Веданопедия
Сайт: http://ve-poti.narod.ru/.

Статья «Топокодер»

Топокодер (от греческого *topos* – «место» и французского *code*) – функциональный блок витосов, обеспечивающий им создание внутреннего пространства для размещения различных объектов и кодирования их взаимного расположения.

Человеческий топокодер использует для кодирования пространственного расположения объектов три независимые величины, чем определяется то, что люди воспринимают пространство как трехмерное евклидовое пространство.

Топокодер не является обособленной программой, а представляет собой способ (т.е. алгоритм), используемый многими программами, такими, как программы анализа зрительной и слуховой информации, генераторы программ движений, объектоконструкторы – и другими.

Потенциальным продуктом топокодера является бесконечное трехмерное евклидовое пространство (это в случае человека; в принципе – теоретически – возможны и топокодеры, создающие другие пространства, если они используют другие способы кодирования взаимного расположения объектов). Это пространство человеческого топокодера в значительной степени изоморфно тому, что принято называть «физическим пространством» (если такое понятие вообще может быть введено), но не совпадает с ним полностью.

Предметом евклидовой геометрии является этот потенциальный продукт человеческого топокодера и потенциальные продукты объектоконструкторов, создаваемые в пространстве топокодера.

Приложения

Приложение № 1. Ответ С. Марьясову в переписке ПОТИ

Ниже приводится мой ответ Сергею Марьясову из книги {R-POTI-3}. Примечания, которых не было в самой Переписке и которые добавлены лишь в Веданопедии, сопровождаются датой.

* * *

§34. Как строятся номиналии объектов и их пространственное восприятие?

2011.08.20 15:00 суббота

Ты задал мне вопрос, вынесенный в заглавие этого параграфа. Но там фактически два вопроса: «Как строятся номиналии?» и «Как организуется пространственное восприятие?».

Номиналии в Веданской теории – это внутрикомпьютерные объекты, соответствующие внешним объектам (именуемым реалиями) или такие, о которых предполагается, что они соответствуют внешним объектам (в таком случае их реалии «воображаемы», «идеальны» в философском смысле, а не материальны)[1]; внутрикомпьютерная обработка номиналий в обоих случаях почти не отличается.

Номиналии строятся настолько разнообразными путями, что охватить все варианты не только в одном параграфе с описанием механизмов пространственного восприятия, но и вообще в одном коротком рассказе практически невозможно. Вот, я выглянул в окно, увидел на улице машину – и у меня в голове ее номиналия. Как она строилась? Отображение картины внешнего мира на сетчатке глаза, передача этого изображения в мозг, отработка программ выделения отдельных объектов из общей картины... Тут тогда надо описывать все эти процессы.

---

[1] **В.Э. 2012.02.15:** См. статью «Платоновский мир».

Но вот я вспоминаю машину, которая в 1970-х годах проехала в щели Цесисского переулка и была мне подкинута Рандомгенератором в 1990-х годах. Теперь я вспоминаю (вызываю из памяти) не ту, первую запись 1970-х годов (ее я из памяти вызвать не могу; ее не найти), а вторичную ее перезапись, сделанную в 1990-х, которую я найти и вызвать могу. Таким образом, у этой несчастной (и совершенно никому не нужной и не важной) «Победы» в моем мозге целая куча номиналий: и та затерявшаяся запись 1970-х годов, и тот дубликат 1990-х годов – это в долгосрочной памяти, а когда я непосредственно «вспоминаю» ее, то еще одна номиналия возникает в оперативной памяти... И где тут граница: считать ли все эти образы одной номиналией или разными?

А образина в качелях? Она тоже номиналия; я описал выше предполагаемый алгоритм, по которому она должна была создаваться. А подобных алгоритмов куча; по необозримому множеству алгоритмов мозг может создавать всевозможные номиналии воображаемых объектов. (Почитай «Мифологический словарь»!). Чего стоит одна только математика с ее тысячами понятий, то есть – номиналий! А другие науки?

Так что вопрос о способах построения номиналий в его общем виде пока придется отложить, в дальнейшем возвращаясь к нему на конкретных примерах построения конкретных номиналий. Номиналия – это очень фундаментальное понятие Веданской теории (и поэтому номиналии очень разнообразны), и главная задача этого понятия – отделить то, что существует во внешнем мире, от того, что существует во «внутреннем мире»[2] и подчеркнуть, что всякая «фантазия» и «воображение» всё равно имеет материальную структуру, материальный объект во «внутреннем мире».

А здесь нам лучше будет больше внимания уделить второй части твоего вопроса.

§35. Пространственное восприятие

Построение у Доллии пространственного восприятия – это один из самых сложных вопросов во всем конструировании Доллоса, как я это многократно уже отмечал (см., напр., {PENRO1}; вообще в комментариях к Пенроузу о пространственном восприятии говорится многократно {PENRO3}, {PENRO5} и др.).

Конструируя пространственное восприятие у Доллии, мы в первую очередь должны определиться: копируем ли мы человеческую систему, или отклоняемся от нее. Для начала примем первый вариант и попытаемся скопировать человеческую.

У человека нет единой системы восприятия пространства – этих систем минимум четыре, и в нормальных условиях производится постоянное согласование их результатов, то есть, отыскивается интерпретация, наложение результатов одной системы на результаты другой, дающее максимум совпадений. Эти системы такие:

1) зрительная;
2) слуховая;
3) двигательная;
4) «внутренняя» (или «абсолютная» или «абстрактная»).

Начать лучше с последней. Абстрактная система пространства базируется на «гироскопе» внутреннего уха (возможно, и на других датчиках тоже), которые всегда (в земных условиях, не считая космические корабли с невесомостью) могут точно установить, где «верх», а где «низ», т.е. направление гравитационного поля Земли. Это дает Доллии (и человеку) одну «абсолютную» ось: вертикаль. Абстрактная система присоединяет к вертикали еще две оси, перпендикулярные ей и перпендикулярные между собой. Таким образом получается «трехмерное эвклидовое пространство».

Следует обратить внимание на то, что это пространство Доллия создала САМА (!). Это никакое не внешнее пространство, а «внутреннее», порожденное одним только вводом трех осей. (Для простоты будем говорить о трех осях, где положение объекта характеризуется типа «выше–ниже», «вперед–назад», «правее–левее» по оси, хотя наряду с «декартовыми координатами» у человека наверняка используются и угловые; оба эти способа характеристики локализации объектов эквивалентны с математической и с логической точек зрения).

Наличие этого «внутреннего пространства» (т.е. наличие трех осей) означает, что Доллия способна присваивать пространственные характеристики различным объектам (пока мы говорим только о воображаемых объектах). Вот, она лежит (с закрытыми глазами) и думает (воображает):

[2] **В.Э. 2012.02.15:** См. статью «Ментальный мир».

«Справа от меня стол, а за столом шкаф». Это означает, что в ее мозге строится номиналия стола и номиналия шкафа, и в этих номиналиях (как структурах данных) фиксируются пространственные характеристики реалий (материальных или воображаемых), соответствующих этим номиналиям.

Таким образом, «внутреннее пространство» Доллии, это не какой-то объект, полностью готовый и полностью данный; это ее потенциальная способность характеризовать объекты их расположением по осям.

Так как способ характеристики объектов по их взаимному расположению относительно осей представляет собой в общем-то алгоритм (используемый в различных строящихся Доллией программах наряду с другими алгоритмами), то мы можем определить «внутреннее пространство» Доллии как потенциальный продукт этого алгоритма. Внутреннее (абсолютное, абстрактное) пространство: «это все те места, которые можно охарактеризовать данным способом», и оно потенциально бесконечно.

В Доллии мы можем встроить кодировку пространственного положения объектов относительно осей и прямо в числовом виде в таких единицах измерения как метры, но в Природе, конечно, этого нет. Там кодировка относительна: «тот объект дальше, чем этот и правее», «а тот еще дальше и еще правее», «а тот совсем далеко и высоко высоко» и т.п.

Наличие этого алгоритма кодирования, присвоения объектам характеристик по трем осям, определяет людскую уверенность, что «наше пространство – это трехмерное эвклидово пространство». Молотое-перемолотое в литературе «ньютоновское абсолютное пространство» – это на самом деле не что иное, как вот это внутреннее пространство Доллии (и людей), возникающее исключительно потому, что алгоритм кодирования взаимного расположения объектов у нее (и у нас) базируется на трех перпендикулярных осях.

Меня уже довольно давно (лет 15) занимает вопрос: «А было ли обязательным то обстоятельство, что Естественный отбор встроил в нас аппарат кодирования пространства, базирующийся именно на трех осях? А можно ли было встраивать аппарат, базирующийся, например, на четырех осях?» (Тогда «наше» пространство было бы четырехмерным эвклидовым). У меня нет уверенного ответа на этот вопрос, но есть сильное подозрение, что можно было. Естественный отбор просто выбрал минимальное количество осей, дающее эффективный результат.[3] (Было бы интересно это проверить экспериментально в системах искусственного интеллекта).

Но не будем отвлекаться. У Доллии, как и у людей, три оси, то есть, пространственное расположение характеризуется тремя независимыми величинами (хранящимися в номиналии, но относящимися к реалии).

Имея такое «внутреннее пространство», Доллия теперь открывает глаза и видит красочный и богатый внешний мир. Теперь всё, что она видит, локализуется в ее внутреннем пространстве (т.е. всему присваиваются характеристики по указанному алгоритму Трех осей). Зрительная система восприятия пространства налагается на внутреннюю, и они состыковываются. (Ср. эксперименты с очками, упомянутые в {PENRO5}).

Зрительная система восприятия пространства базируется на взаимном расположении изображений объектов на сетчатке глаза и на повороте глаз при сфокусированном взгляде на предмет при бинокулярном зрении. На основе этой информации и присваиваются пространственные характеристики каждой видимой точки (или области) по алгоритму Трех осей, строится общая пространственная картина. (Бывают и ошибки, т.н. иллюзии).

На всё это налагается еще слуховая система восприятия пространства, которая базируется на временнóй разнице, с какой одинаковые звуки приходят в разные уши. Тут тоже делается попытка согласовать результаты этих вычислений (аналоговых) с результатами предыдущих систем.

И, наконец, двигательная система. Она «измеряет» пространство теми усилиями мышц, какие необходимо приложить, чтобы нужную точку достигнуть. Именно эти усилия в первую очередь и кодируются в заготовках программ низшего уровня (таких, как заготовка программы

[3] **В.Э.:** Подобным образом у нас именно два глаза потому, что это минимальное количество глаз, позволяющее определять расстояние до предмета (путем вычисления разности поворота глаз). У нас именно два уха потому, что это минимальное количество ушей, позволяющее определить направление, откуда идет звук (путем вычисления разности во времени прихода звуковых волн).

открытия дверцы машины). Именно эти усилия и корректируются тогда, когда из заготовки перед выполнением делается окончательная программа.

Эта же система локализует в пространстве части собственного тела. (Ведь, чтобы рассчитать правильное движение руки к какому-нибудь предмету, необходимо знать не только то, где находится предмет, но и то, где находится рука).

Эта система тоже накладывается на предыдущие, и все они соединяются в некоторый слаженный ансамбль (слаженный в нормальных условиях, а при дефектах наблюдаются разные интересные эффекты, описанные в психиатрии,[4] когда системы выходят из согласия; например, после принятия наркотиков «Алисе» кажется, что она «10 футов высотой» {R-ALICE}, её двигательная система пространства вышла из согласия со зрительной).

Приложение № 2. Фрагменты книг Пенроуза

Ниже даны фрагменты из книги Роджера Пенроуза «Новый Разум Короля» с комментариями, упомянутыми в Приложении № 1. Комментарии, добавленные в Веданопедии, содержат дату.

* * *

Из книги {PENRO1}

Одним из первых устройств ИИ была «черепашка» Грэя В. Уолтера, созданная им в начале 1950-х годов,[5] которая приводилась в движение энергией внутренних батарей и бегала по полу до тех пор, пока они почти полностью не разряжались; после чего она находила ближайшую розетку, подключалась к ней и заряжала их. Когда зарядка заканчивалась, она самостоятельно отсоединялась и продолжала свою прогулку! В дальнейшем было придумано множество подобных механизмов[6] (см., например, Валтц [1982]). Несколько отличное направление развития исследований представляет компьютерная программа Терри Винограда, разработанная в 1972 году, которая могла производить осмысленные действия с набором блоков, разных по форме и цвету, размещая их один над другим в разных сочетаниях и в разном порядке. Поразительно, что, несмотря на эти первые достижения, создание системы контроля[7] даже для простой суставчатой «роботизированной руки», которая должна была в процессе перемещений избегать скопления препятствий, оказалось весьма непростой задачей, хотя стороннему наблюдателю требуемые движения и представлялись совершенно «очевидными».[8] Такой же сложной оказалась и проблема интерпретации зрительно воспринимаемых сцен, которая в общем случае относится к области, где процедуры ИИ даже близко не подошли к реализации того, что мозг человека (и, конечно же, большинства других живых существ) способен делать «без всяких» видимых усилий.[9]

---

[4] **В.Э.:** О метаморфопсиях и расстройствах телесной схемы см., напр., {L-EGLIT}.

[5] См. работы Грэгори [1981] и Уолтера [1953].

[6] **В.Э.:** Мне кажется, что все эти «черепашки» скорее помешали развитию полного ИИ, чем способствовали. Именно они и представляют собой самые настоящие <u>имитации</u> разума – а не попытки его реализации. Они направили мысль исследователей и конструкторов к имитациям вместо того, чтобы заняться реализациями. А реализация должна начинаться совсем с другой стороны, с другого конца: с общей принципиальной «блок-схемы» интеллекта – а потом по всем правилам нисходящего проектирования (профессиональный прием разработки больших компьютерных систем) спускаться ко всё более мелким деталям. Но почему-то так никто, насколько мне известно, не поступил, – кроме меня.

[7] **В.Э.:** Плохой перевод; надо: *..системы управления..*

[8] **В.Э.:** Ничего удивительного! Чтобы создать хорошую систему управления рукой, нужно сперва встроить в систему отображение пространства. А это задача действительно сложная – одна из самых сложных во всем ИИ. **<u>В.Э. 2012.02.15:</u>** Для решения всех этих задач нужно встраивать в систему топокодер.

[9] **В.Э.** Это потому, что зрительную систему пытались реализовать на обычном офисном компьютере с линейной работой и псевдопараллельными процессами. Но глаза человека и животных же дают нам образец, КАК нужно такие системы строить: большое количество параллельно работающих микропроцессоров, соединенных в сеть (как колбочки и палочки глаза). Поэтому я и говорю, что для ИИ нужны не офисные, а специально сконструированные компьютеры.

Из книги {PENRO3}

Евклидова геометрия – это, попросту говоря, тот самый предмет, который мы изучаем в школе как «геометрию». Однако я подозреваю, что большинство людей склонны считать евклидову геометрию областью математики, а вовсе не физической теорией. Разумеется, евклидова геометрия является в том числе и математикой – но всё же это не единственная возможная математическая геометрия. Та геометрия, которую придумал Евклид, очень точно описывает физическое пространство нашего с вами мира, но это – не логически необходимое следствие, а всего лишь (почти точно) наблюдаемое свойство физического мира.[10]

Действительно, существует другая геометрия, называемая геометрией Лобачевского (или гиперболической)[11], которая во многом похожа на евклидову геометрию, но имеет при этом и некоторые интригующие отличия. Напомним, в частности, что в евклидовой геометрии сумма углов треугольника всегда равна 180°. В геометрии Лобачевского сумма углов треугольника всегда меньше 180°, причем отличие суммы углов от 180° пропорционально площади треугольника (рис. 5.1).[12]

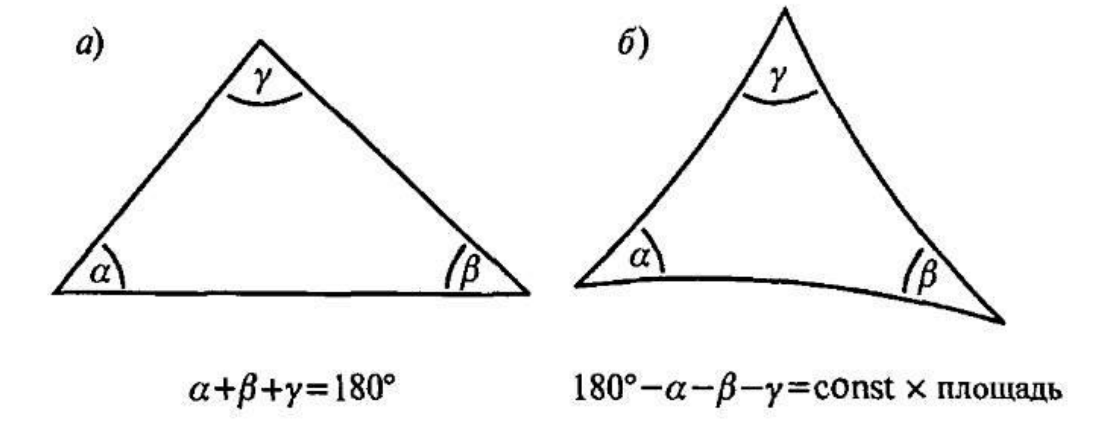

Рис. 5.1. а) Треугольник в евклидовом пространстве, б) Треугольник в пространстве Лобачевского

[10] **В.Э. 2012.02.15:** Взгляды Пенроуза, конечно, неправильны (или хотя бы не точны). В первую очередь нужно исключить это его «почти точно». Что является В ТОЧНОСТИ тем, что изучается евклидовой геометрией? В точности и всеми свойствами этого объекта обладает ТОЛЬКО потенциальный продукт топокодера и размещенные в нем потенциальные продукты объектоконструкторов.

[11] Николай Иванович Лобачевский (1792–1856) – один из нескольких математиков, независимо друг от друга открывших этот тип геометрии (альтернативный геометрии Евклида). Имена остальных: Карл Фридрих Гаусс (1777–1855), Фердинанд Швейкард и Янош Бойяи.

[12] **В.Э.:** Здесь все-таки требуется уточнение. Само по себе эвклидово пространство (и тем самым эвклидова геометрия) является определенным способом (использованным в том числе нашими мозговыми программами) представления и описания (т.е. кодирования) взаимоотношений объектов. Основа этого способа – три размерности или, что то же самое, свободное комбинирование трех независимых величин. Как способ кодирования он представляет собой определенный алгоритм, а созданное им пространство, стало быть, является потенциальным продуктом этого алгоритма. Как всегда, если задан алгоритм, то в его продуктах существуют (и могут быть найдены) определенные объективные закономерности. В частности, такими закономерностями для данного способа кодирования (алгоритма) являются теорема Пифагора, то, что сумма углов треугольника равна 180°, и всё прочее, что мы знаем об эвклидовой геометрии. Как алгоритм со своими потенциальными продуктами и объективными закономерностями в них, всё это принадлежит ко вторичным алгоритмам по Веданской теории. Но, как всегда, эти вторичные продукты могут быть изоморфны природным явлениям (и их прямым измерениям – первичным алгоритмам). Если такой изоморфизм существует (в каких-то пределах), то (в этих пределах) данный вторичный алгоритм будет представлять собой «теорию» изоморфной ему области Природы. В этом смысле эвклидова геометрия действительно представляет собой физическую теорию, поскольку – в некоторых пределах – изоморфна физическим явлениям. (Не будь она изоморфной, Естественный отбор не встроил бы этот способ кодирования взаимоотношений объектов в наши головы). Помимо этого способа кодирования взаимоотношений объектов, разумеется, могут существовать и другие способы (другие алгоритмы). В потенциальных продуктах таких алгоритмов будут наблюдаться уже другие закономерности. Это и будут «другие геометрии». В некоторых областях Природы они могут оказаться более изоморфными физическим явлениям, чем наш первый способ кодирования, и тем самым – более подходящими «теориями».

Замечательный голландский художник Мориц К. Эшер создал несколько мозаик, очень тонко и точно передающих суть геометрии Лобачевского. Одна из этих мозаик представлена на рис. 5.2. Каждую черную рыбу, в соответствии с геометрией Лобачевского, следует считать имеющей такой же размер и такую же форму, что и любая другая черная рыба. Для белых рыб – аналогично. Геометрия Лобачевского не может быть абсолютно точно воспроизведена на евклидовой плоскости, отсюда – кажущееся скопление рыб вблизи круговой границы. Представьте себе, что вы находитесь внутри мозаики где-то у этой окружности. Тогда геометрия Лобачевского должна для вас выглядеть точно такой же, как если бы находились в центре или в каком-то другом месте мозаики. То, что выглядит как «граница» мозаики в этом евклидовом представлении, в действительности находится «на бесконечности» в геометрии Лобачевского. Граничную окружность вообще не следует рассматривать как часть пространства Лобачевского – равно как и никакую часть евклидовой области, лежащую за ее пределами. (Это остроумное представление плоскости Лобачевского принадлежит Пуанкаре. Его достоинство заключается в том, что форма очень маленьких фигур при этом не искажается – изменяются только их размеры.) «Прямыми» в геометрии Лобачевского (вдоль которых расположены некоторые из рыб на мозаике Эшера) служат окружности, пересекающие круговую границу под прямыми углами.

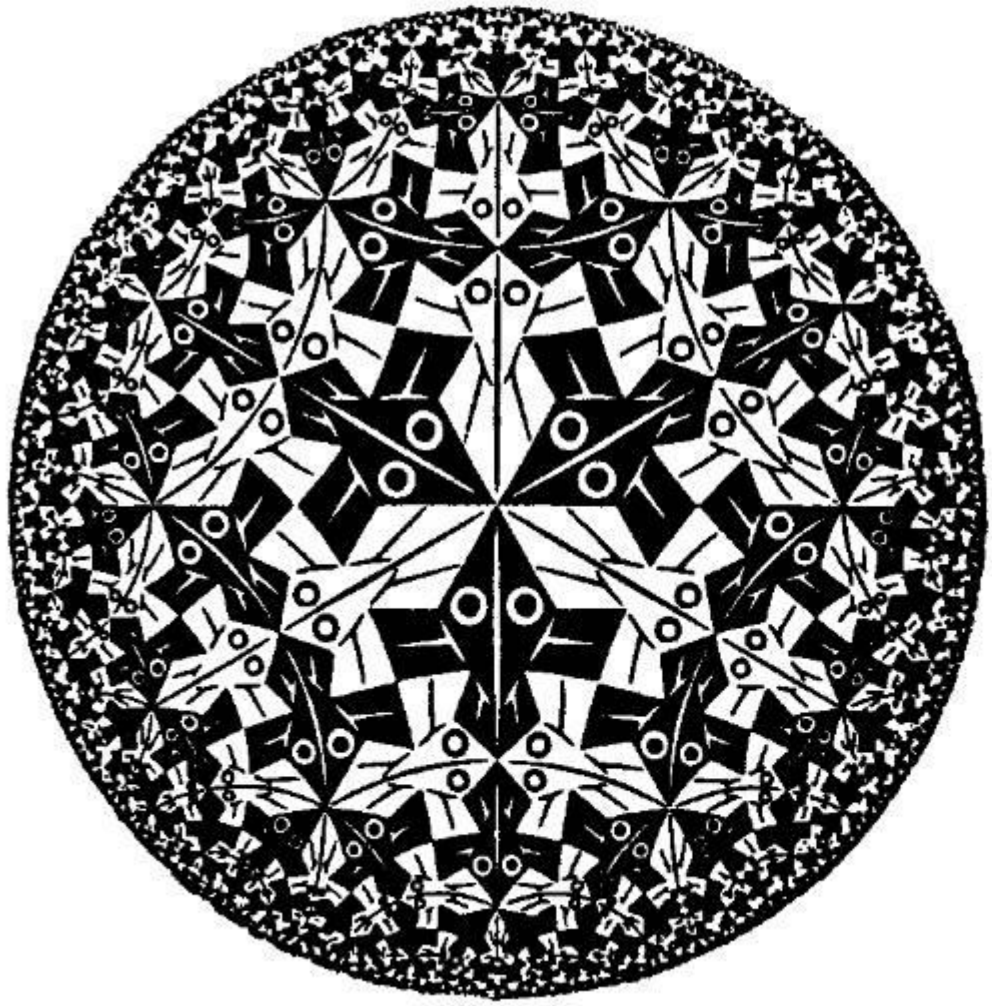

Рис. 5.2. Пространство Лобачевского, изображенное Эшером в виде мозаики. (Все рыбы – как черные, так и белые – должны считаться конгруэнтными.)

Вполне может быть, что геометрия Лобачевского действительно выполняется для нашего мира в космологических масштабах (см. главу 7, с. 264). Но коэффициент пропорциональности между дефицитом углов и площадью треугольника в этом случае чрезвычайно мал, а для обычных масштабов евклидова геометрия дает превосходное приближение геометрии Лобачевского. В самом деле, как мы увидим далее в этой главе, общая теория относительности Эйнштейна говорит нам о том, что геометрия нашего мира действительно отклоняется от евклидовой геометрии (хотя и «нерегулярно», т.е. более сложно, чем геометрия Лобачевского) на масштабах, значительно уступающих космологическим, хотя по обычным меркам нашей повседневной жизни эти отклонения всё равно будут ничтожно малы.

Тот факт, что евклидова геометрия, казалось бы, столь точно отражает структуру «пространства» нашего мира, вводил нас (и наших предшественников!) в заблуждение, заставляя думать, будто евклидова геометрия является логической необходимостью или будто мы обладаем внутренней интуитивной способностью априори догадаться, что евклидова геометрия должна быть применима к миру, в котором мы живем. (Так утверждал даже великий философ Иммануил Кант.)[13] Реальный разрыв с евклидовой геометрией наступил только с созданием Эйнштейном общей теории относительности, появившейся на свет много лет спустя. И тогда стало понятно, что евклидова геометрия вовсе не является логической необходимостью, и что ее весьма точное (хотя и далеко не абсолютное) соответствие структуре нашего физического пространства – не более, чем результат эмпирических наблюдений![14] Евклидова геометрия действительно была (ПРЕВОСХОДНОЙ) физической теорией. И это в дополнение к тому, что евклидова геометрия – изящный и логически непротиворечивый раздел чистой математики.

Здесь угадывается определенное сходство с философской концепцией Платона[15] (изложенной примерно в 360 году до н.э. – почти за пятьдесят лет до появления *Начал* Евклида – знаменитого сочинения по геометрии). С точки зрения Платона объекты чистой геометрии – прямые, окружности, треугольники, плоскости и т.п. – могут быть лишь приблизительно реализованы в реальном мире физических вещей.[16] Эти математически точные объекты чистой геометрии обитают в другом мире – платоновском идеальном мире математических понятий. Платоновский мир состоит не из осязаемых вещей, а из «математических объектов». Этот мир доступен нашему восприятию не обычным физическим путем, а посредством интеллекта. Человеческий разум контактирует с миром Платона всякий раз, когда открывает математическую истину, постигая ее с помощью математических рассуждений и интуитивных догадок. Идеальный мир Платона рассматривался как отличный от нашего материального мира – более совершенный, но при этом столь же реальный. (Вспомним сказанное в главах 3 и 4, с. 89, 101 о платоновской реальности математических понятий.)[17] Таким образом, хотя идеальные объекты чистой евклидовой геометрии можно исследовать с помощью мысли, логически выводя при этом их свойства – отсюда вовсе не следует, что для «несовершенного» физического мира, воспринимаемого нашими органами чувств, неукоснительное следование этому идеалу является необходимостью. Располагая в свое время достаточно скудными данными, Платон, по-видимому благодаря какому-то чудесному озарению, смог предугадать, что, с одной стороны, математику следует изучать и понимать ради самой математики, и что нельзя требовать полного и точного

---

[13] **В.Э.:** Нет – Кант был тоньше и точнее.

[14] **В.Э.:** Нет, нет! Это далеко не «результат эмпирических наблюдений»! Эвклидова геометрия уникальна тем, что она встроена в человеческую операционную систему как способ кодирования пространства (т.е. отношений между объектами). И именно ЭТО утверждал Иммануил Кант – разумеется, в формулировке, какая могла быть создана в его время. Он и утверждал, что это пространство дано нам *apriori* (т.е. – еще ДО всякого нашего опыта). И правильно утверждал – так оно и есть. Веданская теория только показывает, ЧТО всё это означает (в терминах систем обработки информации).

[15] **В.Э.:** Это верно; Пенроуз ниже сразу перейдет к «прямым, окружностям и треугольникам»; они тоже объекты «платонова мира», но, прежде, чем перейти к ним, мы должны констатировать и отметить, что и само эвклидово пространство (еще до всяких там окружностей и треугольников) – ТОЖЕ принадлежит не физическому миру, а «платоновскому миру», т.е. потенциальным продуктам мозговых программ.

[16] **В.Э.:** «Идеальная» платоновская прямая – это потенциальный продукт мозговой программы для проведения прямых линий; аналогично «идеальная» окружность – это потенциальный продукт мозговой программы, которая рисует окружности. Чтобы субъект (человек, робот и т.д.) был способен провести прямую (на какой-то поверхности, положим, на песке или бумаге), он должен прежде обладать программой (в своем мозге или вообще в компьютере), под управлением которой субъект эту прямую и проведет (если программу действительно запустить на выполнение). Назовем эту программу *П*. Если программа *П* и в самом деле выполнялась, то результатом ее выполнения будет реальная прямая. Но если программу *П* НЕ выполняют, а только анализируют «со стороны», то (у анализирующей программы) появится объект, называемый потенциальным продуктом программы *П*. Этот объект и есть «идеальная» прямая, существующая НЕ в физическом мире, а в «платоновском мире» и доступная только «интеллекту» (т.е. – той программе, которая анализирует программу *П* и строит ее потенциальные продукты, точнее – структуры, кодирующие эти продукты). Так это обстоит в действительности; – ну, а Платон рассказывает всё в общем-то правильно, но только в такой форме, какую можно было придумать в его время.

[17] **В.Э. 2012.02.15:** См. Приложение № 1 к статье «Предмет математики».

соответствия математических объектов объектам физического опыта; а с другой – что функционирование реального внешнего мира в конечном счете может быть понято только в терминах точной математики, т.е. в терминах платоновского идеального мира, «доступного через интеллект»!

Платоном в Афинах была основана Академия, в задачи которой входило дальнейшее развития таких идей. Среди элиты, выросшей из числа членов этой Академии, был и необычайно влиятельный и знаменитый философ Аристотель. Но здесь нас будет интересовать другой человек, принадлежащий к платоновской Академии – математик и астроном Евдокс, несколько менее известный, чем Аристотель, но, по моему глубокому убеждению, гораздо более проницательный ученый, один из величайших мыслителей античности.

В евклидовой геометрии есть одна очень важная и тонкая составляющая, которая, на самом деле, является очень существенной и которую сегодня мы вряд ли вообще отнесли бы к геометрии! (Математики охотнее назвали бы это «анализом», чем «геометрией».) Речь идет о введении действительных чисел. Евклидова геометрия использует длины и углы. Чтобы иметь возможность использовать такую геометрию, нам необходимо понимать, какого рода «числа» нужны для описания этих самых длин и углов. И здесь новая идея была предложена Евдоксом (ок. 408–335 гг. до н.э.) в IV веке до н.э.[18] Греческая геометрия переживала «кризис» из-за открытия пифагорейцами таких чисел, как $\sqrt{2}$ (последнее необходимо для того, чтобы выразить длину диагонали квадрата через длины его сторон), не представимых в виде дроби, т.е. отношения двух целых чисел. Для древних греков было важно иметь возможность формулировать их геометрические меры (отношения) в терминах (отношений) целых чисел, чтобы оперировать геометрическими величинами в соответствии с правилами арифметики. В основном, идея Евдокса заключалась в том, чтобы дать метод описания отношений длин (т.е. действительных чисел!) в терминах целых чисел. Евдоксу удалось сформулировать в рамках операций над целыми числами такие критерии, которые позволяли решать, является ли одно из отношений длин больше другого или их можно считать в точности равными.

В общих чертах идея Евдокса сводится к следующему: если a, b, c и d – четыре длины, то критерием, позволяющим утверждать, что отношение a/b больше отношения c/d, будет существование таких целых чисел M и N, что длина a, сложенная сама с собой N раз, больше длины b, сложенной сама с собой M раз, – тогда как длина d, сложенная сама с собой M раз, больше длины c, прибавленной к самой себе N раз.[19] Соответствующий критерий можно аналогичным образом использовать для установления противоположного неравенства $a/b < c/d$. А искомый критерий равенства $a/b = c/d$ просто отвечает случаю, когда ни один из двух критериев ($a/b > c/d$ и $a/b < c/d$) не может быть выполнен!

Совершенно точная абстрактная математическая теория действительных чисел была построена только в XIX веке такими математиками, как Дедекинд и Вейерштрасс. Но в действительности, предложенная ими процедура опиралась на те же идеи, которые были открыты Евдоксом примерно двадцатью двумя столетиями раньше! Сейчас нам не обязательно заниматься подробным изучением этой современной теории. Я кратко коснулся ее основных моментов в главе 3 (на с. 78), где для большей наглядности изложения предпочел использовать более привычное десятичное разложение действительных чисел. (В действительности, десятичное разложение было введено Стевином в 1585 году.) Следует также заметить, что хорошо знакомая нам десятичная запись была неизвестна древним грекам.

Однако, между теориями, предложенными Евдоксом с одной стороны, и Дедекиндом и Вейерштрассом – с другой, существует важное различие. Древние греки рассматривали действительные числа как изначально данные – в терминах (отношений) геометрических величин – т.е. как свойства «реального» пространства. Древним грекам было необходимо иметь возможность описывать геометрические величины арифметически, чтобы затем в рамках законов и правил арифметики проводить строгие рассуждения над этими геометрическими величинам, а также их суммами и произведениями – существенными составляющими столь многих замечательных геометрических теорем древних. (На рис. 5.3 в качестве иллюстрации приведена знаменитая

[18] Евдокс был также создателем ПОЛЕЗНОЙ теории движения планет, просуществовавшей 2000 лет, развитой позднее Гиппархом и Птолемеем и потому впоследствии получившей название птолемеевой системы!

[19] В современных обозначениях это утверждение означает, что существует дробь, а именно M/N, такая, что $a/b > M/N > c/d$. Такая дробь, лежащая между действительными числами a/b и c/d при условии, что $a/b > c/d$, может быть найдена всегда, поэтому критерий Евдокса действительно выполняется.

теорема Птолемея, хотя Птолемей открыл ее гораздо позже эпохи, в которую жил Евдокс. Теорема Птолемея устанавливает соотношение, которому удовлетворяют расстояния между четырьмя точками на окружности; в ее формулировке с необходимостью используются как понятие суммы, так и понятие произведения.) Критерии Евдокса оказались необычайно плодотворными и, в частности, позволили древним грекам строго вычислять площади и объемы.

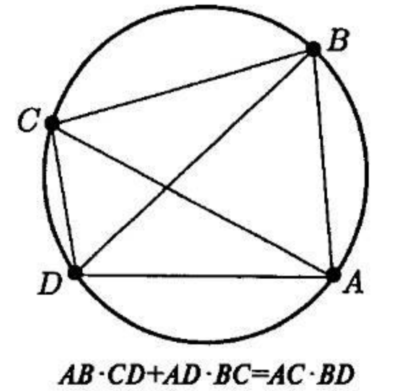

Рис. 5.3. Теорема Птолемея

Но для математиков XIX века – и, разумеется, для современных математиков – роль геометрии изменилась. Для древних греков и, в частности, для Евдокса, «действительные» числа были объектами, извлеченными из геометрии физического пространства. Ныне мы предпочитаем считать, что действительные числа логически более первичны, чем геометрия. Это позволяет нам конструировать всевозможные различные типы геометрии, каждый из которых исходит из понятия числа. (Ключевой идеей была идея координатной геометрии, введенная в XVII веке Ферма и Декартом. Координаты можно использовать для определения других типов геометрии.) Любая такая «геометрия» должна быть логически непротиворечивой, но не обязательно должна иметь прямое отношение к физическому пространству нашего эмпирического опыта. Конкретную физическую геометрию мы, по-видимому, постигаем через идеализацию эмпирического опыта (т.е. в зависимости от наших экстраполяций на бесконечно большие или бесконечно малые размеры, – см. главу 3, с. 82). Проводимые ныне эксперименты достаточно точны и приводят нас с необходимостью к заключению, что наша «извлеченная из эмпирического опыта» геометрия в действительности отличается от евклидова идеала (см. с. 175) и согласуется с геометрией, требуемой в общей теорией относительности Эйнштейна.[20] Однако, несмотря на изменения в наших взглядах на геометрию физического мира, возникших в настоящее время, понятие действительного числа, выдвинутое Евдоксом двадцать три столетия назад, по существу осталось неизменным и является существенным ингредиентом как теории Эйнштейна, так и теории Евклида. В действительности это понятие служит существенным ингредиентом всех современных серьезных физических теорий!

Пятая книга *Начал* Евклида была, по существу, изложением описанной выше «теории пропорций», введенной Евдоксом. Эта книга имела принципиально важное значение для всего многотомного сочинения Евклида в целом. На самом деле, *Начала* Евклида, впервые увидевшие свет около 300 года до н.э., должны считаться одним из сочинений, оказавших наибольшее влияние в истории человечества. Именно *Начала* Евклида установили эталон для почти всего последующего естественнонаучного и математического мышления. Методы *Начал* были дедуктивными, изложение начиналось с четко сформулированных аксиом, которые предполагались «самоочевидными» свойствами пространства; из аксиом выводились многочисленные следствия,[21] многие из которых были важными и поразительными, и совсем не самоочевидными.

[20] **В.Э.:** С точки зрения Веданской теории это неточные слова. А точнее будет так: современные измерения (первичные алгоритмы) оказываются неизоморфными способу кодирования взаимоотношений объектов (пространству), определяющему эвклидову геометрию, а оказываются изоморфными тому способу кодирования взаимоотношений объектов (пространству, геометрии), который включен как составная часть в теорию относительности Эйнштейна.

[21] **В.Э.:** Интересно: а Пенроуз вообще читал «Начала» Эвклида – или только повторяет обычную легенду, которую авторы, как правило, просто переписывают друг у друга (из-за чего она стала уже как бы истиной). Если читал, то он вообще-то должен был бы знать, что: 1) Эвклид в своих доказательствах никогда (ну, скажем «почти никогда», потому что уж на 100% я не проверял) – почти никогда не ссылается ни на аксиомы, ни на постулаты (аксиомы и постулаты у него разные вещи); все ссылки вставлены только современными комментаторами; 2) аксиомы и постулаты действительно присоединены в начале сочинения, но почти половина из них не принадлежат самому Эвклиду, а представляют собой более поздние добавления; 3) несмотря на такие добавления, содержание аксиом и постулатов настолько убогое, что из них невозможно вывести никакое серьезное знание (не говоря уже о блестящем здании геометрии). (Ну, что выведешь из аксиомы «Целое больше части» и подобных?) Итак: легенда о том, будто Эвклид создал аксиоматический метод и будто его геометрия выведена из аксиом и постулатов – это сказка (которой и я в юности верил). Не создавал Эвклид «аксиоматического метода» и не пользовался им. Эту сказку выдумали

Не подлежит сомнению, что *Начала* Евклида имели огромное значение для последующего развития естественнонаучного мышления.

Из книги {PENRO5}

Большой мозг – предмет особой гордости человека и не только потому, что он является самой большой частью человеческого мозга, но и потому, что пропорция между этой частью и мозгом в целом у человека больше, чем у животных. (Мозжечок человека тоже превосходит размерами таковой у большинства других животных.) Головной мозг и мозжечок имеют сравнительно тонкий наружный слой серого вещества, под которым расположено значительно большее по массе белое вещество. Эти области серого вещества называют, соответственно, корой головного мозга и корой мозжечка. Считается, что в сером веществе происходят различные вычислительные действия, а белое вещество, состоящее из длинных нервных волокон, отвечает за передачу сигналов из одной части мозга в другую.

Каждой из различных областей коры головного мозга присущи свои специфические функции. Зрительная кора расположена в затылочной доле, прямо в задней части мозга, и занимается восприятием и распознаванием зрительных образов. Забавно, что природа именно там решила разместить интерпретатор визуальной информации, получаемой зрительными органами, которые (по крайней мере, у человека) находятся прямо спереди! Но природа вытворяет и куда более странные вещи. Так, за левую половину человеческого тела практически полностью отвечает правое полушарие, тогда как за правую – почти исключительно левое, поэтому чуть ли не все нервы, идущие в головной мозг или выходящие из него, по необходимости должны перекрещиваться[22]! При этом в случае зрительной коры правая ее часть связана не с левым глазом, а с левой частью поля зрения обоих глаз.[23] Аналогично, левая часть зрительной коры связана с правой частью поля зрения обоих глаз.

Это означает, что нервы от правой части сетчатки каждого из глаз должны идти к правой половине зрительной коры (вспомните, что изображение на сетчатке перевернуто по отношению к источнику), а нервы от левой части сетчатки – к левой половине коры (рис. 9.2). Таким образом в левой и правой частях зрительной коры формируется четкое отображение правой и левой областей поля зрения, соответственно.

современные «аксиоматизаторы математики». Доказательства Эвклида блестящи, прекрасны, восхитительны – но это рассуждения о мозговых программах – о их потенциальных продуктах (разумеется, без упоминания этих вещей), а вовсе не об аксиомах. А аксиомы (и постулаты) Эвклиду были нужны совсем для другой цели. В его время в городах греческого мира распространилось такое явление как софисты. Это были люди, которые за деньги брались защищать или опровергать любой тезис. Любой мог заплатить софисту, чтобы тот публично опроверг то, что будет доказывать геометр. И вот, для борьбы с софистами к собственно геометрии (уже давно готовой и ни из каких аксиом не выведенной) и были добавлены аксиомы и постулаты. Аксиомы – это были такие истины, которые греческое общество считало само собой разумеющимися («..целое больше части..»), и если софист такое пытался бы оспорить, то его просто высмеяли бы. А постулаты – это были такие вещи, которые перед рассуждением договаривались (со зрителями) считать истинными («..вокруг любой точки можно обвести окружность с любым радиусом..»). На самом деле невозможно вокруг любой точки обвести круг с любым радиусом (если мы имеем в виду реальное рисование на песке, как это делали греки) – и софист сразу бы напал на геометра, как только он попытался бы рисовать окружность (а она обводится уже и в самом первом «предложении» Эвклида и постоянно потом). Софист сказал бы, что, вот, есть случаи, когда окружность обвести невозможно и, пожалуйста, – пшшш! – теорема лопнула, она не верна! (И софист честно заработал данные ему богачом деньги – опроверг геометра!) А вот, если предварительно договорились считать, что всегда можно вокруг точки обвести круг (если приняли такой постулат), – то софист это оружие уже пускать в ход не мог... Аксиомы и постулаты были оружием борьбы против софистов – а вовсе не «основой геометрии». Лишь спустя тысячелетия в них увидели совсем другое – когда сами захотели уйти по неверному пути и «аксиоматизировать математику».

[22] **В.Э.:** Я думаю, что этот общий принцип «перекрещивания» выработан Естественным отбором для предотвращения одновременного поражения как органа, так и центра его управления при травме одной стороны организма, как я это пояснил в {PENRS4}.

[23] **В.Э.:** Сигналы от двух глаз, отображающие один участок пространства, должны стекаться вместе, чтобы можно было сравнить степень поворота глаз, установить их разность и тем самым – расстояние до видимого объекта. «Глубина пространства» устанавливается (т.е. вычисляется) в первую очередь этой разностью поворота глаз при фокусированном изображении.

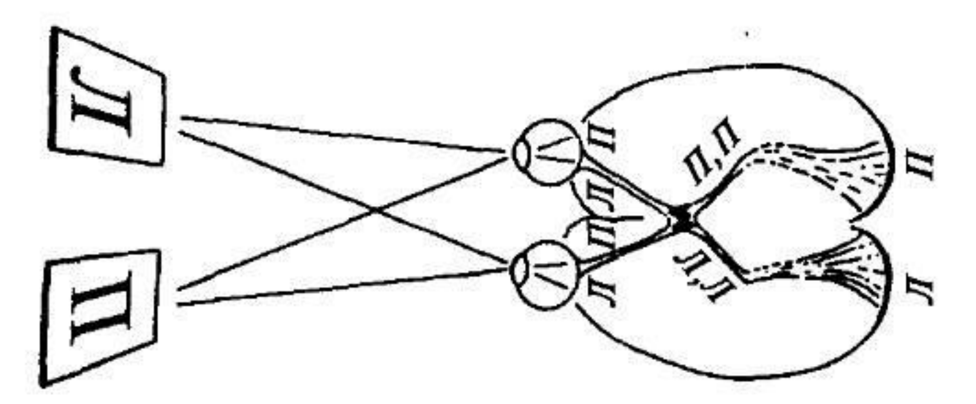

Рис. 9.2. Левая сторона поля зрения обоих глаз отображается на правой половине зрительной коры, а правая, соответственно, на левой (вид снизу; обратите внимание, что предметы на сетчатке отображаются в перевернутом виде)[24]

Сигналы от ушей приходят на противоположные части мозга столь же замысловатым образом. Правая слуховая кора (часть правой височной доли) обрабатывает в основном звуки, поступающие слева, а левая слуховая кора – звуки, поступающие справа.[25] Обоняние кажется здесь исключением из общего правила. Правая часть обонятельной коры, которая расположена в передней части большого мозга (в передней доле – что уже само по себе является исключением для сенсорной области), отвечает в основном за правую ноздрю, а левая часть – за левую ноздрю.[26]

Осязание связано с областью затылочной доли мозга, которая носит название соматосенсорной коры. Эта область находится как раз за условной границей, разделяющей лобную и теменную доли. Между различными частями поверхности тела и отдельными участками соматосенсорной коры существует довольно своеобразное соответствие. Иногда оно изображается графически в виде так называемого «соматосенсорного гомункулуса» – искаженной человеческой фигуры, изображаемой лежащей вдоль соматосенсорной коры, как это показано на рис. 9.3.

Правая часть соматосенсорной коры принимает осязательные сигналы, идущие от левой стороны тела, а левая – с правой. В лобной доле непосредственно перед границей с теменной долей находится участок коры, известный как двигательная кора. Он приводит в движение различные части нашего тела. И опять мы встречаемся с точно определенным соответствием между мышцами нашего тела и зонами этого участка мозга. Как и в случае с осязанием, эти связи

---

[24] **В.Э.:** На сетчатке предметы изображаются «вверх ногами» (иначе не может быть, поскольку линза переворачивает). Но в дальнейшей обработке мозг опять «переворачивает» изображение, привязывая его к своей системе кодирования пространства. Но эта связь между изображением на сетчатке и системой кодирования пространства не является жесткой (физиологической, «хардверной»). Она – динамическая связь, устанавливаемая программами путем поиска пригодной интерпретации. Об этом свидетельствуют эксперименты с очками, переворачивающими изображение «вверх ногами». Испытуемые, которые надевали и носили такие очки, сначала видели весь мир перевернутым, и чувствовали себя в нем очень неуверенно. Однако вскоре они «привыкли», и мир опять стал для них «нормальным», несмотря на очки. Зато теперь, когда очки сняли, мир опять «перевернулся вверх ногами», и люди чувствовали себя в нем плохо, уже без переворачивающих очков – пока опять не привыкли. Это доказывает существование в мозге динамических интерфейсов, в которых связь между отдельными системами мозга не является жесткой, врожденной, а устанавливается по принципу «наилучшей интерпретации» поступающих сигналов. Такие динамические интерфейсы существуют не только в зрительной области, и они играют большую роль в различных психологических феноменах, например, целиком на них основаны явления гипноза, «раздвоения личности» и др.

[25] **В.Э.:** Поступающие справа – но от обоих ушей. Сигналы об одном и том же звуке с обоих ушей должны стекаться вместе, чтобы по разности во времени и интенсивности звука программа могла вычислить направление, откуда звук пришел.

[26] **В.Э.:** Видимо, это потому, что обоняние, во-первых, самый древний из сенсорных аппаратов, а, во-вторых, он меньше чем зрение, слух или двигательный аппарат, влияет на спасение в случае опасности. В основном обоняние предназначено для определения пригодности чего-либо в пищу и для выслеживания пищи, а не для того, чтобы самому спасаться бегством.

можно графически изобразить в виде «двигательного гомункулуса» (рис. 9.4). И снова правая часть двигательной коры отвечает за движение левой стороны тела, а левая – правой.

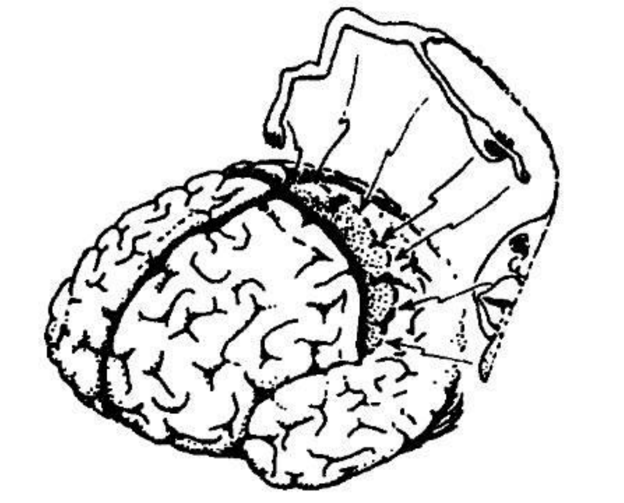

Рис. 9.3. «Соматосенсорный гомункулус» наглядно иллюстрирует участки коры головного мозга, расположенные сразу за линией, разделяющей лобную и теменную доли и непосредственно связанные с частями тела, откуда поступает осязательная информация

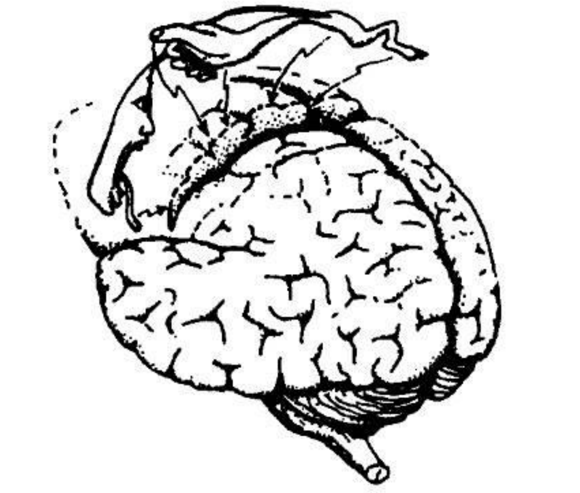

Рис. 9.4. «Двигательный гомункулус» наглядно изображает участки коры головного мозга, примыкающие к линии раздела между лобной и теменной долями, которые непосредственно приводят в движение различные части тела

Все упомянутые выше зоны коры головного мозга (зрительная, слуховая, обонятельная, осязательная и двигательная) называются <u>первичными</u>, поскольку именно они непосредственно осуществляют прием поступающих в мозг и передачу исходящих из него сигналов. Рядом с ними расположены <u>вторичные</u> зоны, предназначенные для более тонкой и сложной обработки сенсорной информации (рис. 9.5).

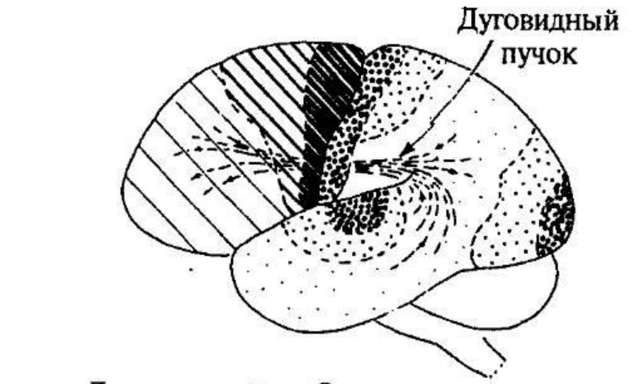

Рис. 9.5. Функции большого мозга (грубая схема). Сенсорная информация извне поступает в первичную область восприятия, последовательно обрабатывается до мельчайших деталей во вторичной и третичной сенсорных областях, затем передается в третичную двигательную область, и, в конце концов, в первичных двигательных областях преобразуется в точные инструкции к действию

Сенсорная информация, полученная зрительной, слуховой или соматосенсорной зоной коры головного мозга, обрабатывается соответствующими вторичными областями, после чего вторичная двигательная область вырабатывает план движения, который переводится первичной двигательной областью на язык прямых команд, непосредственно адресованных мышцам. (Мы не будем касаться обонятельного участка коры, поскольку он функционирует иным и малоизученным пока образом.) Остальные участки коры головного мозга относятся к разряду <u>третичных</u> (или <u>ассоциативных</u>). В этих областях в основном и выполняется наиболее сложная и характеризуемая высокой степенью абстрагирования часть умственной деятельности. Именно здесь при определенном участии периферической нервной системы собирается воедино и подвергается всестороннему анализу информация, поступающая от различных сенсорных участков; здесь происходит запоминание, складываются картины внешнего мира, намечаются и оцениваются планы действий, распознается и генерируется речь.[27]

Приложение № 3. Размышления над алгоритмом топокодера

2012.02.16 13:03 четверг

В Приложении № 2 Роджер Пенроуз хорошо описал (с анатомической точки зрения) те участки (зоны) человеческого мозга, которые участвуют в работе топокодера. Но нас сейчас больше интересует собственно принцип работы топокодера – как он может быть устроен (у человека или, например, у Доллии).

Я как программист (или как бывший программист) не вижу абсолютно никаких проблем в реализации всех остальных базопрограмм математики – я мог бы всё это сделать на любом подходящем компьютере. Но я должен признаться, что в случае с топокодером всё же некоторая проблема есть: его принцип как-то не совсем до конца понятен.

Ясно, что топокодер должен создавать то субъективное пространство, в котором каждый из нас живет. Ясно, что это субъективное пространство изоморфно «внешнему миру» в мере, достаточной для того, чтобы весь этот аппарат нам хорошо служил при жизни в этом внешнем мире, хотя он и не стопроцентно изоморфен «внешнему миру». Ясно, что это субъективное пространство не существует в виде физического объекта в тех участках мозга, о которых писал Пенроуз, – это субъективное пространство лишь «идеальный» объект Платоновского мира. Но ЧТО тогда существует физически в мозге у человека или Доллии?

Очевидно, что всякому объекту, всякой «точке», которую мы видим, в мозговом компьютере должна немедленно присваиваться «пространственная характеристика». Как ее кодировать – это не проблема: способов может быть много. Как ее определить, как установить ее величину, ее параметры – тоже в общем-то не проблема: легко могу представить себе программы, которые на основе информации от соседних участков сетчатки установят координаты данной точки – если известны координаты окружающих точек.

До сих пор понятно, но откуда взялись координаты «первой точки»? Тоже ясно, как это решить: нужно делать всевозможные интерпретации, пока вместо первоначального хаоса не получится слаженная картина. Нужно выбирать наиболее «осмысленную» интерпретацию из всех возможных (это общий принцип мозга: он и в других местах часто так делает). Это тоже могу реализовать в компьютере.

Проверка «наилучшей интерпретации» видимой картины должна проводиться непрерывно – это не разовый процесс, а эти программы должны циклить, постоянно проверяя интерпретацию.

Как взаимодействуют топокодер и объектоконструкторы или вообще программы бокоанализа?

Как можно «в мыслях» переместить предмет? Нужно создать копию его номиналии и в ней присваивать координаты этому предмету по системе топокодера. Эта номиналия будет стоять отдельно, вне зрительного поля, но ее координаты будут сравниваться с координатами объектов из зрительного поля. Тоже вроде нет проблем с реализацией в компьютере.

Как «в мыслях» провести линию? Нужно создать ее номиналию и в ней присваивать ее точкам координаты по системе топокодера. Опять она будет находиться вне зрительного поля, но координаты сравниваются. Опять понятно, как это сделать в компьютере.

[27] **В.Э.:** Вся эта «география мозга» несомненно важна для нейрофизиологии и интересна сама по себе. Но всё же она не дает ключа к пониманию сущности интеллекта. Неужели, чтобы создавать искусственный интеллект, нам надо обязательно воспроизводить именно эти зоны Вернике и Брока́, эти мозжечки и таламусы, эти серые и белые вещества? (А если не это, тогда – что?). Всё это не дает понимания, каким образом в мозге появляются абстрактные понятия, такие, как числа, как возникает понятие о бесконечности, как осуществляются математические доказательства. Объяснение всего этого требует совсем других понятий и других методов, нежели «география мозга» – и эти методы предлагает Веданская теория.

Так что же мне тогда не понятно в работе топокодера? Пожалуй, только одно: а нужно ли для него что-нибудь еще? – или это всё?

Скорее всего, что это всё – применим «лезвие Оккама» и не будем вводить «лишних сущностей».