

Посвящается юбилею журнала «Цифровая Обработка Сигналов»

ОСНОВНОЙ ВИДЕОПРОЦЕССОР НАШЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ – УНИКАЛЬНЫЙ ПРИМЕР ЭВОЛЮЦИИ В НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ?

Киричников А.П., член редколлегии журнала ЦОС

Введение

Данная работа преднамеренно выполнена в научно-популярном стиле, чтобы донести до максимального круга специалистов в области цифровой обработки изображений фундаментальные вопросы человеческого зрения и видеообработки, происходящей в глазу, и обсудить наиболее массовые заблуждения в этой области.

Образ глаза как биологического аналога 130Mpix-камеры со специальными «ночными» режимами, сложившийся у наших современников, не выдерживает никакой критики. Огромное количество явных и неявных ошибок в научной и учебной литературе по поводу механизма зрения, и даже строения глаза, заставляет задуматься об объективных причинах этого явления. Например, сославшись на эпиграфы и проанализировав успехи наук о мозге, частью которого глаз безусловно является (а за последние 50 лет эти успехи более чем скромны [1,2,3,...] при колоссальных затратах!), придем к малоутешительному выводу о «встроенном» ограничении на самопознание. Но хотя бы поверхностный, инженерный, взгляд на проблему должен же быть нам позволен (!), чем и воспользуемся (в противном случае специалистам по видеообработке и быстродействующим процессорным системам было бы «и в зеркало глядя, трудно сохранить лицо»...).

Глаз и Видеопроцессор

Внесем, для начала, некоторую ясность для корректного понимания всем известной конструкции глаза, где двухлинзовый объектив из роговицы (+40 дптр) и перестраиваемого хрусталика (max +18 дптр) с диафрагмой радужной оболочки через прозрачную среду стекловидного тела и «водянистой влаги» (+4 дптр) проецирует перевернутое изображение на фоточувствительный слой, называемый сетчаткой (рис.1) [4,14]. Но вот далее – менее известные факты. Обратная (инверсная) сет-

«...И даже самый глаз не может, несмотря на совершенство строения, видеть самого себя!»

У.Шекспир

«Сетчатка – это наиболее передовая часть мозга.»

(перепраируя Дж.Даулинга)

чатка человека представляет собой 10-слойное сложное образование, где светочувствительные клетки (палочки и колбочки) находятся не впереди – торцом к свету, как многие полагают, а на самом дне, занимая менее 15 % толщины сетчатки и торцом упираются в темный (светопоглощающий) пигментный слой.

Светочувствительным слоем на дно – это даже в свое время стало предметом спора дарвинистов и креационистов: слишком неоптимальной представлялась подобная конструкция, как предмет творческого замысла. А модернизационный потенциал такой схемы обе стороны не могли осознать (споры продолжаются и поныне, причем высказывается масса претензий к разработчику(!), биолог-эволюционист Р. Дюкинс в 1986 году даже озаглавил свою книгу «Слепой часовщик»).

Таким образом, главная структура сетчатки (сюда следует включить также глазной нерв) – это Видеопроцессор Глаза, соединенный с одной стороны с фоторецепторами, а с другой – граничащий со стекловидным телом (далее Видеопроцессор). Сквозь его разводку и элементы коммутации (по иронии они называются «биополярными клетками» – созвучно некоторым электронным схемам) свет, пройдя через хрусталик и стекловидное тело, теряясь и рассеиваясь, «пробирается» к боковым (!) поверхностям светочувствительных клеток, падает на них под острым углом и создает дифракционную картинку [5].

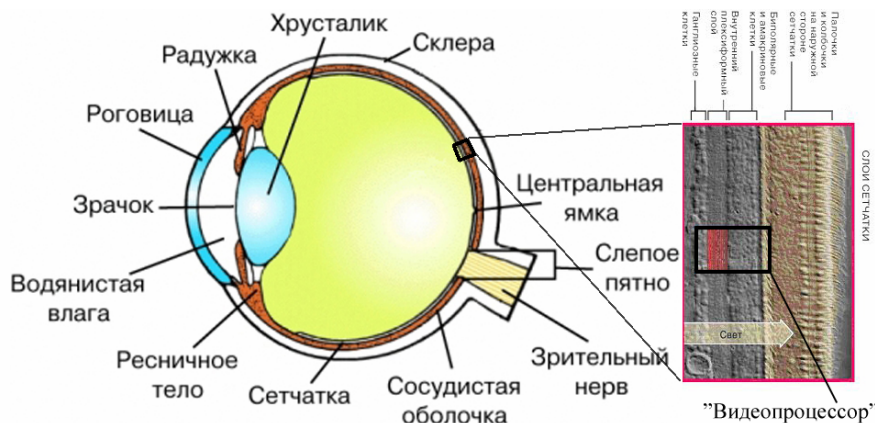


Рис. 1



Именно поэтому при анализе разрешающей способности глаза, так называемой «остроты зрения», неприемлем прямой «Рэлеевский» подход (угловое разрешение $1,22 \lambda/d$ – от длины волны и диаметра зрачка) – здесь уже массовая ошибка из учебников по физике и оптике, описывающих глаз: это не про глаз человека, разрешение которого много выше и, особенно, при сильно суженном зрачке!

Феномен зрения преподносит много элегантных решений – от конструкции фотосенсоров с выращиваемой в темноте (за 20 минут!) складчатой мембраной для получения чувствительности 10-20 фотонов и суммарного динамического диапазона более 10 порядков¹, до тонких решений кинематики и гидравлики. Но нас будет интересовать прежде всего видеообработка полученных от сенсоров сигналов возбуждения.

Обзор алгоритмов

Рассмотрим некоторые алгоритмы Видеопроцессора и попытаемся разделить их по функциональному признаку:

- Алгоритмы (программы) жизнеобеспечения (локальные контроллеры давления, температуры, влажности; управление механикой). Кроме того, многие ткани глаза, по-видимому, представляют собой биологические жидкие кристаллы (с потенциальным управлением?), и большинство известных неинфекционных болезней глаза, вероятно, можно свести к расстройствам, вызванным нарушениями в цепях обратной связи (контуры управления в области локальных контроллеров Видеопроцессора). Отсюда и феномены моментального излечения, когда внешнее воздействие (обычно ультразвук или ИК, но может быть и просто стресс!) восстанавливает обратную связь с участком, после чего сразу исчезают помутнения и другие симптомы. Это обнадеживает, хотя и не дает возможности вылечить многое «каплями».

- Калибровочные алгоритмы также жизненно важны для функционирования зрительной системы. Зрительный тракт во многих случаях является инструментом коррекции ошибок других сенсорных цепей (слух, тактильное восприятие и пр.), но до этого сам зрительный тракт должен быть хорошо откалиброван. Происходит это в первые годы жизни человека – только к полутора годам острота зрения ребенка достигает значения 0,5 (а в первые полгода – все видится как плохо собранный пазл, и весьма расплывчато). И дело здесь не столько в быстром росте и соответствующих геометрических проблемах глаза – аккомодации эластичного детского хрусталика было бы достаточно, чтобы с этим справиться, сколько – в сборке и настройке Видеопроцессора. При рождении заложена необходимая избыточность и структуры строятся как по генетическому проекту, формируя специализированные участки сетчатки (по функциональному виду клеток и типу обработки), так и под воздействием внешних стимулов, а главное – по результатам проведения необходимых калибровок по тест-объектам. Последнее особенно важно, чтобы разрешить совместную задачу настройки аккомодации и «фокусировки» дифракционной картинки. При этом требования к такому тест-объекту могут быть сформулированы следующим образом:

- он должен быть достаточно крупным, несимметричным, характерной формы и содержать при этом мелкие детали для уточнения юстировки;
- образ его должен быть заранее занесен в память в нескольких проекциях;
- желательна априорная информация о его возможной угловой ориентации относительно оси глаза;
- объект должен располагаться в зоне оптимального зрения и расстояние до него должно быть известно (например, антропометрически) с хорошей точностью – чтобы разрешить противоречие при одновременной расфокусировке хрусталика и «сведении» дифракционной картинки Видеопроцессором.

И мы знаем такой уникальный объект (рис.2), притом с пропорциями «золотого сечения» – это кисть руки ребенка! (При этом основное положение при калибровке – рефлекторное мышечное, с открытой ладонью).



Рис.2

Недаром дети в раннем возрасте часами рассматривают свои ручки во всех проекциях, а изображение руки при этом проходит все стадии восприятия – от мутного подобия кленового листа (к ним многие потом неравнодушны!) до прецизионной «настроечной» таблицы с тонкими черточками перетяжек и четкими границами ногтей (хотелось бы подтвердить этот тезис авторов опытами, но психика ребенка слишком тонкая материя, чтобы вмешиваться). Потом, когда работа сделана, эта чудесная (местами, многократная!) избыточность в структуре сетчатки исчезает...

- Компенсирующие и адаптационные алгоритмы. Финалом калибровочных мероприятий являются компенсирующие алгоритмы, призванные всю дальнейшую жизнь прецизионно корректировать «конструкционные» недостатки глаза (еще на заре увлечения точной оптикой исследователь середины XIX века заметил, что, если бы ему принесли глаз как оптический прибор, он потребовал бы вернуть его изготовителю ввиду очень низкого качества оптики!).

К данному виду алгоритмов отнесем:

- широко известный «оборот изображения» (а на самом деле – цифровая компенсация индивидуальной, и местами хаотичной, схемы коммутации зрительного нерва, а не просто улучшение «двухлинзового объектива»);
- компенсация «слепого» пятна (место входа зрительного нерва);
- устранение менее известной «слепой» сетки (затенение «картинки» сосудами питания «процессорных слоев» в области кольцевого зрения);

¹ $3 \cdot 10^{-4}$ лк – звезды без луны; $3 \cdot 10^3$ лк – операционное поле хирурга; $10^4 - 10^5$ лк – пляж на солнце.

- полная или частичная компенсация впоследствии приобретенных дефектов/травм (поражения сетчатки, кровоизлияния и пр.)

- компенсация насыщения засвеченных сенсоров (борьба с «блюмингом»).

Эффекты компенсации, по-видимому, достигаются посредством корреляции обработки с микроперемещением оптической оси (высокочастотная компонента так называемых микросаккад – частых произвольных (автоматических) [6] скачков глаза с частотой до десятков герц и амплитудой от нескольких угловых минут до 1°) и использованием памяти. Микросаккады при этом, помимо других, менее значимых с нашей точки зрения функций коррекции кинематики глаза, выполняют и более важную роль – «перебрасывают» одни и те же фрагменты изображения на разные, специализированные, участки нейронной сети (где могут в тот момент доминировать различные алгоритмы обработки), способствуя уточнению распознавания дифракционной картинке и всего фрагмента изображения. Этот механизм, наряду с тремором, вероятно и обуславливает существенное увеличение разрешающей способности зрения. Одновременно решается проблема компенсации влияния неоднородностей стекловидного тела и девиации чувствительности сетчатки. (Проблемы здесь аналогичны современным – в космических спутниках оптического зондирования тоже приходится компенсировать динамические неоднородности атмосферы. Результаты, достигнутые в Видеопроцессоре, могли бы иметь здесь хорошее применение!)

• Обеспечение безопасности (распознавание угроз, формирование команд, управление рефлекторными реакциями). Особенностью этих быстродействующих алгоритмов является допустимость большого процента ошибок – в соответствии с концепцией безопасности объекта. Много тысячелетий основной задачей такового было не попасть кому-нибудь в пасть и не встать на пути летящего предмета. К этому нужно добавить критерий защиты непосредственно глаза, для которого опасностью может быть и струя жидкости (яда), и температурная аномалия (ток воздуха) при пролете объекта (большого насекомого) вне поля зрения. Вот и сейчас, если показать человеку на экране большое контрастное пятно, которое вдруг резко увеличится в размере – он рефлекторно отпрянет, поскольку сработает один из таких алгоритмов (анализ производной угловой величины объекта). Но есть и более глубокое их влияние – поведенческое.

• Сложная видеобработка, предполагающая по обратной связи макроперемещение точки фокусировки при сканировании объектов (именно здесь видна траекторная разница при рассмотрении знакомых и новых объектов, а также реализация т.н. стратегии обзора – кстати, весьма индивидуальной для разных народов). Но это, главным образом, подготовка данных Видеопроцессором для зрительного отдела мозга – с дальнейшим использованием его большой памяти, распознаванием, обучением и пр. Все соотношения, перспективы и оценки расстояний, видимо, формирует также сам глаз [6], строго отмечая равенства расстояний и равенства от-

ношений. Например, перед любым прыжком (через яму!) делается автоматический анализ видимой перспективы и измерения неизвестных расстояний по отношению к известным. При движении же особенно «ценится» постоянство угловой величины видимости предмета. (Именно так утята, например, определяют дистанцию. Если размер утки впереди изменить в 1,5 раза – на столько же изменится дистанция, выбираемая утенком).

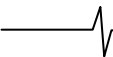
Отметим здесь, что попутно раскрывается и загадка притягательности «Золотого сечения» – это лишь реализация глобального «Принципа совпадения», всегда отмечаемого центром удовольствия. А здесь присутствует совпадение, и именно в равенстве отношений величин, экономная же легкость такого кодирования поощряется и воспринимается на неосознаваемом уровне как удовольствие (от оптимизации)!

• Наряду с несколькими, явно используемыми параллельно, типами обработки сигнала (что вообще характерно для обработки сенсоров мозгом человека – например, при обработке звука) следует обратить особое внимание на структуру глаза «два в одном». Имеется ввиду «центральное» и т.н. «кольцевое зрение», где по нашему мнению присутствуют разные типы обработки, в то время как периферическое зрение – просто специфично алгоритмами детектирования движения, обнаружения объектов с малой яркостью и пр. – это те же алгоритмы кольцевого зрения, но с повышением чувствительности в ущерб разрешению. (По нашему предположению количество сгруппированных сенсоров в сетчатке изменяется от центра поля к краю в приблизительном соответствии с «Золотым сечением» (рядом Фибоначчи) – на удалении от оси расположены кластеры из сотен объединенных палочек). В связи с этим периферическое зрение не выделено нами в отдельную систему.

Структура глазной ямки («фовеа») предполагает свой набор алгоритмов видеобработки для центральной области поля зрения (что подтверждает большое отличие топологии слоев процессора в этой зоне), а кольцевая зона вокруг фовеа – свой. Благодаря саккадам (название термина берет начало от «хлопка паруса» на старофранцузском (*saccade*) – то же, что и микросаккады, но с амплитудой более 1° , и меньшей частотой – до 2 Гц), достигается то, что переброс осуществляется уже в область кольцевого (и ночного) зрения (за пределы фовеа, обслуживающей лишь несколько градусов поля) с кардинально отличающимися алгоритмами, что особенно эффективно на границах и при смене освещенности. Таким образом, любой рассматриваемый объект при скачкообразном перемещении оптической оси неизбежно попадает под независимое (или детерминированное и заданное этим перемещением?) «изучение» обеими системами с применением двух и более типов обработки и всего арсенала алгоритмов – еще до того, как подключится зрительный отдел мозга.

Таким образом, в данной работе предлагается иерархическая модель зрения, с использованием микродвижений глаза на различных этапах обработки изображения, а именно:

- тремор – для «межпиксельной» обработки: уточнения центров дифракционных картинок точечных элементов изображения и обеспечения работы фотосенсоров без насыщения;



- микросаккады – для переброса элементов изображения между участками нейронной сети внутри и в окрестностях фовеа;

- саккады – для переноса элементов изображения из фовеа в область кольцевого и периферического зрения (и наоборот) для дополнительной обработки, в том числе в зонах «ночных» алгоритмов.

Таким образом, совокупность микродвижений глаза при рассмотрении объекта совсем не хаотична, а отражает «алгоритмическую» специфику топологии сетчатки индивида.

Далее в иерархии идут уже осознанные движения глаза, определяемые когнитивным процессом. При этом мозг содержит полную модель сетчатки, верифицируя поступающую информацию, управляя низкочастотными режимами кинематики глаза и назначая высокочастотные автоматические режимы – в соответствии с характеристикой объекта, текущими потребностями организации панорамного зрения и идущей работой над образами (со всей своей обширной памятью и творческим подходом к достраиванию изображений!). Как следствие, приходим к динамическому характеру синтетической картинке с обновлением фрагментов по запросу.

Мы не касаемся здесь задач стереоскопии и бинокулярности, где требуется согласованное управление осями зрения (и областями обработки?) с точностью в несколько угловых минут, а также присутствуют эффекты «конкуренции» полей зрения, диспаратности и пр. Это еще больше осложняет изучение такой двойной бинокулярной системы, на чем, ввиду краткости данной работы, придется рассмотрение закончить.

Рассуждения

Таким образом, имеем целый набор алгоритмов, требующих высокой производительности (малых времен обработки), что при ограниченной скорости передачи нервного возбуждения (до 100м/с) и инерционности исполнительных механизмов однозначно определяет необходимость их выполнения непосредственно в глазу – т.е. Видеопроцессором (с использованием соответствующей памяти для хранения примитивов и пр.). По данным последних исследований пропускная способность зрительного нерва составляет всего 10Мбод [13] и поток представляет собой хорошо обработанную и сжатую информацию. Здесь уместно процитировать Фрэнка Верблина [14]: « В целом наши выводы сводятся к тому, что специализированные нервные клетки, или нейроны, расположенные в толще сетчатки, передают нечто, что напоминает дюжину различных видеофильмов, транслируемых одновременно. Каждый такой видеопоток представляет собой непрерывное упрощенное отображение одного из аспектов наблюдаемой сцены, которую сетчатка непрерывно посылает в мозг. Например, один из зрительных потоков передает подобный карандашному наброску контур предмета, намечающий лишь границы объектов, другой реагирует на движение, причем часто лишь в одном определенном направлении, третьи каналы несут информацию о свете и тенях, а функции некоторых и вовсе трудно интерпретировать однозначно...». Вот так – параллельная обработка, задолго до появления первых процессорных комплектов, и при этом все те же противоречивые требования: при максимальном сжатии изображения, обеспечить резервирование линий передачи и избыточное кодирование![15]

Отсюда результаты «чтения мыслей», а точнее, зрительных образов, с затылочной области мозга электродами напрямую, без накопления картинки, получаются столь «крупнопанельными»: удается угадывать лишь главные черты композиции, а поток (RAW), видимо, рассыпан для надежности среди примитивов по тем самым 12-ти каналам, как это принято в нашей человеческой конструкции (см. например, кодирование в волокнах слухового нерва). Таким образом, большую роль играют кодированные образы – те самые примитивы, причем они архетипичны (по Юнгу) и специфичны для популяции, поскольку отражают, в том числе, ее историю. Понимание структуры примитивов позволило бы куда экономнее синтезировать изображение, оставляя его восприятие высококачественным (однако, ошибки здесь опасны и могут вызвать реальную головную боль и другие эффекты!).

Феномены и наблюдения

Практика – критерий истины, и должны быть не только сложные эксперименты, но и жизненные наблюдения, в той или иной мере подтверждающие высказанные здесь суждения. Сославшись в начале данной работы на ее популярный стиль, позволим себе в этом юбилейном издании использовать для ссылок несколько экзотические источники. Так, например, феномен невидимости ниндзя, помимо приемов суггестивной техники, находит здесь более очевидное объяснение. Для невидимости предмета достаточно, чтобы по нескольким основным потокам (например, оконтуривание, движение, яркость) он был отбракован из категории «объект» в категорию «шум». Но пороги при обработке, как и упоминавшиеся примитивы, национально ориентированы и такая техника может вовсе не сработать за пределами своей популяции (здесь сошлемся на известную любовь большинства древних правителей иметь иноземную охрану – быть может, не только ради осложнения процедуры подкупа?) и, памятуя юбилейный характер настоящего издания, приведем ниже документ о похождениях разведчиков-ниндзя времен русско-японской войны [16] (со ссылкой на музей г.Новочеркасск)². Становятся также понятнее манипуляции престижиджитаторов, жалобы водителей, «не увидевших» рядом другого автомобиля и многое другое.

Видеопроцессор и сетчатка

Вот почему в сетчатке глаза человека эта чрезвычайно загруженная задачами часть мозга выполнена с такой не свойственной другим органам расточительностью и при этом тщательностью и расчетом на будущие модернизации. Считается, что когда нет творчества, мозг работает на 5% (определяют по интенсивности кровоснабжения «территорий»). Но сетчатка – тот процент мозга, который на свету работает «на все 100%»: на единицу массы ткань сетчатки потребляет на 300% больше кислорода, чем ткани мозга и, как видим, не только ради процесса преобразования фотонов.

² От подьесаула Маркова Федора к Его Благородию полковнику Зимину А.Ф. О происшествии, случившемся в ночь на 17 августа 1904г.: «Мы сидели во второй линии охранения, жгли костер (линия фронта была достаточно далеко), варили еду. Вдруг из кустов выскочили два японца, обернутые во все черное, стали прыгать, всячески искривляться, как-то выть, шипеть и странно размахивать руками. Подошедшим к ним сотником Кривошлыковым наиболее шумный из басурман был ударен в ухо, отчего тут же и помер. Второй, убежав, вскоре был сыскан неподалеку же в кустах рядовым казаком Манилой Андреем, связан нагайкой и отнесен к палатке полкового есаула Вереева для снятия допроса».

Опишем биологический аспект Видеопроецессора хотя бы кратко: структура процессора в основной области сетчатки представляет собой трехслойную организацию с горизонтальными и вертикальными линейными и радиальными (в зависимости от типа клеток) связями многопортовых узлов. Очень многообещающая архитектура! Результаты одного из первых структурных исследований Видеопроецессора [7] (с датой на фотографии!) представлены на рис.3 [8,14] слева, а справа – увеличенный схематичный фрагмент (помещенный до этого в рамку на рис.1. и развернутый здесь).

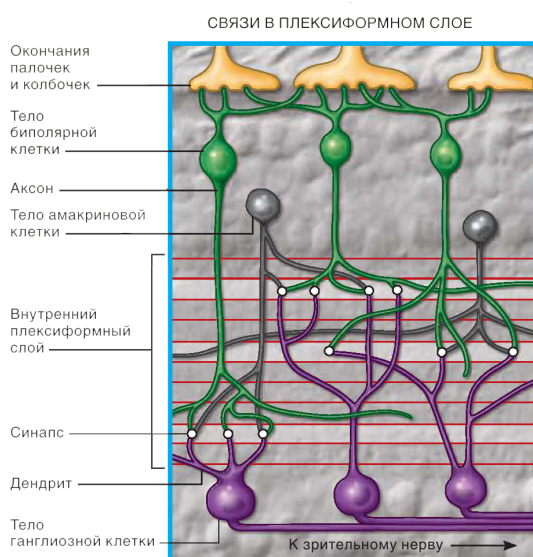
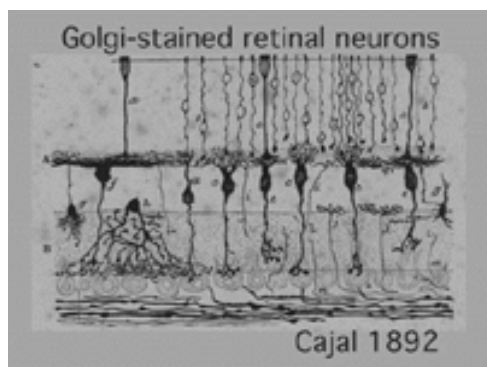


Рис.3

В свете представленных суждений вызывает большой интерес исторический аспект в части гистологии сетчатки – найденный замороженным в леднике глаз кроманьонца был бы бесценен для нас.

Космическая автономность

Отдельно следует остановиться на автономности такой системы как «государство Глаз», которая, с инженерной точки зрения, исключительна. Там присутствуют: система резервного внутреннего питания и регенерации расходных материалов; автономные системы защиты, аварийного отключения, поддержания давления, канализации, омывки и пр. – с минимальной зависимостью от внешней среды (при комфортной окружающей температуре). Потенциальная возможность для глаза существовать вне тела при подаче питания (хирургические

опыты со съемом фотозлектрической активности отдельно живущего глаза) это подтверждает. Ближайший современный аналог глаза по принципам и подходам к построению – космический аппарат при корабле-«матке». Следует предположить, что такая степень автономности обуславливает, вероятно, и самостоятельную, в том числе по временным параметрам, программу эволюции Видеопроецессора, как элемента Эволюции вида homo sapiens. Это, по-видимому, вполне согласуется с проектом так критикуемого разработчика – того самого, плохо разбирающегося в проблемах зрения и оптики Часовщика!...

Заключение

Воспользовавшись инженерным взглядом и категориями ЦОС, мы попробовали внести посильный вклад в работу медиков и физиологов (иногда трудную до безнадежности) по осмыслению некоторых фактов и, возможно, даже несколько опередили их в суждениях. Но стоит допустить, что основной конфуз при исследовании глаза (в отличие от других органов) состоит в том, что изучается изменяющийся, т.е. быстро обновляющийся объект. Результаты многих классических офтальмологических и психологических исследований середины 70-х сейчас могут уже не повториться, а данные современных обследований различных возрастных групп популяции, показывающие меньшую толщину слоя нейронов сетчатки у старших поколений, вполне вероятно могут ошибочно трактоваться, как возрастная дистрофия, влияние экологии и пр. – маскируя этим следы системного процесса.

Видеопроецессор, развернутый «внутри» глаза – резерв Эволюции. Незначительное увеличение толщины сетчатки за счет дополнительных нейронов и связей многократно увеличивает возможности обработки, лишь незначительно отражаясь на ухудшении ночного зрения, а возможно, компенсируется и это.

Следует предположить автономную эволюцию глаза – этой исключительной по уровню автономности системы организма, что по разным данным и наблюдаем последнее столетие. История наблюдений за остротой зрения и некоторые данные ретроспективы гистологии сетчатки позволяют сделать предположение о бурно идущей, но не очень заметной эволюции Видеопроецессора (отсюда – большой плюрализм в измерительных данных разных лет [4,7,9-12 и др.]). Например, различные источники дают рост числа колбочек и сопутствующих нейронов с 4-5 млн до 8-9 млн для европейцев в конце прошлого столетия: понятнее становятся конфликты зрительных предпочтений поколений и разная скорость работы «отцов и детей» за компьютером.

Направление Эволюции – развитие Видеопроецессора с модернизацией структуры и даже уменьшением, при необходимости, размера фотосенсоров. При этом толщина сетчатки и показатель остроты зрения в пределах одной популяции – косвенные критерии модернизации Видеопроецессора и индикаторы Эволюции. Она, видимо, уже началась (в XIX веке) и идет небывалыми для современной истории человечества темпами: философам и религиозным мыслителям здесь есть над чем задуматься!



Полемика приветствуется (на адрес редакции: e-mail info@dspa.ru).

Литература

1. Beaumont J.G. (ed.) Devided visual-field studies of cerebral organization. Academic, London, 1982
2. Красота и мозг. Биологические аспекты эстетики: пер. с англ. М., Мир,1995.
3. Бехтерева Н.П. Магия мозга и лабиринты жизни. М.,АСТ, 2007.
4. <http://www.krugosvet.ru/uploads/enc/images/t16/1236155023643b.jpg>
5. Хазен А.М. Разум природы и разум человека. М. НТЦ «Университетский», 2000.
6. Филин В.А. Автоматия саккад М.: МЦ «Видеоэкология». изд. Моск. Университет. 2001.
7. Cajal, Ramon y, Histologie du Systeme Nerveux de l'Homme et des Vertebres, trs. L. Azoulay, Paris: Maloine, 2 vols, 1909, 1911.
8. <http://webvision.med.utah.edu/OPL1.html>
9. Dowling, J. E., The Retina: An approachable part of the brain, Cambridge, MA:Harvard University Press, 1987.
10. Rodieck, R. W., 'The primate retina', Comparative Primate Biology, 4, 203-278, 1988.
11. Brockerhoff, S. E., Dowling J. E. and Hurley J. B, 'Zebrafish retinal mutants', Vision Research, 38, 1335-1339, 1998.
12. Hendrickson, A.E. and Youdelis, C. The morphological development of the human fovea. Ophthalmology 91, 603-612, 1984.
13. Kristin Koch, Judith McLean, Ronen Segev,Michael A. Freed,1 Michael J. Berry II,Vijay Balasubramanian, and Peter Sterling, How Much the Eye Tells the Brain. Current Biology 16, 1428–1434, July 25, 2006.
14. Frank Werblin, Botond Roska, The Movies in Our Eyes//Scientific American Magazine , №4, 2007.
15. Botond Roska, Alyosha Molnar, Frank S. Werblin, Parallel Processing in Retinal Ganglion Cells: How Integration of Space-Time Patterns of Excitation and Inhibition Form the Spiking Output. J Neurophysiol 95: 3810-3822, 2006.
16. Без традиций нет будущего (беседа с В.М.Бутровым)//Русская Традиция: Альманах. – М.,2001. – Вып.1,стр.148.

THE MAIN VIDEOPROCESSOR OF OUR CIVILIZATION – THE UNIQUE EXAMPLE OF THE EVOLUTION IN THE NEWEST HISTORY?

Kirpichnikov A.

The present article is written in popular scientific style and addressed to the wide range of experts in signal processing. It is devoted to the eye Videoprocessor and structure. Various signal processing algorithms which present at the eye and are specified by the functional properties and complex parallel processing and data preparation for the brain are mentioned. The necessity of the fulfilment these fast algorithms in the retina Videoprocessor directly is discussed.

The tremor, microsaccades and saccades as the hierarchical structure for images building are mentioned and the model of the retina in the brain as the source for the eye control commands is named. The location of the Videoprocessor ahead ("inverse retina") is the reserve of the Evolution. As the insignificant increase of the retina thickness does not particularly influence the optical parameters of the eye, but allows to multiple increase the ability of the signal processing.

The supposition concerning the autonomous Evolution of the eye is discussed. The direction of the Evolution is in increase the Videoprocessor power.

The indirect criteria of the eye Evolution in the modern Man History are named here as the increase of two factors – the retina thickness and visual acuity.