

Охота за устройством головы

Гусев Владислав Владимирович

канд. физ-мат наук

Предисловие

Этот текст я написал очень давно с единственной целью: мне казалось важным вовремя зафиксировать смутные догадки, как я лично эксплуатирую свой мозг. В то время я часто и с интересом об этом думал. Конечно, такая степень рефлексии – вещь невероятно трудная и, наверно, безнадежная. Вряд ли можно надеяться отделить реальность от надуманного, но я честно пытался. И хорошо сделал: теперь, когда в мои годы жизнь больше не понуждает меня мыслить так же активно, мои ощущения стерты, и я не могу сколько-нибудь объективно свидетельствовать, сплошные рассуждизмы.

Делалось это для себя, но одновременно мне всегда хотелось поделиться этими мыслями с собратьями по перу (software developers, с ними, потому что мало кто еще так систематически продуцирует мыслительные модели) и найти в них согласных или оппонентов. Никаких открытий и экскурсов в публикации по вопросу, исключительно для сравнения личных представлений о процессе.

Модель на модели сидит и моделью погоняет

При столкновении с любым новым объектом, который мозг вычленяет из общего потока ощущений, немедленно строится какая-то модель этого объекта. Сначала это абсолютно примитивный и неясный набор ассоциаций типа "на что это похоже". По-видимому, всегда и обязательно работает схема отталкивания от уже известного, или, в моих ощущениях, клонирования какой-то уже устоявшейся модели другого объекта с отбрасыванием множества неподходящих частных свойств. Это для начала необязательно модель реального объекта, скорее это какой-то наработанный шаблон с мощной долей абстракции (много неопределенного). На этом этапе часто срабатывает вербальный слой знаний (или рациональная форма мышления, о которой речь будет ниже), и новой модели по наследству сходно "пришивается" старое название (плюс пара атрибутов, чтоб не спутать), живущее очень консервативно и редко изменяемое в процессе углубления знания. Позже может возникать много вопросов о забытом и уже анекдотическом происхождении термина.

Примеров полно. Но, стыжусь, сходно придумать не удастся. В голову лезут одни только переиспользования терминов ввиду либо единства функционального назначения, либо внешнего сходства формы, и т.д. Хотя как сказать, ведь распространение старого термина на новый объект из-за сначала озарившего подобия функционального назначения с полной заменой внутренностей модели – это ж тоже пример.

Итак, знать объект – это значит иметь его модель в голове. Даже если "знать" основано на примитивнейшей модели в ее начальном состоянии, главное в процессе сам факт, что знание вычленено в модель. Модель – это то, что в любой

момент времени может подсказать ожидаемые отклики от объекта и позволить сравнивать их с реальными откликами.

После этого в долгой практике с данным объектом происходит "наслаивание" впечатлений об объекте на уже стабильно откликающуюся модель, она усложняется. Главный механизм познания, заключающийся в коррекции модели, работает как компараторная схема, когда постоянно сканируются подтверждения модели и отклонения от нее. Подтверждения делают элементы модели более "твердыми", плохо модифицируемыми. Отклонения размывают неподходящие элементы модели, делают их более "летучими", и, главное, приводят к усложнению модели, к достройке ее новых элементов и возможной реструктуризации.

В скобках: заскорузлые и летучие представления о чертах объекта – это так реалистично. Я помню замечательные лекции 1960-х, кажется, В.Г.Сраговича в ВЦ АН СССР по играм автоматов, где строилась очень красивая модель того, как и почему выгодно поверхностно мыслить городскому жителю и оставаться твердым в своих вековых убеждениях сельскому жителю – каждому по причине тренирующих воздействий своеобразной окружающей среды.

Само по себе интересно, как происходит распознавание подходящей модели, как происходит какой-то "резонанс". Но это "обычная механика" мозга, она здесь не обсуждается. Трудно, но вообразимо. Имеются развитые модели этого процесса типа нейронных сетей. Ниже я буду называть это слоем ассоциативной памяти, и неважно, каким механизмом (или механизмами) этот слой обеспечивается.

Сталкиваясь с совершенно новым объектом, мозг все равно обнаруживает "резонансную" модель. Если обнаруживаются слишком большие отличия, когда улучшать уже нечего и легче отбросить, принимается решение о клонировании новой модели как упрощения исходной. Модели не образуют какое-то плоское пространство, здесь есть своя "таксономия".

Может быть так, что при выявленных на поверхности отличиях (например, сбой восприятия в необычных условиях) через какое-то время обнаружится, что отличия были несущественными, то есть, что мозг в первый момент не распознал какой-то уже известный ему объект. Тогда новая отдельная модель отбрасывается, а старая модель усложняется, чтобы вобрать это новое "несущественное".

Ну, тут примеров у каждого, я думаю, полно: да хоть бы и временное и даже эмоционально неприятное неузнавание местности при необычном освещении. Я здесь применяю термины "объект" и "модель" в очень широком смысле, под них попадает буквально все, чем оперирует мозг.

Казалось бы, что если математик занимается отвлеченными размышлениями (выводами), то модели (не математические, а объектные) не нужны, не с чем сравнивать отклики.

Однако это не так. Математику ничто человеческое не чуждо: например, термин "(киевский) веник" применительно к разновидности метода

динамического программирования. Но и более глубоко, математик имеет какие-то модели, основанные на опыте процессов вывода (применительно к какой-то топологии отношений между абстрактными объектами), они позволяют ему не совсем вслепую вести цепочку выводов, предугадывая успех-неуспех. И точно так же эти модели с приобретением опыта претерпевают изменения и накапливаются. Иными словами и забегая вперед, можно сказать, что наряду с моделями внешнего мира в мозгу существуют точно так же функционирующие модели собственных механизмов мышления, эдакие специализированные примеры рефлексии.

Конечно, "математик" – это условно. Или, очень ярко, шахматист. Все люди в большей или меньшей степени занимаются выводами, например, типична деятельность прогнозирования.

Процессы в мозгу. Мышление

Есть набор механизмов мышления, из которых некоторые хорошо осознаются людьми. Один обязательный, пронизывающий все и вся, я уже отметил: это манипулирование моделями. Данный механизм мной воспринимается как обязательная база для других процессов мышления. Можно сказать, что пассивная работа с ассоциативной памятью мозга практически исключена, все работает через механизм моделей: их постоянное сравнение, модификация, клонирование.

Не могу сказать внятно, что я понимаю под манипуляциями моделями. Но в своей научной практике я много сталкивался с различными относительно недавними настойчивыми и наверняка продолжающимися попытками придумать непроцедурные виды программирования.

Тут надо пояснить: программирование – это, по сути, термин, обозначающий передачу машине знания, как решать задачи, после чего она может действовать автономно. Задача задаче рознь, и наиболее просто пошло дело в области процедурного программирования, когда человек уже разжевал все шаги по достижению конечного результата, т.е. наиболее примитивного, но зато и легко применяемого к широчайшей массе задач. Это сфера нашего сегодняшнего применения компьютеров, как бы ни удивляли отдельные программы неочевидностью, каким образом они выводят свои результаты. (Кстати сказать, человеческий мозг, точнее, его логическая составляющая, не так уж всемогущ и легко пасует при попытках понять, "как это сделано".)

А вот непроцедурное программирование – это когда такой разжеванности по шагам нет. Взамен строится такая решающая среда (она могла бы быть и из природных материалов, но компьютерные биты удобнее), что если поместить в нее условия (в частности, цель) задачи, то на выходе вылетает готовый ответ. "Вылетает" не означает, что быстро. Зачастую вовсе не быстро и мучительно. По американской традиции такую решающую среду называют "движок" (машина вывода, inference engine).

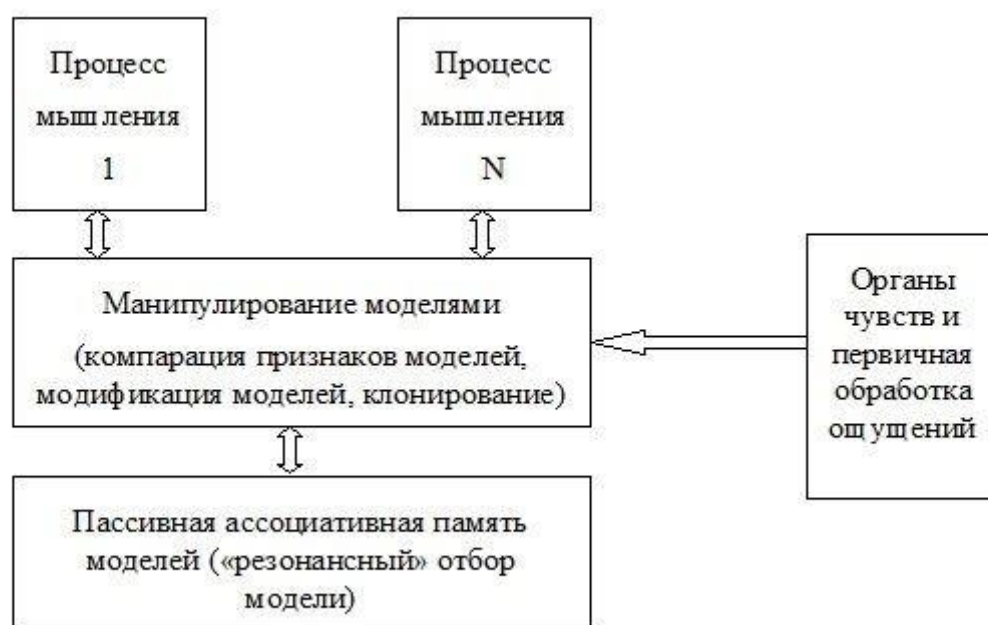
Хитрого в "движках" ничего нет, это все равно изначально "по-процедурному" продуманный человеком набор шагов, приводящих к решению

задачи заданного класса. Тут важнее акцент на классе решаемых задач: все, что можно описать в терминах прилагаемого к "движку" языке, то и можно решить. Главное, что в таких языках, как правило, нет места последовательности, это какие-то дефиниции, правила и так далее и тому подобное. В подробности входить не приходится, но достаточно сказать, что компьютер-сайнс-сообщество на разных этапах было невероятно вдохновлено разными видами непроцедурного программирования, и даже были попытки целиком заменить "процедурные" компьютеры, условно, Фон-Неймана на Пролог-машины. Беда, однако, в том, что применимость того же Пролог-"движка" для задач чуть в сторону от специального класса задач не совсем очевидна, пусть даже с позиций не самого главного соображения эффективности.

Я считаю, что сам факт многочисленных и разных исканий в области непроцедурных "движков" говорит, что наша модель человеческого мышления, а это безусловно были попытки его моделировать, слишком далека от прототипа. Главная причина, мне кажется, – это абсолютно несопоставимые размерности модельных "движков" и непроцедурного "движка" в мозгу. Все-таки наши сегодняшние самые сверхмощные компьютеры даже близко не способны вместить нужный объем правил работы непроцедурного "движка".

Но главное здесь, все равно, – правильная догадка, как работает этот слой человеческого (и не только человеческого) мышления: никаких продуманных шагов, все катится само собой, как только в топку бросается очередное горячее.

Можно нарисовать примерно такую простую схему нашего мозгового "процессора":



Логическое мышление

Еще один всеми признанный механизм – это логическое, рациональное мышление (reasoning). Этот механизм заметно "однопроцессорный", размышлять о нескольких вещах параллельно удавалось, похоже, только Наполеону, а необходимость переключения (то есть упрятывания прерванной мысли с последующей возможностью восстановления) воспринимается многими (мною, так точно) даже как неприятное обстоятельство, требующее больших усилий. Этот механизм признается как довольно медленный, если сравнивать с успехами построения компьютеров, во всяком случае когда он не подкрепляется апелляциями к другим механизмам (интуитивному мышлению). Также данный механизм относительно просто поддается исследованиям: логика занимается построением его научных моделей.

Ровно по этой же причине его относительной простоты людям так заметны встречающиеся дефекты (замутнения) механизма логического мышления (просто дефективная "программа вывода" или даже подавляемая соображениями бытовой, политической и т.д. целесообразности; читай, например, замечательный памфлет Беклемишева "Заметки о женской логике", с которым я не согласен только в одном: это совсем не прерогатива одних женщин). Диагностирование дефектов другого, интуитивного мышления – это уже по части специалистов от психиатрии.

Это я только на всякий случай нарисовал наверху N процессов мышления, надстроенных над непроцедурным всеобъемлющим "движком" манипулирования моделями. На самом деле я не чувствую присутствия чего-то столь же абстрагированного от манипулирования моделями и специализированного, как это имеет место с логическим мышлением.

Интересно, как вырабатывается логическое решение в случае трудных задач проектирования: идет бесконечное и беспощадное сканирование по массе, кажется, противоречий, то есть не находится ни одно реализуемое (некритикуемое) решение. Я уверен, по опыту, что так изнурять мозг в конечном счете может оказываться полезным: после ночного наведения порядка (в слое интуитивного мышления, о чем пишу ниже) какое-то отрицаемое поначалу решение уже понимается как явственно правильное ("утро вечера мудренее"). Я думаю, что здесь дело в начальной неполноте обдумываемых условий, незамыкаемой, как должно было быть, "подкидыванием" частных решений с уровня интуитивного мышления. Но после периода переупорядочения вновь возникавших моделей интуитивное мышление становится способным сообщать недостающие кусочки общей картины.

Интуитивное мышление

Вернемся к "манипулированию моделями". Это несопоставимо более сложный для познания механизм. Создается такое упрощенное представление о нем (невольно вспоминается абстракция В.М.Глушкова – "алгоритм очевидности").

При очень глубоком познании объекта (т.е. имеется его модель, много-много раз полезно эксплуатировавшаяся) возникает какая-то специальная часть ассоциативной памяти, позволяющая не опрашивать ее на предмет вывода ожидаемого отклика, а без напряжения и вывода вытаскивать этот отклик готовым. Такая ассоциативная память – это довесок к модели, с которой постоянно манипулируют (стоит на время перестать это делать, и ассоциативная память стирается, надо начинать с чистого листа "мучительных" логических рассуждений). В результате задействования интуитивного мышления выводы вылетают как бы сами собой, без напряжения. Другое дело, что это мышление, по-видимому, – менее "точное", то есть, выражаясь высоко-научно, по частичным ключам поиска может быть выдан ответ, который в принципе не верен и, по хорошему, должен быть дополнительно верифицирован с помощью механизма логического мышления, благо отбраковка обычно может быть сделана упрощенной проверкой на "граничных условиях". Остальное – дело уверенности в себе (или самоуверенности).

Логическое и интуитивное мышление так же неразрывно связаны, как они связаны с манипулированием моделями. Точнее, интуиция не нуждается в логике, это скорее уже самодисциплина думающего индивида – сомневаться и логически проверять. Животные, не являющиеся чем-то кардинально отличным от человека, все-таки имеют логическую составляющую мышления в меньшей степени, а интуитивное мышление у них есть всегда и даже может превосходить качество человеческого. Наверное, интуитивное мышление – это более древняя форма мышления, восходящее к примитивным рефлексам, а логическое мышление – это результат поздней эволюции.

Для меня вопрос, действительно ли большая часть деятельности человека не апеллирует к логическому мышлению вообще, или всегда присутствует начальный "логический толчок" (волеизъявление), потом просто целиком подкрепляемый нахождением вывода интуитивно. Впрочем, понятно, что правильно первое: выбирая, куда поставить ногу на неровной дорожке в лесу, человек спокойно "думает о другом". Эдакая "низшая деятельность" а-ля животное, обходящаяся исключительно интуицией. (Про животных, может, я зря, но имеется в виду, что объект простой, на уровне рефлексов, и его модель относительно примитивная, притом, что обвешана солидной бородой ассоциативно находимых выводов.)

Вспоминается давний случай. Я вышел из института, по инерции, в глубочайшей задумчивости и, дождавшись проезда грузовика, чуть было не шагнул на дорогу, еще не осознавая, что следом движется еще и прицеп. Вот я считаю, что сработала отрицательная компарация с моделью ожидаемого освещения, и мгновенно выработалась модель коррекции движения с тем, чтобы отшатнуться.

Напротив, логическое мышление целиком "сидит" на слое интуитивного мышления. С уровня логического мышления механизм интуитивного мышления должен смотреться как постоянно работающий фон, все время доставляющий

интуитивные подсказки. (Если логическое мышление запускается человеком почти сознательно, то интуитивное мышление срабатывает "за просто так", по самому факту прохождения запроса к модели.) Другое дело, использовать ли эти подсказки или нет, что зависит от доверия самому себе и доверия других. Вернемся к работе математика: для него такие подсказки – только лишь путеводитель в темноте, его долг все равно представить аудитории логический путь вывода (доказательство). А в жизни все по-среднему: мы без конца опираемся на интуицию, не особенно заботясь о доказательствах в деталях, доставляемое интуицией – это для нас аксиомы.

Следовательно, картина такова, что логическое мышление не умеет "смотреть" в уровень манипулирования моделями без задействования интуитивного мышления и делает это как бы сквозь него. При этом из промежуточного слоя интуитивного мышления могут "вылетать" из ассоциативной памяти натренированной модели готовые выводы. Требуется известная самодисциплина, чтобы их отвергать и обращаться непосредственно к манипулированию моделями.

Еще раз вернусь к логическому мышлению. Очевидно, это совершенно необходимая вещь для совершенного существа, как человек. Но выросла она из того же материала, из которого сделана значительно более универсальная молотилка интуитивного мышления, это просто эволюционная специализация его части. И поскольку, подозреваю, исходные кирпичи не весьма подходящи (как если бы на Прологе нам вздумалось писать родные пошаговые алгоритмы – столь же неприродно), эффективность нашего логического мышления крайне неэффективна в сравнении с компьютерами – медленно, с ошибками и большими затратами энергии.

То есть, у нас в компьютерной науке все шиворот-навыворот по отношению к природе: в природе логическое мышление развивается в недрах интуитивного мышления, а мы, отправляясь от побед своего логического мышления с моделированием его в компьютерах, пытаемся на этой базе воспроизводить модели интуитивного мышления в виде непроцедурного программирования.

Из чего строятся модели

Физиологические исследования сосредоточены на поиске структурных и других признаков наличия знания в мозге. Наверняка работает какая-то гибридная механика. Но можно сказать, что это не принципиально и интересно только с точки зрения познания природы и механизмов эволюции. Подошла бы любым физическим образом реализованная память большого объема. При этом разве что важны ее характеристики оптимальности с учетом того, как протекают механизмы мышления.

Агностицистические подозрения

Другое дело, способы организации хранения информации в такой памяти. (Как известно, способ организации информации – неотрывная вещь от механизмов ее переработки. Поэтому я спокойно говорю о трудностях познания

организации информации, не трогая механизмы мышления. Поймешь одно – поймешь и другое.) Мне кажется, именно этот момент наиболее плохо поддается изучению (моделированию, т.к. смотреть на "биты" хранения – вещь безнадежная). Приходит даже в голову мысль, что человеческие механизмы мышления в принципе, прямо по своему "схемному решению", ограничены в самопознании, в рефлексии. То есть, расскажи кто – пойдем, а вот самим наблюдать мыслительное поведение и строить реалистичные модели мозга – увы. И это может быть не тот случай, как с принципом неопределенности в квантовой физике: нам в принципе невозможно объять мозгом, просто даже догадаться, что есть еще что-то, довершающее картину.

Я не настаиваю, что естественная граница присутствует. Я просто допускаю такое. Заставляет так думать вот что: ну, нарастили мы масштабы "движка" манипулирования моделями до невероятия, и вроде как оно все должно дальше покатиться само собой и начать нам демонстрировать воспроизведенное божественное чудо – как-то не верится. Такое чувство, что здесь ясное противоречие: мы слишком много, в сравнении с нашими невероятно скромными мыслительными возможностями, должны додумать, прежде чем запустится механизм саморазвития. С другой стороны, я видел массу своих смешных неспособностей вообразить достаточно простую скрытую от меня картину мной же собственноручно написанных, но забытых (распрекрасно структурированных) алгоритмов.

Целеполагание

Я много еще давно думал, в пору занятий цифровым моделированием, что ускользает, когда воображаешь модель человека (или, лучше, социума), почему никакие наши модели совершенно ничего не напоминают "человеческого". Я думаю, одно очень существенное отличие: это бесконечная череда стимулов для человека решать какие-то задачи.

Я уж было приготовился зачислить это постоянное целеполагание в то возможное непознаваемое, о чем написал вверху. А с другой стороны, разве нельзя сказать, что здесь все просто: идет постоянный конфликт между "хорошим" и "плохим", что человек полагает (имеет моделью) правильным и с чем сталкивается в ощущениях реально? То есть, опять все сводится к компарации моделей и выводу решения, "что делать".

Другое дело, откуда берется модель лучшего, чем есть? Во многих случаях это тоже просто: какая-то экономия ресурсов организма, ощущаемая потребность в поглощении дополнительных ресурсов, удовлетворение заложенных эволюцией "центров удовольствия" (то же самое, но неосознанно) и даже, я считаю, достижение красивой (в смысле, простой) структуры. И распространяется такое целеполагание буквально на все, включая внутреннюю работу, когда наверняка интуитивный слой без конца работает над переупорядочением и лучшим, возможно, более экономным расположением моделей в памяти. Разве у вас не было чувства, что вы стали лучше представлять что-то, лишь "переспав" с этим? Или, вы чувствуете себя "профессором" не в результате подготовки к

студенческому экзамену, а уже после экзаменационного потрясения? (Странно, что я приравниваю сон и экзаменационное потрясение. Может быть, важна не встряска, а немедленно наступающая затем релаксация? Об этом еще немного ниже.)

Резюме

Наверное, я перемудрил с усложненной картиной мозга и уже не понимаю, зачем мне понадобилось в 2008-ом отличать слой манипулирования моделями от интуитивного мышления. Наверно, лучше промахнуться в сторону переупрощения, но зато сформулировать больший конструктив, чем многозначительно намекать на непонятные якобы могущие быть вещи. Принцип Ньютона "гипотез не измышляю".

Поэтому подытожу так. Я вижу три слоя, один над другим:

- логическое мышление (очень похоже на наши компьютеры, фактически почти никаких загадок). Очень слабенькое и к тому же способное выдавать "фортеля" из-за постоянного, ради ускорения, некритического привлечения промежуточных решений из слоя интуиции. (Еще раз, посмотрите, как мы спорим!)

Логическое мышление явственно запускается, по усилию воли или в силу обстоятельств, по приказу от интуитивного слоя. Обратное воздействие – считай, нулевое (не буквально нулевое, на уровне восприятия ощущений). Мне кажется, что каналы связи уровня логического и интуитивного как-то ограничены в том смысле, что запуск логического мышления возникает по очень малому количеству обстоятельств (по отношению к накопленному в более низких слоях). Во всяком случае у меня всегда было ощущение, что новое рациональное знание способно выталкивать (заставляет "забывать") что-то из старого, как будто речь идет об объемных ограничениях. (Выучил новый стишок -- забудешь старый.)

- интуитивное мышление. Здесь все непонятно. До невероятия громадная вещь, если сравнивать с возможностями по памяти современных компьютеров. Это само по себе не память, это "движок", но записать принципы функционирования такого непроцедурного движка в память современных компьютеров абсолютно невозможно. И тем не менее, по моему представлению, это решатель задач, вполне напоминающий разные недавние модели непроцедурного программирования. Я не могу отделаться от ощущения, что "модель" – это самое подходящее (признаю, размытое) понятие того, чем как элементарной единицей манипулирует интуитивный "движок". Набор действий такого "движка" даже можно вообразить: компарация, тотчас же выработка на этой основе новой модели, которая либо сольется с одной из исходных в силу малой отличимости, либо приведет к запоминанию как особенной. (Пожалуй, что мне непонятно, это бессчетное число "проекций" модели, под влиянием выбора которой возникают все новые акты поиска, с чем и под каким соусом сопоставлять. Размерность этого

процесса совершенно невозможно вообразить, но это ничего, при нашем простеньком логическом умишке, не доказывает).

Интуитивное мышление работает всегда, никаких насильственных приказов извне оно не воспринимает (только "наблюдательные", пассивные сигналы от органов чувств, включая, рефлекторно, от слоя логического мышления). Но повторяющаяся деятельность уровня логического мышления, выражающаяся в решении одних и тех же задач, часто, даже буквально со второго раза, приводит к закладыванию моделей решения в слой интуитивного мышления (так называемый опыт и интуиция). В каком-то смысле интуитивное мышление – примитивное, эдакая молотилка – безостановочно сжирает все вокруг и порождает задачи для себя в том числе и само.

Среди важных задач этого слоя – постоянная мета-задача улучшения организации хранимых моделей, некое отдаленное подобие "сборки мусора" в программировании. По-моему, во сне, когда подавляются все внешние сигналы, процесс улучшения организации хранилища моделей идет наиболее интенсивно. Как будто сон и нужен для лечения головы.

Кстати, отвлекусь, этот пересмотр моделей, похоже, задевает также объем того, что по приказу интуитивного слоя возбуждается время от времени в слое логического мышления – уменьшить "за ненадобностью"! Отправить в архив! Становится страшно: и не замечаешь, как неуправляемо уходят на периферию излюбленные мыслительные ходовки. Перефразируя "я знаю, что я ничего не знаю", как знать, что я забыл, что знал? А яркие ночные сны, даже не вспоминаемые, чуть замешкаешься, по утру, не связаны ли с тем же процессом пересмотра?

- последний совершенно пассивный, но могучий, как все в природе, слой ассоциативной памяти. Как и слой логического мышления – "это мы уже проходили", то есть загадок немного.

Гусев Владислав Владимирович

канд. физ.-мат наук

Охота за устройством головы