически разрешимых проблем, не устраняет неполноту формальной машинной модели. Это подтверждают многочисленные публикации с описаниями «экспертных систем».

Авторы в работе [125] привели два примера экспертных систем для демонстрации применения ЯПЗ программного комплекса CLIPS. Экспертная система Auto Expert [125, с. 267] предназначена для диагностики неисправностей двигателя автомобиля и выдачи

рекомендаций пользователям по устранению неисправностей. Экспертная система CIOS (Circuit Input / Output Simplification) [125, с. 398] предназначена для упрощения истинностных таблиц логических схем. Несложный анализ показывает, что математической моделью системы Auto Expert является автомат с конечной памятью, поскольку учитывается только конечное число неисправностей двигателя, а системы CIOS — автомат с магазинной памятью, поскольку таблицы могут иметь сколь угодно большой объем. Конструкция каждого автомата, программная или аппаратная на любой логической базе, является вербализацией только и только осмысленных знаний эксперта. Не только никаких экспертных свойств, но и знаний ни тот ни другой автомат не имеют. Этот результат не удивителен, если помнить тезис Черча:

«... всякая эффективно вычислимая функция является вычислимой по Тьюрингу» [49, с. 175].

«Эффективно вычислимая» означает «вычислимая без интуиции вычислителя», т. е. «механически». Следствием этого тезиса является то, что каждый ЯПЗ распознается либо конечным автоматом, либо автоматом с магазинной памятью, либо машиной Тьюринга, либо не распознается никакой машиной [42].

Таким образом, экспертная система — это всегда формальная машинная модель предметной области, точнее ее метафизической окаменелости.

13.4. Эвристическое программирование

Термин «эвристика» используют либо для именованной науки, предметом изучения которой являются таинственные и не алгоритмизированные до сих пор операции «ага», либо для именованного продукта операции «ага». Для объективного изучения операций «ага» нужен, как минимум, доступ к их продуктам, для чего, во-первых, продукты операций «ага» должны допускать интроспекцию и, во-вторых, результаты интроспекции должны допускать вербализацию в тексты разговорного языка автора операции «ага».

Нет никаких оснований полагать, что продукт любой операции «ага» удовлетворяет указанным условиям. Нет никаких оснований полагать, что мозжечок, без участия сознания точно и своевременно выполняющий управление сложнейшими действиями организма, не использует операции «ага».

Если оставаться в пределах тематики «эвристического программирования», то следует принять

Определение 19:

Эвристика — это формальное правило преобразования синтаксически корректных выражений некоторой формальной теории, для которого неизвестно доказательство.

Иначе, эвристика — это рецепт, но не процесс изобретения рецепта. А рецепт — это текст на некотором фиксированном языке, который не содержит никаких признаков процесса изобретения рецепта. Однако, рецепт способен возбуждать в компетентном мозгу мысли, а мысли возбуждать действия, которые иногда могут приводить к удаче, но без какой-либо гарантии.

Следует заметить, что определению 19 удовлетворяют аксиомы и правила вывода любой формальной теории, поскольку они не имеют никаких оснований, кроме операций «ага» авторов теории. Этот факт познания Природы отмечен уже Р. Декартом, который еще не знал термина «эвристика» и пользовался термином «интуиция». Н. И. Кондаков привел его высказывание по этому поводу:

«Под интуицией я разумею не веру в шаткое свидетельство чувств и не обманчивое суждение беспорядочного воображения, но понятие ясного и внимательного ума, настолько простое и отчетливое, что оно не оставляет никакого сомнения в том, что мы мыслим, или, что одно и то же, прочное понятие ясного и внимательного ума, порождаемое лишь естественным светом разума и благодаря своей простоте более достоверное, чем сама дедукция ...» [50, с. 209].

Сегодня известно, что «естественный свет разума» детерминируется не только опытом мыслителя, приобретенным в онтогене-

зе, но и опытом его вида, приобретенным в филогенезе. Иногда «естественному свету разума», т. е. операциям «ага» ЕИ, удается перевести эвристику в теорему, обнаружив доказательство эвристики. Применение эвристики для решения какой-либо проблемы, которая всегда формулируется в некоторой формальной теории, является расширением системы нелогических аксиом или правил вывода теории. Такое расширение опасно превращением непротиворечивой теории в противоречивую.

Польза ЛПР в составе АСУ сложным объектом определяется его эвристическими способностями, т. е. его операциями «ага», а не его вербализуемыми знаниями. Некоторые изобретатели пытаются преодолеть ограничение алгоритмической сложности и неполноты формальной машинной модели объекта применением «эвристических программ» вместо ЛПР.

Термин «эвристика» вошел в обиход, когда продукты операций «ага» стали применять для сокращения затрат времени и пространства при поиске решений комбинаторных задач, вроде составления осмысленной картинки из набора кубиков.

«Оказывается, почти любую практически интересную задачу можно свести к задаче поиска пути, имеющую такую формулировку:

Пусть даны исходное состояние A , целевое состояние Z и операторы перехода из одного состояния в другое. Тогда задача состоит в поиске пути из A в Z » [47, с. 87].

Задача поиска пути в пространстве состояний — переборная задача, имеющая всегда разрешающий алгоритм экспоненциальной сложности в конечном пространстве. Но задача не сводится только к поиску пути. Она требует изобретения пространства, удобного для изображения пути, и изобретения алгоритма, сложности меньше экспоненциальной. Эти добавки к практическим задачам не разрешимы без участия операций «ага» ЕИ.

Эвристика может помочь, если дает возможность перебор заменить направленным поиском. Но для организации такого поиска в пространстве состояний необходимо определять топологию или расстояние между точками. Формальная теория для этого беспо-

лезна. Иногда анализ физической природы управляемого объекта подсказывает экспертам естественную топологию. Но часто эксперты вынуждены топологию придумывать, руководствуясь своими операциями «ага», которые обычно подсказывают привычную метрику евклидова пространства. В таких случаях успех применения эвристики зависит от удачной выдумки.

Для практических комбинаторных задач пространство дискретно, обычно большой мощности, но конечно. Дискретность исключает возможность пользоваться понятием производной, что заставляет обращаться к эвристикам. Такова, например, задача составления расписания работы технологической линии на машиностроительном производстве: требуется за минимальное время осуществить обработку партии из m деталей, каждая из которых должна последовательно пройти обработку на каждом из n станков, образующих технологическую линию. Множество решений задачи конечно, но при больших m и n перебирать их нереально, поэтому ограничиваются поиском решений эвристическим методом, получившим наименование метода «ветвей и границ». Этот метод часто выдает хорошее приближение к минимуму [76, с. 401]. Примеры применения эвристик к доказательству теорем содержатся в работах [7, 47, 71, 126].

Оставляя в стороне все проблемы, касающиеся эвристик, обратим внимание только на применение эвристик в программах. Компьютер не наделен способностью выполнять или моделировать операцию «ага». Отсюда следует, что не существует ни алгоритмов, ни компьютерных программ с эвристическими способностями, т. е. с моделями операций «ага».

Как технология программирования зависит от наличия или отсутствия дедуктивных доказательств программируемых правил? Различны ли технологии программирования вычислений по методу «ветвей и границ» и вычислений по теореме Пифагора? Ответ каждого программиста однозначен: никакой разницы!

Если n и $m \geq 2$ — натуральные числа, то вычисление выражения $n + 1$ основано на эвристике, принятой в качестве аксиомы в

формальной арифметике, а вычисление выражения $n + m$ — на основании теоремы. Но вряд ли программисты обращают внимание на это различие.

«Эвристическое программирование» — это не более чем досадное заблуждение, поскольку ни компьютер, ни его программу нельзя наделить эвристикой, т. е. операцией «ага». Однако следует иметь в виду, что без эвристик, т. е. операций «ага» программиста, невозможно составить ни одной, даже самой простой, программы. Программист может в совершенстве знать синтаксис и назначение каждой машинной команды. Но этих знаний ему недостаточно. Составление программы — это творчество, т. е. поиск упорядоченного множества операций «ага». Для успеха программисту необходимо осознать смысл задачи для того, чтобы догадаться об алгоритме ее решения, а затем догадаться, как расположить машинные команды для реализации этого алгоритма. Не существует алгоритма для вычисления ответов на эти вопросы. Даже самая простая компьютерная программа является результатом эвристической деятельности программиста. С этой точки зрения, каждая компьютерная программа является эвристической программой.

Вместо заключения.

Рано выносить окончательное заключение о перспективах машинного моделирования ЕИ. Для приближения к такому заклю-

чению необходимо раскрыть содержание «черного ящика» бессознательных интуитивных операций «ага». Манипулирование формальными теориями для этого бесполезно, хотя и может привести к открытию удивительных комбинаторных алгоритмов. Кое-что уже известно о свойствах этого ящика из опубликованных воспоминаний о собственном творчестве математиков, физиков, писателей и поэтов [2, 75, 81, 92]. Но для машинного моделирования ЕИ необходимы ясные и обоснованные гипотезы о механизмах причинно-следственных связей между входами и выходами таинственного ящика.

Непосредственные наблюдения за мышлением пока невозможны, поэтому приходится довольствоваться окольными путями. Предыдущие рассуждения подсказывают для сегодняшнего уровня знаний два источника идей для заполнения черного ящика интуиции: законы эволюции материи и законы биофизики.

Если мысль — это материальная система, то ее движение происходит, как и любой другой материальной системы, в направлении деградации и эволюции. Познание Природы — это эволюция и знания-системы и знания-элемента [85]. Эту гипотезу полезно сопровождать гипотезой о фрактальности процессов управления на всех уровнях движения материи: в филогенезе, онтогенезе, поведении индивидуумов и обществ. Законы эволюции знания-элемента — это частный случай проявления общих законов эволюции материи. Восхождение от общего к частному могло бы пролить некоторый свет на содержимое « черного ящика» операций «ага».

С другой стороны, биофизика ферментативных реакций может оказаться полезной для заполнения «черного ящика». Е. А. Либман выдвинул гипотезу о том, что поведением живой клетки управляет молекулярная вычислительная машина (МВМ) [56, 57]. Правдоподобие этой гипотезы основано на том, что белковые ферменты в клетке реализуют операции, аналогичные продукциям алгоритмической системы Э. Л. Поста [43, 64]. Операндами в продукциях клетки являются молекулы ДНК и РНК, а операциями — молекулы белковых ферментов. Таким образом, теоретически,

МВМ может выполнять любые компьютерные программы, было бы достаточно памяти, т. е. объема клетки. Но филогенез нашел более эффективные формы использования информации, чем вычисления. Тем не менее, вычислениями клетки пользуются. Известно, например, что геном ведет счет числа делений клеток при эмбриогенезе [66].

Появление догадок в различных процессах творчества говорит о том, что арсенал средств обработки информации у МВМ более мощный, чем у компьютеров. Возможно, это расширение обусловлено тем, что внутриклеточная обработка информации, в частности, операции сравнения, используют не только взаимодействия электрических зарядов, но и какие-то дополнительные отношения химической природы. Если это не так, то, как полагает Р. Пенроуз [75], придется обращаться к физическим процессам на стыке микромира и макромира.

Общим и замечательным свойством компьютеров и молекулярных вычислительных машин является то, что в языках этих систем нет различия между данными и программами. Это дает возможность создавать эволюционирующие программы.

Содержимое «черного ящика» интуиции могли бы существенно пополнить знания, добытые при попытках найти опровержения гипотез Е. А. Либермана, например, двух следующих:

«3. Молекулярные вычислительные машины нейронов участвуют в работе мозга. Мозг организован из “мыслящих существ”, обменивающихся сигналами (нервные импульсы) и книгами (молекулы-слова). Сознание локализовано в данное время в одной нервной клетке или в клетках, связанных “тесным контактом”, в котором разрешен обмен молекулами-словами.

4. Феномен человека состоит в том, что нейроны способны превращать слова обычного языка людей в слова-молекулы РНК или даже ДНК» [56].

Естественная эволюция знания Природы осуществляется путем выдвижения гипотез и последующим поиском их опровержений.

Приложения

Приложение А. Несколько страниц науки о мозге

Текст, приведенный далее, взят из книги известного нейропсихолога А. Р. Лурия [59]. В этой книге приведена история борьбы за восстановление функций мозга после ранения.

«Выписка из истории болезни № 3712

“Младший лейтенант Засецкий, 23 лет, получил 2 марта 1943 года пулевое проникающее ранение черепа левой теменно-затылочной области. Ранение сопровождалось длительной потерей сознания и, несмотря на своевременную обработку раны в условиях полевого госпиталя, осложнилось воспалительным процессом, вызвавшим слипчивый процесс в оболочках мозга и выраженные изменения в окружающих тканях мозгового вещества”»[59, с.19].

В работе [59, с. 21 — 29] представляет интерес следующее краткое и содержательное отступление А. Р. Лурия в науку о мозге.

«Мозг вынут из черепа и положен на стеклянный столик.

Перед нами серая масса, вся изрезанная глубокими бороздами и выпуклыми извилинами. Она разделяется на два полушария — левое и правое, соединенных плотной мозолистой связкой. Снаружи это вещество равномерно серого цвета; это кора больших полушарий; ее толщина едва достигает 4 – 5 миллиметров; она состоит из огромного числа нервных клеток, которые и являются материальной основой всех сложнейших психических процессов. Кора наружных отделов по своему происхождению более молодая, кора обращенных внутрь отделов полушарий – более старая. Под тонким слоем коры — белое вещество, которое состоит из огромного числа плотно прилегающих друг к другу волокон, которые связывают отдельные части мозговой коры друг с другом, доводят до коры возбуждения, возникающие на периферии, и направляют на периферию программы действий, сформированных в коре. А еще глубже — снова участки серого вещества — подкорковые ядра мозга — самые древние и самые глубокие аппараты, в которых останавливаются возбуждения, идущие с периферии, и в которых они получают первоначальную обработку.

Как однородно и скучно выглядит мозг — этот высший продукт эволюции, этот орган, который получает, перерабатывает и хранит информацию, орган, который создает программы деятельности и регулирует их выполнение.

Совсем недавно мы еще очень мало знали о нем, о его строении и его функциональной организации, и учебники были заполнены смутными предположениями, среди которых выделялись только островки четкого знания, и фантастическими домыслами, которые делали карты мозга мало отличающимися от средневековых географических карт мира.

Сейчас, благодаря работам выдающихся ученых многих стран мира мы знаем о человеческом мозге гораздо больше, и хотя наши представления о нем находятся еще на самых первых ступеньках подлинной науки, они уже далеки от тех неясных догадок и непроверенных домыслов, которыми ограничивались знания наших дедов.

Именно эти данные и позволят нам ближе разобраться в том, что же вызвало ранение у нашего героя.

Можно с уверенностью утверждать, что впечатление об однородности и такой невыразительности серой массы, которое мы получаем при первом рассмотрении мозга, явно расходится с той невероятной сложностью и расчлененностью, которой в действительности обладает этот орган. Серое вещество — его главная часть не только состоит из необычайного числа нервных клеток, основных единиц мозговой деятельности (одни ученые исчисляют их количество числом 14 миллиардов, другие называют еще более высокие цифры). Основное заключается в том, что эти нервные элементы распределены в строго организованном порядке, и отдельные области, или “блоки”, мозга несут строго определенные и коренным образом отличающиеся друг от друга функции.

Сознательно идя на некоторое, но вполне допустимое при рассмотрении этих сложных вопросов упрощение, мы имеем все основания выделить в головном мозге человека три важнейших составных части — три основных блока этого удивительного аппарата.

Первый из них мы можем назвать “энергетическим блоком”, или «блоком тонуса». Он расположен в глубине мозга, в пределах верхних отделов мозгового ствола и тех образований серого вещества, которые составляют древнейшую основу его жизнедеятельности.

Часть из этих образований трудно полностью отнести к нервной ткани: это полунервная, полусекреторная ткань. Этот участок мозга входит в состав особой части — гипоталамуса и регулирует сложнейшие процессы химического обмена веществ в организме. Усвоение химических веществ, жировой обмен, рост, деятельность желез внутренней секреции — все это регулируется скоплениями серого вещества этой части мозга.

Другая часть этого блока, расположенная в пределах глубоких серых образований, которую древние называли “зрительным бугром” (и которая на самом деле имеет лишь отдаленное отношение к зрению), является первой станцией для того потока информации, которая приходит от наших органов чувств и направляется к мозгу.

Процессы, происходящие в сети нервных клеток этого блока, создают потоки возбуждения, которые возникают от процессов обмена внутри организма и от раздражения наших органов чувств и которые затем на-

правляются к мозговой коре, придавая ей нормальный тонус, обеспечивая ее бодрствование. Если приток этих импульсов исчезает, тонус коры снижается, человек впадает в полусонное состояние, затем — в сон. Это — аппарат, обеспечивающий “питание” мозга, как источник энергии обеспечивает “питание” электронных приборов.

Этот блок остался сохранным у нашего больного, и поэтому его бодрственное сознание и общая активность остались у него ненарушенными.

Второй основной блок головного мозга расположен в задних отделах больших полушарий и несет очень важную функцию. Часть именно этого блока была разрушена ранением у нашего больного, мы должны остановиться на нем подробнее.

Этот блок не связан с обеспечением бодрствования коры. Это — дело первого блока, который мы только что описали. Его основная роль заключается в том, что он является блоком приема, переработки и хранения информации, доходящей до человека из внешнего мира.

Человек получает бесчисленное множество сигналов из окружающего его мира; его глаз воспринимает тысячи предметов — знакомых и незнакомых. Их отражение вызывает возбуждения в сетчатке нашего глаза и по тончайшим нервным волокнам доходит до затылочных отделов коры головного мозга — зрительной области мозговой коры. Здесь зрительный образ разлагается на миллионы составляющих его признаков: в коре затылочной области есть нервные клетки, специализировавшиеся на восприятии тончайших оттенков цвета, реагирующие только на плавные, округлые или только на угловатые линии; только на движения от краев к центру или от центра к краям. Это — “первичная зрительная кора” — истинно удивительная лаборатория, дробящая образы внешнего мира на миллионы составляющих частей. Эта часть коры, расположенная в самых задних участках затылочной области, тоже осталась у нашего героя сохранившейся.

К ней примыкает другая часть затылочной области — специалисты называют ее “вторичной зрительной корой”. Вся толща этой коры состоит из мелких нервных клеток с короткими отростками, они похожи на маленькие звездочки и получили название “звездчатых клеток”. Они расположены в верхних слоях мозговой коры; к ним доходят возбуждения, возникшие в клетках “первичной зрительной коры”, и они объединяют их в целые сложные комплексы, в динамические узоры: отдельные дробные признаки они превращают в целые сложные структуры.

Прикоснемся острием, заряженным электрическим током, к “первичной” зрительной коре (это легко можно сделать во время операций на го-

ловном мозгу и это совершенно безболезненно), и у человека перед глазами возникнут рассыпанные светящиеся точки, светящиеся шары, языки пламени.

Прикоснемся этим острием к какому-нибудь месту “вторичной” зрительной коры, и человек увидит какие-то сложные узоры, иногда целые предметы: вот перед ним склоняются деревья, вот прыгает белка, вот идет друг и делает ему знак рукой.

Электрическое раздражение этих “вторичных” отделов зрительной коры оказалось способным вызвать из памяти прошлого образы предметов, наглядные воспоминания. Это — аппарат, перерабатывающий и хранящий информацию, и мы должны быть благодарны ученым из разных стран — Ферстеру из Германии, Петцлю из Австрии, Пенфилду из Канады — за то, что они открыли нам новый и такой захватывающий мир работы мозга.

Зато какие тяжелые последствия вызывает ранение этих отделов коры!

Ранение, разрушающее “первичную” зрительную кору одного полушария или пучки нервных волокон, которые идут к этой коре, неся зрительные возбуждения (они распространяются изящной петлей внутри мозгового вещества и получили красивое название “зрительного сияния”), приводит к тому, что часть того поля, которое видит глаз, стирается, становится невидимой; разрушение “первичной” зрительной коры или ее волокон левого полушария вызывает выпадение правой половины зрительного поля, а разрушение этой же части коры правого полушария — выпадение левой половины зрения. Врачи называют такое явление служебным и неудобным термином “гемианопсия” (половинное выпадение зрения).

Еще более причудливая картина возникает при разрушении “вторичной” зрительной коры.

Человек, у которого осколок снаряда или пуля попали в передние отделы затылочной области, а они-то и являются частями “вторичной” зрительной коры, продолжает видеть предметы с такой же четкостью, с какой он видел их раньше. Но его маленькие «звездчатые» клетки, синтезирующие отдельные, дробные зрительные признаки в целые системы, перестают работать, и его зрение претерпевает удивительную метаморфозу: он по-прежнему хорошо видит отдельные части, но не может синтезировать их в целые образы предметов и принужден догадываться о значении отдельных воспринимаемых им предметов так же, как ученый, разбирающий древнюю ассирийскую клинопись, догадывается о значении отдельных значков. На картине, которая показывается такому больному,

изображаются очки. Что это такое? ...Кружок ...еще кружок ... переключатель ... и какая-то палка ... и еще палка Наверное, велосипед?! ... Нет, такой больной не может воспринимать предметы, хотя продолжает видеть отдельные признаки. У него появилось сложное расстройство, которое врачи обозначили латино-греческим словом “оптическая агнозия” (распад зрительного познания).

Но путь мозговой организации познания мира еще не закончен.

Ведь мы не просто воспринимаем отдельные предметы; мы воспринимаем целые ситуации; мы воспринимаем предметы в их сложных связях, соотношениях; мы размещаем их в пространстве: тетрадь лежит на столе справа, чернильница стоит слева; чтобы пройти по коридору в свою комнату, надо свернуть сначала налево, потом направо. Вещи размещены в целой системе пространственных координат, и мы сразу же схватываем их пространственное расположение.

Насколько восприятие целых ситуаций и пространственного размещения вещей сложнее, чем простое зрительное восприятие фигуры или даже предмета!

В нем участвует не только глаз, в нем принимает участие и наш двигательный опыт: тетрадь можно взять правой рукой, к чернильнице надо потянуться левой; в нем принимает участие и особый орган, скрытый в глубине нашего уха, — “вестибулярный” аппарат, обеспечивающий чувство равновесия, так необходимое для оценки трехмерного пространства: оно осуществляется при ближайшем участии движений глаз, которые промеряют расстояние от одного предмета до другого и прослеживают их соотношения переводом взгляда ... Только организованная совместная работа этих разных систем может обеспечить перекодирование отдельных последовательных впечатлений в целую, одновременно (или как предпочитают говорить ученые “симультанно”) организованную систему.

Естественно, что такое “симультанное”, пространственное восприятие требует участия новых, еще более сложных отделов мозговой коры.

Такие отделы существуют. Они расположены на границе затылочной, теменной и височной области и составляют аппарат той “третичной” познавательной (теперь мы уже можем сказать — гностической) коры, в которой объединяется работа зрительных (затылочных), осязательно-двигательных (теменных) и слуховестибулярных (височных) отделов мозга. Эти отделы — самые сложные образования второго блока человеческого мозга. В истории эволюции они возникли позднее всего и мощно разрослись только у человека. Они еще совсем не готовы к действию у только что родившегося ребенка и созревают только к четырем-семи годам. Они очень ранимы, и небольшие нарушения легко выводят их из

строю. Они полностью состоят из сложнейших “ассоциативных” клеток, и многие ученые называют их “зонами перекрытия” зрительных, осязательно-двигательных и слуховестибулярных отделов мозга ...

Именно эти “третичные” отделы коры и разрушил осколок у нашего героя.

Что меняется, когда части этого отдела коры разрушаются осколком или пулей, кровоизлиянием или опухолью?

Зрение человека может оставаться относительно сохраненным; только если осколок прошел через волокна “зрительного сияния”, разрушив часть из них, в зрении появляются пустоты, слепые пятна, выпадает целая часть (иногда половина) зрительного поля. Человек продолжает воспринимать отдельные предметы (ведь “вторичные” отделы зрительной коры остались сохраненными). Он может и воспринимать предметы наощупь, слышать звуки, воспринимать речь...

И все же что-то очень важное оказывается у него глубоко нарушенным: он не может сразу объединить впечатления в единое целое, он начинает жить в раздробленном мире.

Он ощущает свое тело: рука, еще рука, нога, еще нога ... Но которая рука — правая? ... а где левая? Нет, он не может сразу разобрать это. Для этого нужно разместить руки в системе пространственных координат, отличить правую сторону от левой. Он начинает застилать кровать, но как положить одеяло — вдоль или поперек? И как одеть халат: какой рукав правый, а какой левый? И как понять, какое время показывают стрелки на часах? Ведь “3” и “9” размещены в совершенно одинаковых точках, только одна — слева, а другая справа. А как определить “правое” и “левое”? Нет, каждый шаг в этом мире начинает становиться таким сложным.

Но и на этом не заканчиваются трудности, которые начинает испытывать человек, попавший в этот “раздробленный мир”.

“Третичные” области теменно-затылочной височной коры левого полушария имеют ближайшее отношение к организации еще одной, на этот раз важнейшей, психической деятельности — речи.

Еще больше ста лет назад французский анатом Поль Брока открыл, что поражение задних отделов нижней лобной извилины левого полушария вызывает у человека распад “моторных образов слова” и лишает его возможности говорить, а через несколько лет после него немецкий психиатр К. Вернике обнаружил, что поражение задних отделов верхней височной области того же левого полушария (у правши) лишает его возможности различать звуки речи и понимать обращенную к нему речь.

Человек работает правой рукой; он пишет ей, она играет у него основную, ведущую роль. Но ей управляет противоположное — левое полушарие; и оно-то вместе с этим обеспечивает самую сложную из всех деятельностей, которыми располагает человек, — речь.

Но ведь речь участвует не только в разговоре — передаче сведений одного человека другому. Она необходимо участвует и во всех сознательных процессах самого человека. Мы называем воспринимаемые нами предметы словом; словом мы обозначаем направления и расположения: “справа”, “слева”, “сзади”, “спереди”, “под”, “над”; грамматическими сочетаниями слов мы выражаем любые соотношения, любые мысли; с помощью речи — пусть произносимой про себя, пусть сокращенной — мы обозначаем числа, производим вычисления: сложение, вычитание, деление; с помощью речи мы проникаем вглубь воспринимаемого мира, выделяем существенное, отвлекаемся от несущественного, обобщаем отдельные впечатления в целые категории, мыслим ...

Нет, речь служит не только для общения людей друг с другом, она проникает глубоко в наше восприятие и память, в мышление и поступки; она организует наш внутренний мир, и, может быть, мы говорим (пусть неслышно и свернуто, не с другими, а сами с собой) даже тогда, когда мы молчим.

Не делает ли это совершенно естественным, что разрушение “третичных отделов” коры левого полушария приводит к еще более тяжелым последствиям, чем те, которые мы только что описали?

Человек с такими поражениями начинает жить в раздробленном внутреннем мире: он не может вовремя найти нужного слова, оказывается не в состоянии выразить в словах свою мысль; начинает испытывать мучительные трудности, пытаясь понять сложные грамматические отношения; не может считать; все, чему он научился в школе, вся система его прежних знаний распадается на отдельные, не связанные друг с другом куски.

Его мир, казалось бы, остается тем же самым, но как глубоко он изменился. В какие трагические лабиринты попадает этот человек, начинающий жить в таком раздробленном мире. Какие страшные последствия вызывает это небольшое ранение мозга.

Казалось бы, разрушения хотя бы части этого важнейшего блока человеческого мозга достаточно, чтобы целиком вывести человека из жизни, чтобы лишить его самого важного, что есть в человеческой личности, сделать его беспомощным инвалидом, разбить его настоящее, лишить его будущего.

Однако остается еще и третий основной блок мозга, о котором мы еще ничего не говорили и который остался у нашего героя неповрежденным.

Этот блок расположен в передних отделах мозга и включает в свой состав его лобные доли: он не обеспечивает тонуса коры, не принимает информацию из внешнего мира, не перерабатывает и не хранит ее. Он связан с внешним миром через посредство аппаратов второго блока и может успешно работать только, если первый блок обеспечивает нужный уровень бодрствования коры.

Однако его функция решающе важна: третий блок мозга является мощным аппаратом, позволяющим формировать и сохранять намерения, формулировать программы действий, регулировать их протекание и контролировать их успешное выполнение. Это — блок программирования, регуляции и контроля человеческой деятельности.

Мы не будем рассказывать о нем подробно; в других местах мы специально сделали это. ...

Важно одно: поражение передних отделов мозга, включающих его лобные доли, создает картину, резко отличающуюся от описанной. Человек сохраняет свое восприятие и память; система знаний остается у него не нарушенной, Он продолжает жить в прежнем мире, но какая это жизнь! Он теряет всякую способность создавать прочные намерения и планировать свою деятельность, он не может создавать программы своего поведения и контролировать их выполнение; он может лишь отвечать на сигналы, которые до него доходят, но оказывается не в состоянии превращать их в сложную систему кодов, управляющих его поведением. Он лишается возможности оценивать свои дефекты, переживать их и работать над их исправлением, он не может задуматься над тем, что он будет делать через минуту, час, день. Сохранив свое прошлое, он лишается своего будущего, а вместе с тем теряет то, что собственно делает человека человеком.

Аппараты третьего блока остались полностью сохранные у нашего героя, а вместе с ними осталось сохранным и переживание его дефектов, и стремление преодолеть их, острая потребность снова стать полноценным человеком. И сколько хватит сил мучительно работать над их преодолением».

Приложение Б. Как понимать текст?

Текст, приведенный далее, взят из содержательной и талантливой работы психолингвиста И. Н. Горелова [26, с. 163 — 168].

«Еще до чтения.

Я хотел бы вначале сказать, что, приступая к чтению, мы ведем себя в принципе точно так же, как если бы познакомились с новым человеком, входили в новую комнату или начинали осматривать новый город. С первых секунд (или даже долей секунды) мы начинаем некоторую ориентировку, узнавая, что именно перед нами: город, книга или человек. Сразу же вслед за этим, подсознательно, возникает ряд гипотез (планов), основанных на прежнем опыте. Гипотезы опираются на какие-то внешние сигналы, которые мы сличаем с внутренними образами (для книги — это объем и вообще внешний вид, заголовок и имя автора; для человека — внешность; для города — какие-то признаки (его название, или перспектива первой улицы, или даже вокзальное здание), позволяющие примерно решить, каким он может быть. ...

Тот, кто регулярно читает газеты, может легко обучиться рациональной методике скорочтения, и на просмотр полосы у него уйдет в 8—10 раз меньше времени, чем у другого, с этой методикой не знакомого. Будучи в курсе событий, постоянный читатель, во-первых, не расшифровывает имен, географических названий и многих других газетных терминов. Во-вторых, он уже имеет свой собственный как-то организованный “банк данных”, опираясь на который, он может развертывать свою антиципационную программу о возможном развитии событий. В-третьих, он может сосредоточиться именно на том материале, который его более других интересует. Но и здесь все понимается (каким бы новым оно ни было) потому, что есть уже готовая типология ситуаций, событий, есть знание сути дела.

... Опорные знания, позволяющие как-то понимать текст, называют *затекстом* или *пресуппозицией*.

Что касается подтекста, то он отличен от затекста тем, что не просто помогает понять сам текст, но еще и намекает на то, что следует отойти от содержания текста в какую-то другую сторону, что-то вспомнить параллельное, аналогичное».

....

«О “Ночном дозоре” Рембрандта.

Теперь давайте прочитаем нижеследующее: «Никто не пройдет мимо "Ночного дозора" Рембрандта. Великий голландец был мастером живой композиции и выразительнейшей светотени. Любителю живописи, привыкшему к подлинности реалистической школы, очень трудно найти нечто ценное в абстракциях Мондриана».

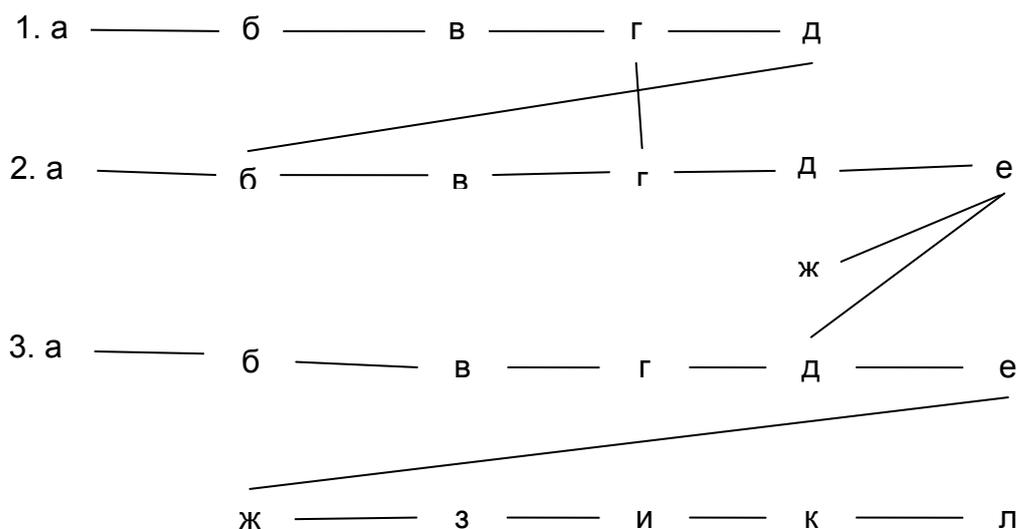
Традиция типографского оформления сама по себе является для читателя своеобразной подсказкой: если текст не членится на абзацы, значит, он задуман автором как связный непосредственно. А теперь прочитаем тот же текст по предложениям, пронумерованным для удобства рассмотрения в дальнейшем. Обозначим литерами значащие единицы текста, что нам понадобится для образования схемы :

1. ^аНикто не ^бпройдет ^вмимо
^г"Ночного дозора"
^дРембрандта.
2. ^аВеликий ^бголландец ^вбыл ^гмастером
^дживой ^екомпозиции ^жи ^звыразительнейшей
^исветотени.
3. ^аЛюбителю ^бживописи, ^впривыкшему ^гк ^дподлинности
^ереалистической ^жшколы, ^зочень ^итрудно
^кнайти ^лнечто ^мценное ^нв ^оабстракциях ^пМондриана.

Обратим внимание, что связь между 1-2-3 никак не обозначена средствами языка: между предложениями нет союзных слов типа *и, поэтому, так как, следовательно* и пр. Если компетентный читатель все же усматривает связь, то только потому, что в его памяти хранятся знания, которые называют *декларативными*, а ряд других специалистов — *энциклопедическими*. В самом деле, слово *Рембрандт* не является единицей какого-либо национального языка вообще, как и *Мондриан*. *Рембрандт* рассматривается в качестве контекстуального синонима к словосочетанию *великий голландец* только таким читателем, который знает, кто такой Рембрандт; в противном случае «великим голландцем» мог бы быть и Рубенс, и Спиноза и др.

Словосочетание «Ночной дозор» как единица языка функционирует, разумеется, и без всяких кавычек, и лишь в кавычках может быть воспринято как название. Однако тот факт, что это название полотна (а не книги или скульптуры, или пьесы, или кинофильма), в самом тексте не разъяснен. Следовательно, связывание единиц *Ночной дозор, Рембрандт, великий голландец, живопись, живая композиция, светотень, реалистиче-*

ская школа, абстракция и Мондриан является процессом, который обеспечивается самим читателем, ресурсами его мышления, его «банка знаний». Н. И. Жинкин писал о «смысловых скважинах», которые заполняются самими читателями (или слушателем) в процессе понимания текста. Думается, что эти скважины (их лучше назвать «лакунами») являются не смысловыми, а текстовыми. Смысловыми же являются структуры и операции, заполняющие эти лакуны вне самого текста, в его психическом отражении. При этом лакуны наблюдаются не только между предложениями текста, но и внутри них, между словами, а также между словами одного предложения и словами другого — минуя лакуны между самими предложениями. В нашем случае схематично эти заполняемые лакуны обозначены в процессе заполнения линиями:



Полное понимание текста невозможно без опоры на зрительные образы, являющиеся дешифратором значений ряда словесных единиц. Эти зрительные образы в нашем случае должны быть различаемы по степени конкретности: образ холста Рембрандта “Ночной дозор” — высшая степень конкретности; образ абстракций Мондриана, поскольку не назван конкретный холст, — уже обобщение; “живая композиция” и “выразительнейшая светотень” — эти обозначения еще менее конкретные, они связывают следы впечат-

лений от многих живописных и графических полотен; “реалистическая школа” — обобщение высокой степени, а “живопись” — еще более высокой. Следовательно, в процессе понимания читатель соотносит единицы текста (своего национального языка) с различными единицами УПК».

Список аббревиатур

- SQL** — Structured Query Language
АБД — Администрация базы данных
АДФ — Аденозиндифосфат
АСУ — Автоматизированная система управления
АТФ — Аденозинтрифосфат
БД — База данных
ВУУ — Верхний уровень управления
ГДФ — Гуанозиндифосфат
ГРО — Граф решений оператора
ГТФ — Гуанозинтрифосфат
ДНК — Дезоксирибонуклеиновая кислота
ЕИ — Естественный интеллект
ЕЯ — Естественный язык
ИИ — Искусственный интеллект
ИПС — Информационно-поисковая система
ИС — Информационная система
ИСУ — Интеллектуальная система управления
ЛПР — Лицо, принимающее решения
МВМ — Молекулярная вычислительная машина
НВК — Невербальный компонент коммуникации
НУУ — Нижний уровень управления
ОУ — Объект управления
ПК-язык — Полинуклеотидный генетический язык
ПП — Прикладная программа
ПП-язык — Полипептидный генетический язык
РНК — Рибонуклеиновая кислота
СИИ — Система искусственного интеллекта

СУБД — Система управления базой данных
СУУ — Средний уровень управления
УПК — Универсальный предметный код
УУ — Устройство управления
ФРЛ — Язык представления фреймов
ЦУП — Центр управления полетами
ЯМД — Язык манипулирования данными
ЯОД — Язык определения данных
ЯПЗ — Язык представления знаний

Библиографический список

- 1) Alkon D. L. Memory Traces in the Brain / Cambridge University Press, 1987. 190 p.
- 2) Адамар Ж. Исследования психологии процессов изобретательства в области математики. М.: Педагогика, 1970.
- 3) Айдинян Р. М. Система понятий и принципов гносеологии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 232 с.
- 4) Анищенко В. С. Знакомство с нелинейной динамикой: Лекции соросовского профессора. / Ин-т компьютер. исслед. Москва; Ижевск: 2002. 144 с.
- 5) Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973.
- 6) Анохин П. К. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.
- 7) Арбиб М. Метафорический мозг. М.: Едиториал УРСС, 2004. 304 с. (Науки об искусственном).
- 8) Ахо А., Хопкрофт Д., Ульман Д. Структуры данных и алгоритмы. М.; СПб.; Киев: Издательский дом "Вильямс", 2000. 384 с.
- 9) Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990. 496 с.
- 10) Бехтерева Н. П. Живой мозг человека, и как его исследуют. <http://www.ioffe.org/lectures/bekhtereva>.
- 11) Библия. Книги священного писания ветхого и нового завета. Свято-Успенская Почаевская Лавра, 2001. 1372 с.

- 12) Об интеллектуальных системах типа ДСМ // Семиотика и информатика / В. Г. Блинова, В. Г. Ивашко, П. В. Скитер, и др. 1990. Вып. 31. С. 41 — 68.
- 13) Богданов А. А. Тектология: Всеобщая организационная наука: В 2 кн. М.: Экономика, 1989. Кн.1. 304 с., Кн. 2. 351 с.
- 14) Большая Советская Энциклопедия. Т. 27. М.: Сов. энцикл., 1977.
- 15) Боулдинг К. Общая теория систем — скелет науки // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 106 – 124.
- 16) Брунер Дж. Психология познания. М.: Прогресс, 1977. 412 с.
- 17) Интеллектуальное управление динамическими системами / С. Н. Васильев, А. К. Жерлов, Е. А. Федосов, Б. Е. Федунов. М.: Физико-математическая литература, 2000. 352 с.
- 18) Веккер Л. М. Восприятие и основы его моделирования. Л.: Изд-во Леннгр. ун-та, 1964. 194 с.
- 19) Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
- 20) Выготский Л.С. Мышление и речь. 5-е изд. М.: “Лабиринт”, 1999. 352 с.
- 21) Галимов Э. М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 256 с.
- 22) Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В. А. Геловани, А. А. Башлыков, В. Б. Бритков, Е. Д. Вязилов. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 304 с.
- 23) Геннис Р. Биомембраны. Молекулярная структура и функции. М.: Мир, 1997. 622 с.

- 24) Гомоюнов К. К. Врачевание знаний. По страницам учебников физики: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 1996. 128 с.
- 25) Гомоюнов К. К. Совершенствование преподавания общенаучных и технических дисциплин. Методологические аспекты анализа и построения учебных текстов. СПб.: Изд-во СПб гос. ун-та, 1993. 250 с.
- 26) Горелов И. Н. Разговор с компьютером. Психологический аспект проблемы. М.: Наука, 1987. 256 с.
- 27) Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М.: Мир, 1982. 416 с.
- 28) Данные в языках программирования / Под ред. В. Н. Агафонов. М.: Мир, 1982. 329 с.
- 29) Дейкстра Э. Дисциплина программирования. М.: Мир, 1978. 276 с.
- 30) Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д. Системы и Руководство (теория систем и руководство). М.: Сов. радио, 1971. 648 с.
- 31) Дубровский Д. И. Психика и мозг. Результаты и перспективы исследования // Мозг и разум. М.: Наука, 1994. 178 с.
- 32) Ерофеев А. А., Поляков А. О. Методологические аспекты построения интеллектуальных систем // Научно-технические ведомости СПб ГТУ. 1998. № 1 (11). С. 89 —98.
- 33) Ерофеев А.А., Поляков А. О. Интеллектуальные системы управления. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 1999. 265 с.
- 34) Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
- 35) Зиновьев А. Очерки комплексной логики. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 560 с.
- 36) Ильин В. Н. Виртуальное. Идеальное. Информация // Свободная мысль — XXI. 2004. № 9.

- 37) Информатика: базовый курс / С. В. Симонович и др. СПб.: Питер, 2001. 640 с.
- 38) Искусственный интеллект: Справочник. / Под ред. Э. В. Попова. М.: Радио и связь, 1990. Кн. 1: Системы общения и экспертные системы. 464 с.
- 39) Искусственный интеллект: Справочник / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Радио и связь, 1990. Кн. 2: Модели и методы. 304 с.
- 40) Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. М.: Мир, 1971. 400 с.
- 41) Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 288 с.
- 42) Карпов Ю.Г. Методы построения трансляторов Учеб. пособие. СПб.: СПб ГТУ, 2001.
- 43) Катленд Н. Вычислимость. Введение в теорию рекурсивных функций. М.: Мир, 1982. 256 с.
- 44) Клини С.К. Введение в метаматематику. М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1957. 526 с.
- 45) Кнорре Д. Г., Мызина С. Д. Биологическая химия. М.: Высш. шк., 2000. 479 с.
- 46) Кнут Д. Искусство программирования. Основные алгоритмы. Т.1. М.: Мир, 1978. 736 с.
- 47) Ковальски Р. Логика в решении проблем. М.: Наука, 1990. 280 с.
- 48) Колесников А. В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2001 711 с.
- 49) Колмогоров А. Н., Драгалин А. Г. Введение в математическую логику. М.: Эдиториал УРСС, 2005. 240 с.

- 50) Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1975. 720 с.
- 51) Краткий философский словарь. М.: Политиздат, 1954.
- 52) Кричевский И. Р. Понятия и основы термодинамики. М.: Химия, 1970. 440 с.
- 53) Кругликов Р. И. Творчество и память // Интуиция, логика, творчество. М. 1987.
- 54) Ленин В. И. Философские тетради. М.: Госполитиздат, 1947.
- 55) Леонтьев Д. А. Психология смысла. М.: Смысл, 1999. 487 с.
- 56) Либерман Е. А. Молекулярная вычислительная машина клетки // Биофизика. 1972. Т. 17, вып. 5. С. 932 – 943.
- 57) Либерман Е. А. Молекулярная вычислительная машина клетки. О механизме перекодирования сигналов, поступающих на синапсы, в коды МВМ // Биофизика. 1974. Т. 19, вып. 2. С. 361 —362.
- 58) Ломов Б. Ф. Память и антиципация // Исследование памяти. М.: Наука, 1990. С. 45 – 53.
- 59) Лурия А. Р. Потерянный и возвращенный мир. (История одного ранения). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. 126 с.
- 60) Максвелл Д. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М.: Гослинтеоретиздат, 1952. 687 с.
- 61) Максвелл Д. К., Вышнеградский И. А., Стодола А. Теория автоматического регулирования. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 430 с.
- 62) Мейер Д. Теория реляционных баз данных. М.: Мир, 1987. 608 с.
- 63) Мельчук И. А. Опыт теории лингвистических моделей «Смысл — Текст». М.: Наука, 1974.

- 64) Минский М. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. 151 с.
- 65) Минский М. Вычисления и автоматы. М.: Мир, 1971. 364 с.
- 66) Мозг. М.: Мир, 1986.
- 67) Морозов А. Д. Введение в теорию фракталов / Ин-т компьютер. исслед. Москва ; Ижевск, 2002. 160 с.
- 68) Мухин Л. М. Мир астрономии. М.: Мол. гвардия, 1927. 207 с.
- 69) Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
- 70) Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М.: Едиториал УРСС, 2003. 344 с.
- 71) Ньюэлл А., Шоу Дж., Саймон Г. Разновидность интеллектуального обучения «Вычислителя для решения задач общего типа» // Самоорганизующиеся системы. М.: Мир, 1964. С. 211 — 261.
- 72) Оленев С. Н., Оленев А. С. НЕЙРОБИОЛОГИЯ — 95: Учебно-методическо-справочное издание. СПб.: Изд-во СПбГПМА, 1995. 247 с.
- 73) От редакции // Сб. “Семиотика и информатика”. Вып. 8. М., 1977.
- 74) Павлов И. П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга // Полн. собр. тр. Т. 4. М.: Изд-во АН СССР, 1947.
- 75) Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 384 с.
- 76) Первозванский А. А. Математические модели в управлении производством. М.: Наука, 1975. 616 с.
- 77) Першиков В. И., Савинков В. М. Толковый словарь по информатике. М.: Финансы и статистика, 1991. с. 536.

- 78) Пиаже Ж., Инельдес. Генезис элементарных логических структур. Классификации и сериации. М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1963. 448 с.
- 79) Платонов К.К. Система психологии и теория отражения. М.: Наука, 1982,. 309 с.
- 80) Подниекс К. М. Платонизм, интуиция и природа математики // Семиотика и информатика. 1990. Вып. 31. С. 150 — 181.
- 81) Пойа Д. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. М.: Наука, 1970. 452 с.
- 82) Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М.: Наука, 1975. 463 с.
- 83) Понтрягин Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М: Наука, 1970. 332 с.
- 84) Попов Э. В. Общение с ЭВМ на естественном языке. М.: Наука, 1982. 360 с.
- 85) Поппер К. Р. Объективное знание. Эволюционный подход. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 384 с.
- 86) Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.
- 87) Поспелов Д. А. Предисловие к книге: Экспертные системы: состояние и перспективы. М.: Наука, 1989.
- 88) Прибрам К. Язык мозга: Эксперименты, парадоксы, принципы нейропсихологии. М.: Прогресс, 1975. 464 с.
- 89) Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Москва;Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 208 с.
- 90) Психологический словарь / Под ред. В.В. Давыдова. М. 1983. 136 с.

- 91) Психология. Учебник. / Под ред. д-ра психолог. наук, проф., засл. деятеля науки РФ А. А. Крылова. М.: ПБОЮЛ, 2001. 584 с.
- 92) Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1990. 736 с.
- 93) Рассел Б. История западной философии. Ростов н/Д: «Феникс», 2002. 992 с.
- 94) Рассел Б. Исследование значения и истины. М.: Идея-Пресс, Дом интеллектуальной книги, 1999. 400 с.
- 95) Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1957. 556 с.
- 96) Ратнер В. А. Молекулярно-генетические системы управления. М.: Наука, 1975. 286 с.
- 97) Редько В. Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект. М.: КомКнига. 2005. 224 с.
- 98) Розенталь М. М. Принципы диалектической логики. М.: Соц-экгиз, 1960. 478 с.
- 99) Рок И. Введение в зрительное восприятие. Кн. 1, 2. М.: Педагогика, 1980.
- 100) Рубашкин В. Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. М.: Наука, 1989. 192 с.
- 101) Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Т.1. М.: Педагогика, 1989. 485 с.
- 102) Семантика языков программирования // Под ред. В. М. Курочкина. М.: Мир, 1980. 394 с.
- 103) Сингер М., Берг П. Гены и геномы. М.: Мир, 1998. Т. 1. 373 с. Т. 2. 391 с.
- 104) Скотт Д. С. Области в денотационной семантике // Математическая логика в программировании: Сб. статей. М.: Мир, 1991. 408 с.

- 105) Сорокин В. Н. Теория речеобразования. М.: Радио и связь, 1985. 312 с.
- 106) Тарский А. Введение в логику и методологию дедуктивных наук. М.: Гос. из-во иностранной литературы, 1948. 326 с.
- 107) Тушмалова Н. А. Современные представления о макромолекулярных механизмах памяти // Исследование памяти. М.: Наука, 1990. С. 137 — 145.
- 108) Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М.: Физматгиз, 1960. 112 с.
- 109) Уотсон Дж. Молекулярная биология гена. М.: Мир, 1978. 720 с.
- 110) Успенский В. А. Теорема Геделя о неполноте в элементарном изложении // Успехи математических наук. 1974. Т. XXIX, вып. 1(175), С. 3 — 47.
- 111) Успенский Л. В. Слово о словах. Имя дома твоего. Л.: Лениздат, 1974. 720 с.
- 112) Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.1. М.: Мир, 1964. 498 с.
- 113) Филимонов В. И. Руководство по общей и клинической физиологии. М.: Медицинское информационное агентство, 2002. 958 с.
- 114) Фомичев В. А. Математические основы представления смысла текстов для разработки лингвистических информационных технологий. // Информационные технологии, 2002. № 10, 11.
- 115) Фон Берталанфи Л. Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23 — 82.
- 116) Фреге Г. Смысл и денотат // Сб. "Семиотика и информатика". Вып. 8. М. 1977.

- 117) Фрейд З. Психология бессознательного: Сб. произведений. М.: Просвещение, 1990. 448 с.
- 118) Фрес П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. М.: Прогресс, 1978. 301 с.
- 119) Хазен А. М. О возможном и невозможном в науке. М.: Наука, 1988. 384 с.
- 120) Хомский Н., Миллер Дж. Введение в формальный анализ естественных языков // Кибернетический сборник. Новая серия, вып. 1. М.: Мир, 1965.
- 121) Хофман И. Активная память. Экспериментальные исследования и теории человеческой памяти. М.: Прогресс, 1986.
- 122) Цаленко М. Ш. Реляционные модели базы данных (обзор) // Алгоритмы и организация решения экономических задач. М.: Статистика. 1977. Вып. 10. С.16 — 29.
- 123) Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных. М.: Наука, 1989. 288 с.
- 124) Цветкова Л. С. Мозг и интеллект. М.: Просвещение, 1995. 304 с.
- 125) Частиков А. П., Гаврилова Т. А., Белов Д. Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. СПб.: «БХВ-Петербург», 2003. 608 с.
- 126) Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. М.: Наука, 1983. 360 с.
- 127) Чистович Л. А., Кожевников В. А. Речь. Артикуляция и восприятие. М.; Л.: Наука, 1965. 242 с.
- 128) Шингаров Г. Х. Условный рефлекс и проблема знака и значения. — М.: Наука, 1978. 199 с.
- 129) Шенк Р. Обработка концептуальной информации. М.: Энергия, 1980. 358 с.

- 130) Шредингер Э. Разум и материя / НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Ижевск, 2000. 96 с.
- 131) Шрейдер Ю. А. О семантических аспектах теории информации // Информация и кибернетика / Под ред. А. И. Берга. М.: Сов. радио, 1967.
- 132) Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул. М.: Мир, 1982.
- 133) Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Политиздат, 1987. 349 с.
- 134) Юнг К. Г. Структура психики и процесс индивидуации. М.: Наука, 1996.

Предметный указатель

Адекватность		Высказывание -----	174
нарушение -----	247	Ген -----	133
поведения -----	52, 227	Геном клетки -----	125
Аденин -----	128	Генотип -----	125
Администрация базы данных		Гомоморфизм -----	19, 69, 109
(АБД)-----	236	Грамматика языка -----	147
Аминоацил-тРНК (АА~тРНК)	135	Гуанин -----	128
Аминокислота -----	132		
Аналогия -----	229	Данное -----	116
Антикодон -----	134	Девербализация -----	173
Антиципация -----	25	Денотат имени -----	164
		Дерево вывода -----	183
База		Детерминизм -----	22
данных (БД)-----	236	Дизайнер -----	10
знаний -----	194	Догадка -----	60
исчисления-----	183		
Вербализация -----	173	Знак -----	50, 151

Знание -----	158, 160, 197	Материализм вульгарный -----	11
система-----	24	Машина Тьюринга	
элемент-----	24	универсальная-----	121
Значение -----	116	Метаболизм -----	126
имени-----	164	Метафизическая окаменелость	
Идея -----	26	234	
Измерение -----	101	Метаязык -----	150
Иллюзия -----	41	Модель -----	230
Имя-----	164	адекватная-----	227
Индетерминизм -----	22	данных -----	230
Инстинкт-----	36	машинная объекта -----	236
Интеллект		Природы -----	158
естественный (ЕИ)-----	52	семиотическая-----	268
искусственный (ИИ)-----	266	формальной теории -----	175
Интерпретация информации	94	Молекула РНК	
Интроспекция -----	27	информационная -----	133
Интуиция -----	60, 181	матричная (мРНК)-----	133
Информационное поле -----	64	рибосомная (рРНК) -----	135
Информация -----	95	транспортная (тРНК)-----	134
неполная -----	118	Мысль -----	26
Истина		Мышление	
логическая-----	175	подсознательное-----	27
эмпирическая-----	175	речевое -----	181
Кибернетика -----	209	сознательное-----	27
Кислота		Невербальные компоненты	
дезоксирибонуклеиновая		(НВК)-----	67
(ДНК) -----	128	Нейроглия -----	47
рибонуклеиновая (РНК) ----	128	Нейроморфизм -----	69
Когнитология -----	64	Несистема-----	71
Кодон -----	134	Нуклеотид -----	127
Конгруэнция -----	232	Объект	
Концепт -----	165	идентифицируемый-----	262
Лакуна текста -----	186	простой-----	262, 263
Лицо, принимающее решение		сложный -----	252, 263
(ЛПР) -----	270	управления -----	210, 262
		Онтогенез -----	131
		Операция ага-----	60

Основание		Регулятор	211
нуклеотида	128	Рекомбинация	130
пиримидиновое	128	Рекурсия	58, 180
пуриновое	128	Репликация ДНК	130
Отражение	31, 40, 63, 208	Рефлекс	174
Память	153	Реципиент	63
Плазмиды	129	Речевое общение	177
Поведение	54	Речевосприятие	174
Познание	24	Рчеобразование	174
Понятие		Речь	173
объём	193	Рибосома	135
определение	194	Самонаблюдение	27
содержание	193	Самоорганизация	210
Прагматика	193	Связь	
Предмет мысли	20	информационная	105
Предсказание	211	комплементарная	128
Принцип		отрицательная обратная	206
ведущей роли управления в		положительная обратная	206
познании	25	Синергетика	208
всеобщности отношений	24	Синтаксис	110
единства материального мира	21	Система	24
единства сознания и		знаковая	147
коллективной практики	28	интеллектуальная (ИС)	194
индетерминизма	23	интеллектуального	
Ле-Шателье	206	управления (ИСУ)	253
материалистического		информационная (ИС)	192
монизма	14	искусственная	86
познаваемости	22	общая теория	70
рефлексии	246	открытая	53, 55, 126
стальной иглы	64	самоорганизующаяся	86
Природа	8	управления	210
Программа	117	управления базой данных	
Прокариоты	130	(СУБД)	203
Противоречие	219	управления базой знаний	
Псевдоимя	167	(СУБЗ)	195
Психический процесс	37	функциональная	54, 74
		экспертная	270
		Системный подход	70

Системообразующий фактор	54, 86	явная	111
Ситуация	199	Фрагмент Природы	199
Слово	160	Фрактал	24
Смысл	116, 165	Хромосома	129
Собственное имя	164	Цель управления	215
Событие	199	Цитозин	128
Сознание	17, 26	Число Ингве	81
Стимул		Эвристика	60, 274
дистантный	28	Эксперт	270
проксимальный	46	Экспрессия гена	133
Суждени	175	Эмоция	32
Творчество	59	Эмпирическое суждение	174
Тезаурус	187	Энграмма	157
Текст	178	Этапа трансляции	
Тест Тьюринга	52	инициация	135
Тимин	128	терминация	135
Тождество	229	элонгация	135
Транскрипция ДНК	133	Эукариоты	130
Трансляция РНК	133	Язык	110, 146, 182
Треугольник Фреге	164	декларативный	243
Трёхэтажная конструкция	64	естественный	147
Умолчание	187	искусственный	149
Универсальный предметный код (УПК)	159	манипулирования данными (ЯМД)	203
Управление	209	машины	94
автоматическое	216, 261	определения данных (ЯОД)	203
ситуационное	268	представления знаний (ЯПЗ)	204
фрагментом Природы	215	представления фреймов (ФРЛ)	204
Управляющая		процедурный	243
последовательность	210	разговорный	148
Урацил	128	система	147
Устройство управления	210	элемент	147
Фенотип	125		
Форма информации	108		
скрытая	111		

Языковая компетенция----- 178