

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО ВОСПРИЯТИЯ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Утробин В.А.

«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Рассматриваются модельные представления процессов первичной обработки данных сенсорными подсистемами на уровне врожденных механизмов на примере системы зрительного восприятия. Показывается принципиальная возможность формализации поведения и планирования поведения на уровне простейших, с точки зрения вычислительной трудоемкости, процедур, образующих биобазис биоинформатики.

Ключевые слова: восприятие, когнитивные функции, поведение, прогноз, моделирование.

Введение

Моделирование процессов мышления напрямую связано с появлением теоретической кибернетики. Особо значимыми работами на тот период следует считать исследования П.К. Анохина, Ф. Розенблатта, К. Штейнбуха, У.Р. Эшби и др. [1, 8, 15, 16]. Определенные неудачи в моделировании искусственного интеллекта были связаны, как отмечается в работе М.И. Рабиновича и М.К. Мюезинолу [6], со слабо развитой базой вычислительной техники и неполнотой теоретических исследований в области формализации нелинейных процессов, к числу которых относятся психо-физиологические процессы. Именно в этой работе приведен прекрасный обзор состояния по моделированию нелинейной динамики мозга. С развитием теории нелинейных процессов в описании физических динамических систем наблюдается мощная волна исследовательских работ по моделированию когнитивных функций живых систем. Достигнутые успехи в данном направлении позволили ряду современных исследователей утверждать о возможности появления искусственного интеллекта в самое ближайшее время. Одновременно существует противоположная точка зрения о преждевременности таких утверждений.

Проблематика разработки искусственного интеллекта заключается в следующем [2, 5, 17]:

- отсутствуют модельных описаний клеточных механизмов мышления;

- модели нейрона, представляемого, в настоящее время, классическими описаниями, недостаточны, а в ряде случаев не соответствуют реальности: нейрон, как открытая система, реагируя на свое окружение, является когнитивным образованием;

- в живой природе отсутствуют любые произвольные движения, все движения подчинены и предполагают прогнозирующее поведение, требующее своего модельное представление;

- необходимо должна существовать генетические программы предопределенного поведения в той или иной конкретной ситуации;

- слабо развит системный подход к анализу и пониманию, пусть даже простейшего, живого организма в его системном взаимодействии, как с окружающей средой, так и с подсистемами системного целого.

Для поиска путей раскрытия выделенных проблем выделим ряд известных положений, общих для любых живых организмов с позиций системного анализа:

1. В основе всего живого лежит генетическая программа.

2. В основе взаимодействия с внешней средой лежит процесс восприятия, под которым понимается процесс чувственно-исследовательской деятельности, направленный на ознакомление с предметом или явлением, воздействующих на перцептивные системы, конечным результатом которых является отражение исследуемого объекта в некоторую совокупность его свойств с позиций целостности, структурированности, избирательности, обобщенности и стереотипности [7].

3. Поведение живых систем от одиночного нейрона, помещенного в изолированную питательную среду, до более сложного системного образования подобно (с точки зрения «ориентации, освоения и понимания окружающей среды»).

4. Все живые системы необходимо имеют сенсорные подсистемы того или иного уровня развития: синапсы у нейрона; глаз челове-

ка, как продолжение мозга, который (с позиций органогебеза) по гистологии подобен конусу нарастания будущего листка растения (рис. 1, [3, 9]).

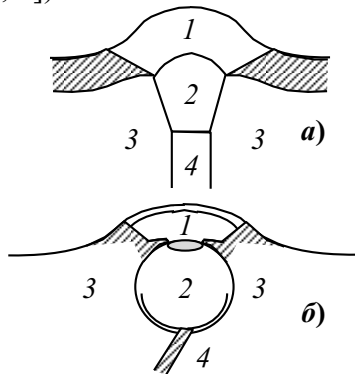


Рис. 1. Схемы гистологического строения конуса нарастания (а) и глаза человека (б)

Определенное единство живых организмов с позиций системно-информационных представлений позволяет предполагать о существовании общей математического базиса описания когнитивных процессов (биоматематики) в рамках описания процессов восприятия, прогноза и поведения, по аналогии с существованием дискретной математики для кибернетических систем и нейроматематики для нейрокомпьютеров.

В статье рассматриваются модельные представления процессов первичной обработки данных сенсорными подсистемами на уровне врожденных механизмов на примере системы зрительного восприятия с позиций теории активного восприятия [10, 13]. На уровне информационных представлений формализуются процессы прогнозирующего восприятия и поведения.

Элементы теории активного восприятия: анализ.

Врожденность механизмов зрительного восприятия (вне обучения) обуславливает общность законов преобразований в зрительной системе – продукте природы. Поэтому в теории активного восприятия (ТАВ) за основу приняты следующие положения:

1. Система зрительного восприятия, понимаемая в целом, необходимо должна быть адекватной внешней среде, т.е. удовлетворять физике пространства и времени с их законами сохранения (симметрии).

2. Зрительное восприятие, понимаемое в целом, должно быть достаточным для того, чтобы «правильно судить об увиденном» и выжить во внешней среде. Это означает то, что система зрительного восприятия (в составе с другими системами восприятия) по сложности не должна уступать сложности среды, в которую погружен наблюдатель или в которой существует тот или иной живой объект.

Отсюда следуют «ограничения», накладываемые на систему зрительного восприятия, определяющие ее необходимые и достаточные свойства.

Во-первых, изображение – это множество, каждый элемент которого в фиксированный момент времени t есть неотрицательная действительная функция действительных аргументов вида $M_t = \mu(x, y)$, определенная на конечном множестве точек двумерной области определения (поле зрения), суммируемая, квадратично интегрируемая на этом множестве и наделенная рядом свойств: - ограниченностью по области определения и динамическому диапазону; - структурированностью; - упорядоченностью и дискретностью в пространстве и времени.

Во-вторых, из выделенных свойств следует:

- число возможных изображений конечно в пространстве и времени, а система, раскрывающая неопределенность наблюдаемого изображения, есть автомат без памяти – «простая» комбинационная схема;
- изображение – системное образование, наделенное структурой с бинарными операциями объединения и пересечения, с соответствующей аксиоматикой, и отношением порядка;
- изображение – скалярное поле, над которым существует векторное поле со всеми его свойствами в приложении к задаче анализа любого изображения на момент наблюдения.

В-третьих, с позиций системного анализа любая обработка исходных данных предполагает три этапа преобразований – это подготовка данных (формирование исходного описания), анализ данных (выделение необходимого и достаточного подмножества признаков) и принятие решения (классификация, распознавание, управление процессом восприятия) (рис. 2). Поэтому для изображения с

позиций ТАВ первым двум этапам соответствуют интегральное преобразование в скалярном поле, выявляющее концентрации, и дифференциальное преобразование в векторном поле, выявляющее градиенты:

- поскольку изображение положительно определено и конечно, то допустимо интегральное отображение ортогонального проектирования в бесконечно гладкое многообразии C^∞ как по всей области определения G , так и любой его подобласти $G_i \subseteq G$

$$m(G_i) = \iint_{(x,y) \in G_i} \mu(x,y) dx dy; \quad (1)$$

- для выявления внутренней геометрии многообразия в ε -окрестности точки A_0 необходимо и достаточно реализовать пространственное дифференцирование, позволяющее найти геодезическую по пространственному направлению x^i векторного поля Киллинга

$$\partial\varphi(x, y)/\partial x^i \equiv \mu_i, \quad (2)$$

где $\varphi(x, y)$ – потенциальная функция на многообразии.

В результате схема информационных преобразований выглядит так, как показано на рис. 2,б.

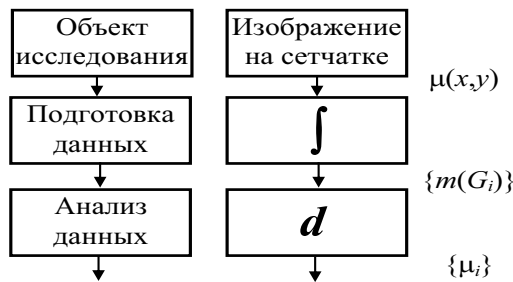


Рис. 2. Этапы обработки данных в системе восприятия

Преобразование (1) в ТАВ названо Q-преобразованием в силу следующих свойств (рис. 3):

- является информационной моделью первого этапа преобразований в системе зрительного восприятия, нейросети которой допустимо поставить в соответствие элементы типа тонических нейронов;

- с позиций системного анализа позволяет рассматривать изображение (или его части) как системное образование;

- с позиций физики результатом интегрирования является физическая масса (в ТАВ, с позиций дизайна и теории анализа живописи, названа визуальной массой);

- с позиций математики, в соответствии с теоремой Гаусса о гармонических функциях, «получаем» гармоническую функцию в области определения G и это верно по любой ее подобласти G_i . В результате реализуется отображение изображения в абсолютно гладкое многообразие с потенциальной возможностью последующего выявления внутренней геометрии этого многообразия с использованием преобразования (2).

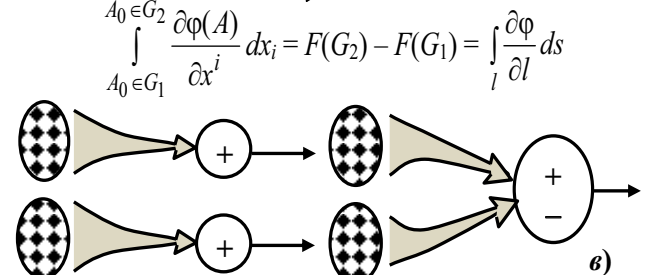
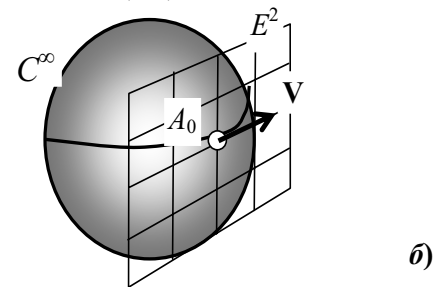
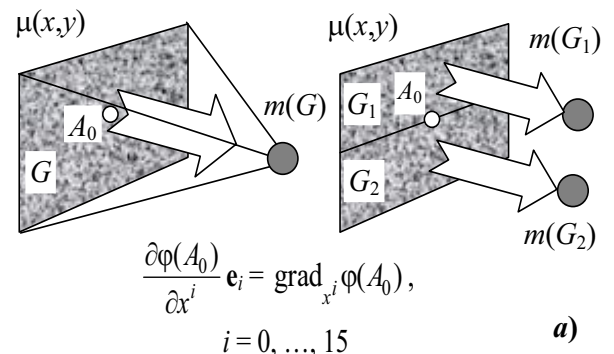


Рис. 3. Информационные представления данных в системе восприятия:

- a – реализация преобразования (1);
- б – реализация преобразования (2);
- в – нейрофизиологические интерпретации на тонические и фазические нейроны

Преобразование (2) позволяет: выявить структурные связи на изображении между парой визуальных масс через реализацию (2) после преобразования (1) путем простого вычитания; допускает модельное представление на фазические нейроны.

Композиция этих двух преобразований в ТАВ названа *U*-преобразованием, обеспечивающим:

- достоверное событие (с вероятностью 1) по обнаружению наличия объектов (явлений) в поле зрения рецепторной системы без локализации координат объектов (или объекта);

- выявление координат подобласти интереса с последующей уточняющей идентификацией и распознаванием локализованных объектов (или объекта).

Так как все системы восприятия подобны («Природа во всем себе подобна», Пифагор), то *U*-преобразование универсально в части первичной обработки данных при решении задачи обнаружения и локализации внешнего объекта в «поле зрения» *G*. Конструктивно *U*-преобразование выполнено в виде масок-покрытий, конструктивно соответствующих по построению базисным функциям Уолша системы Хармута [14], но применяемых после *Q*-преобразования. Благодаря этому появилась возможность устранить некорректность решения уравнения Фредгольма первого рода и формализовать физико-математическую интерпретацию по ортогональным направлениям x^i реализуемых преобразований (рис. 4).

Число направлений конечно и равно 16-ти в соответствии с определением сложности любой алгоритмической системы на базе булевых функций (по А.Н. Колмогорову). Поэтому (рис. 5,а): первому этапу, соответствующему преобразованию (1), можно поставить в соответствие матрицу визуальных масс $\|m_{ij}\|$ размером 4×4; второму – вектор μ с 16-ю компонентами $\{\mu_i\}$.

Итак, выходными данными *U*-преобразования являются: полутоновая матрица визуальных масс и вектор признаков описания наблюдаемого изображения, для которого условие $i = 0$ – это событие типа «в поле зрения произошли изменения».

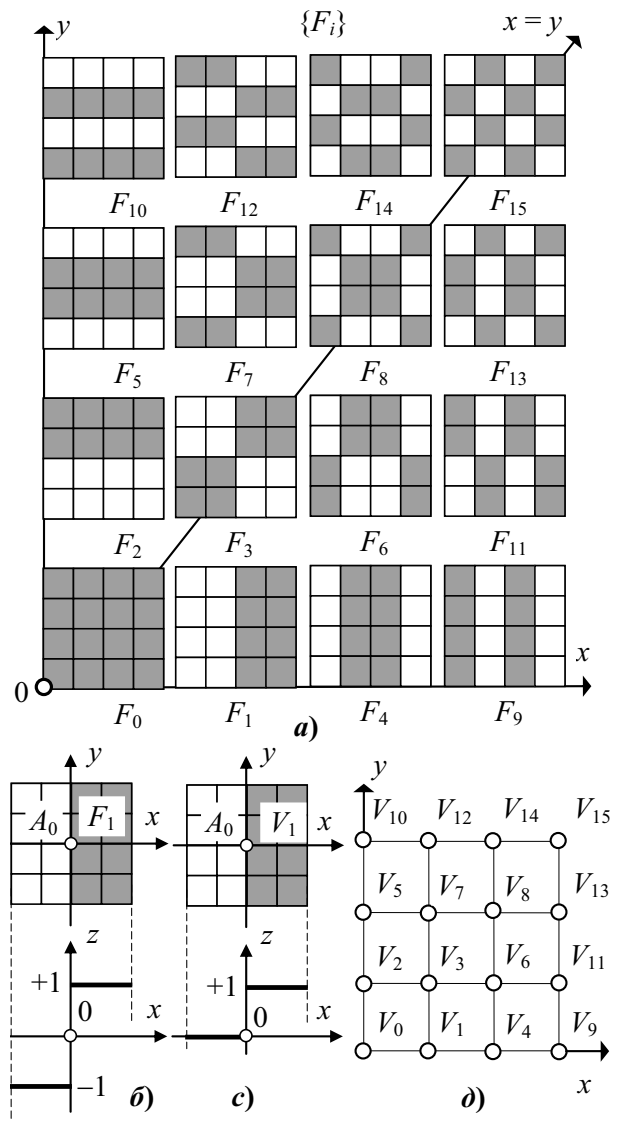


Рис. 4. Конструктивная реализация *U*-преобразования:

- а – множество масок-покрытий;
- б, с – представление одной из масок и оператора в системе координат (x, y, z);
- д – решетка операторов $V(x,y)$

В декартовой системе координат преобразование (2) на множестве из 15-ти направлений имеет следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^{j-1}}{\partial x^{k-1} \partial y^r} \right), \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^{j-1}}{\partial x^k \partial y^{r-1}} \right), \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left(\frac{\partial^{j-r}}{\partial x^{k-1} \partial y^{r-1}} \right),$$

где $k, r = \overline{1,3}, k+r=6, j = \overline{1,6}$. (3)

Каждый элемент данного преобразования (3) входит в ряд Тейлора и является функцией чувствительности при решении задачи активной идентификации (по этой причине соответствующая теория и названа теорией активного восприятия). Каждая маска-покрытие позволяет выявить структуру на изображении

по одному из направлений, а каждая производная из (3) в представлении по (2) является производной по направлению векторного поля Киллинга. В результате имеем 15 ортогональных направлений, которые, в соответствии с теорией римановых пространств, принадлежат пространству E^5 .

Таким образом, система зрительного восприятия, реализующая преобразования (3), использует систему преобразований, соответствующую пятимерному евклидову пространству (напомним, что для «обычного» трехмерного пространства существует шесть направлений векторного поля Киллинга; для четырехмерного – десять).

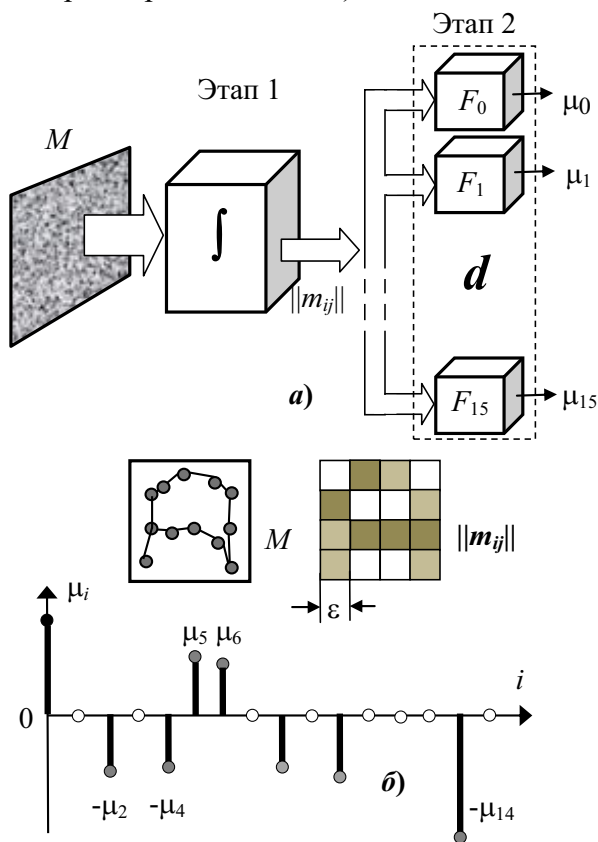


Рис. 5. Этапы обработки изображения M (а) и пример его разложения (б)

Результатом разложения на основе U -преобразования является спектр представления объекта исследования, достоверный и точный в пределах ε -полосы анализа (рис. 5,б).

При необходимости, элементы спектра, имеющие максимальный вклад и представленные соответствующими подобластями G_n , допускают свое дальнейшее разложение с использованием U -преобразования на следующем уровне разложения с уточнением состава

подсистемы (на рис. 5,б приведен пример анализа объекта изображения на первом уровне разложения).

Элементы теории активного восприятия: синтез.

Каждому элементу множества $\{F_j\}$ можно поставить в соответствие бинарный оператор $V_i \in \{V_j\} \equiv V$ прямой или инверсный в зависимости от знака элемента разложения $\{\mu_j\}$ (см. рис 4, с, д). Различие между маской-покрытием и оператором показано там же.

Задавая на множестве $\{V_j\}$ операции умножения (теоретико-множественного пересечения) и сложения (теоретико-множественного объединения) получаем алгебру описания изображения на двумерных булевых функциях (рис. 6).

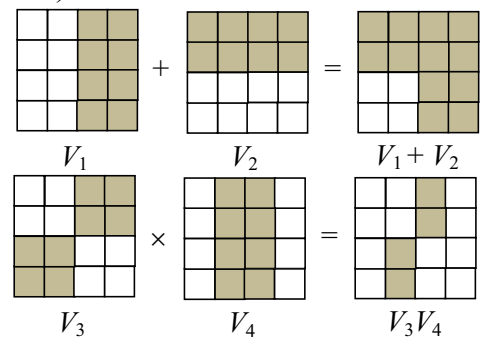


Рис. 6. Примеры взаимодействия операторов

Одновременно данная алгебра – это алгебра синтеза изображений, а синтезированный объект – образ (зрительный образ) наблюдаемого изображения на планигоне (клеточном пространстве 4×4). В алгебре можно определить алгебраические группы, эквивалентные сложным и сверхсложным нейронам, как сетчатки глаза, так и пирамидным клеткам зрительной коры (рис. 7):

- алгебраическая группа на тройке операторов (в ТАВ определена как полная группа) позволяет анализировать корреляционные связи между тремя спектральными линиями разложения $\{\mu_j\}$;

- алгебраическая группа на четверке операторов, для которой пары операторов принадлежат двум полным группам, имеющих общий третий оператор, позволяет анализировать более сложные корреляционные связи между спектральными линиями разложения $\{\mu_j\}$ и, в частности, между парой полных групп (в ТАВ определена как замкнутая группа).

Например, изображение объекта на рис. 5,б можно описать и восстановить (на заданном уровне разрешающей способности) с помощью полной группы, состоящей из операторов V_2, V_5, V_{10} , и замкнутой – V_4, V_6, V_8, V_{14} .

Представления изображения по всей области определения (либо любой его подобласти) по любому оператору, полной или замкнутой

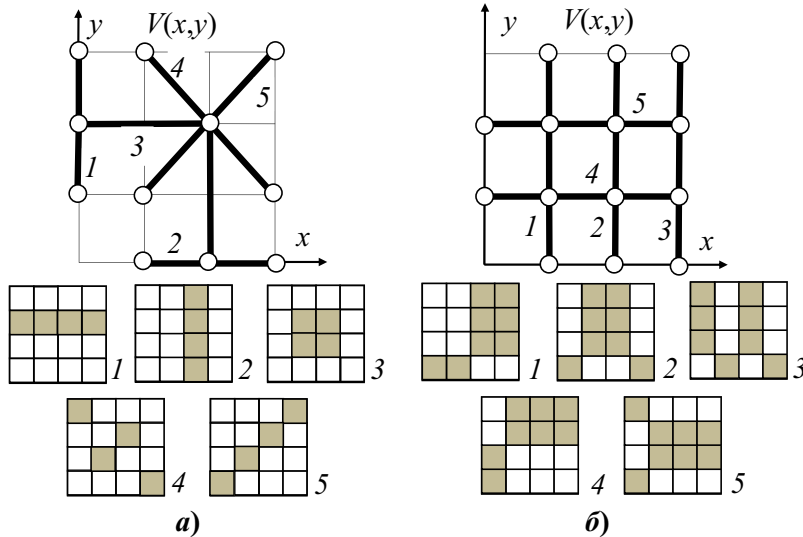


Рис. 7. Примеры: а, б – графов на решетке операторов $V(x,y)$ и образов алгебраических групп на планигоне; в – иерархия операторов и групп (1 – уровень операторов; 2, 3 – уровень полных и замкнутых групп)

С позиций лингвистического анализа, если множество $\{V_i\}$ – это алфавит, то множеству $\{P_{ni}\}$ соответствуют слова, а множеству $\{P_{si}\}$ – сложносочиненные образования.

С позиций формирования внутренней (перцептивной) модели внешнего пространства и ориентации во внешнем пространстве, пара фильтров-покрытий (F_1, F_2) , в силу реализуемых ими преобразований (2), обеспечивает выявление отношений «лево/право», «верх/низ», а фильтр-покрытие F_3 на решетке $\{F_i\}$ (см. рис. 4,а) – направление в глубину перцептивного пространства.

Прогнозирующее восприятие.

Главная проблема построения математических моделей биологических систем – сложность последних, заключающаяся в необходимости использования уравнений и систем уравнений с частными производными по правилу: чем сложнее система, тем выше размерность представляющего пространства. Возможно единственный способ анализа сложных систем – это их декомпозиция с

нутой группе – это выявление общей структуры изображения и областей интереса для дальнейшего уточняющего анализа с повышением разрешения на пирамиде с переменным разрешением (U -пирамиде). В частности, пять полных групп, представленных графами на рис. 7,а являются базисными для пятимерного пространства операторов [11].

возможностью построения иерархии описаний на основе одинаковых математических правил по всем уровням. Данному подходу полностью соответствует информационная технология на базе ТАВ с ее системой преобразований (1) – (3).

Рассмотрим моделирование процесса прогнозирующего восприятия, под которым будем понимать процесс формирования гипотез по описанию того или иного явления с последующим выбором необходимого описания. Суть подхода заключается в том, что образам фильтров-покрытий ставится в соответствие интегральная кривая, являющаяся результатом решения соответствующего дифференциального уравнения (3) по условию

$$\frac{\partial^j \varphi(x, y)}{\partial x^k \partial y^r} = 0, \quad (4)$$

где $k, r = \overline{1,3}, k+r=6, j = \overline{1,6}$.

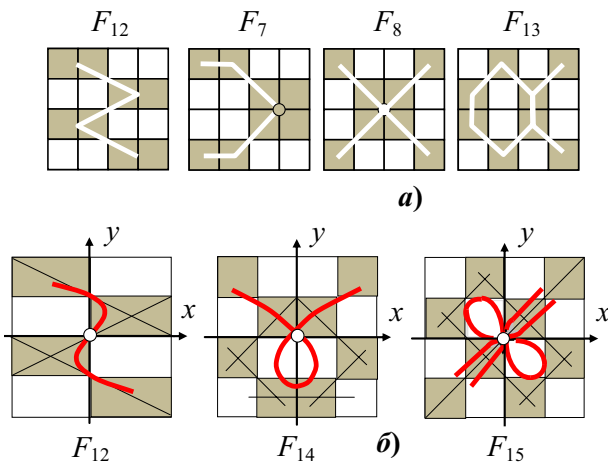


Рис. 8. Изобразительные описания на уровне островов (а) и интегральных кривых (б)

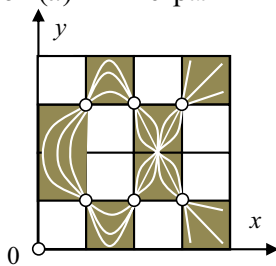


Рис. 9. Семейство близких функций в пределах покрытия F_{13} (точки – возможные граничные условия)

На рис. 8 приведены примеры изобразительных описаний операторов на базе островов (скелетонов) и интегральных кривых. Данные изобразительные описания выступают в качестве гипотез (ϵ -гипотез) наблюдаемого плоского объекта. Такое описание достоверно и ϵ -точно (на данном уровне разрешения). Если требуется уточнить характер описания, то необходимо перейти на следующий уровень разрешения по принципу «от целого, системного вглубь целого к его подсистемам» (рис. 9).

Аналогично реализуется процесс прогнозирующего восстановления поверхности 3D-объекта. Для этого образам фильтров-покрытий ставится в соответствие интегральная поверхность, являющаяся результатом решения дифференциального уравнения (4) по условию равенства его произвольной константе, неравной нулю. Данная поверхность с точностью до знака нормали к ней – это ϵ -гипотез, формируемая в зрительных отделах системы восприятия (естественно, без какой-либо реализации процесса решения соответствующего дифференциального уравнения (рис. 10).

Таким образом, на планигоне размером 4×4 , на котором определены фильтры-покрытия, используемые после отображения в гладкое многообразие с помощью преобразования (1), возможны реализации когнитивных функций по прогнозирующему восприятию и восстановлению. При этом нет необходимости использовать «архисложные» интегро-дифференциальные преобразования, а достаточны простейшие, вполне реализуемые даже на уровне простейших живых систем. В частности, следует отметить, что отображение (1) по смыслу – это выделение из «первичного хаоса» (т.е. в условиях априорной неопределенности наблюдаемой внешней среды) структурного порядка.

Моделирование поведения.

1. Исходные положения. Рассмотрим моделирование поведение двух живых объектов, например, хищника N_1 и его жертвы N_2 , с использованием подходов ТАВ (более подробно данный вопрос рассмотрен в работе [12]). Примем следующие исходные положения: 1) оператор V_0 – это исходная координатная позиция объекта N_1 ; 2) полные группы P_{nx}, P_{ny} , представленные орграфами (рис. 11,а), – задают систему координат для объекта N_1 и линии его активных действий (например, «щупальца», вытянутые по осям координат x, y); 3) оператор V_{15} – это исходная координатная позиция второго объекта N_2 (рис. 11,б).

Тогда:

1) линия на планигоне, задаваемая графом замкнутой группы $P_{s0} = (V_9, V_6, V_7, V_{10})$, – линия горизонта l и уровень раздела сред обитания объектов (рис. 11,в);

2) образ оператора V_3 на планигоне – два поля, из которых первое – поле объекта N_1 на графе полной группы (V_1, V_2, V_3) , а второе – поле объекта N_2 и среда его обитания, определенная графом замкнутой группы $P_{s2} = (V_8, V_{13}, V_{14}, V_{15})$ (рис. 11,г);

3) центральный квадрат 2 планигона, представленный графом центральной замкнутой группы $P_{s1} = (V_3, V_6, V_7, V_8)$ на планигоне, – поле общих интересов объектов (рис. 11,д).

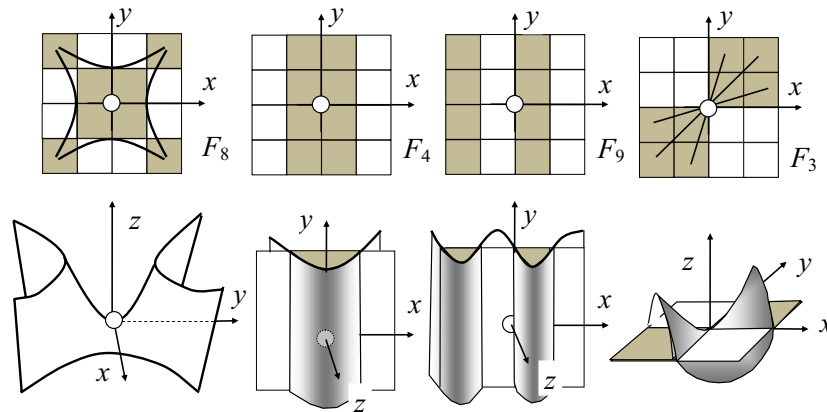


Рис. 10. Примеры прогнозирующего восстановления поверхностей в трехмерном пространстве (с точностью до знака)

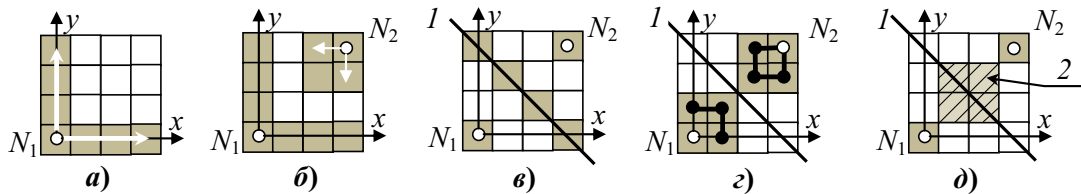


Рис. 11. Сегментация пространства планигона для сред обитания наблюдателей N_1, N_2 : a – система координат N_1 ; b – среда обитания наблюдателя N_2 и его система координатных направлений; c – горизонт (I) раздела сред обитания; d – поля «безопасного» существования наблюдателей, разделенные линией горизонта; e – поле (2) общих интересов N_1 и N_2 ;

2. Планирование захвата. Пусть исходному состоянию объекта N_1 (момент времени $t = t_0$) соответствует представление по рис. 12,а. В этом случае общая визуальная масса изображения равна $m_0 = \mu(t_0) = \sum_{(i,j) \in N_1} m_{ij}$, т.е. $\mu(t_0) = 7$ (для бинарного планигона, для которого темная клетка имеет массу, равную единице). Такому состоянию соответствует наличие операторов полных групп P_{nx}, P_{ny} , имеющих максимальный вклад в разложении, а остальные операторы будут иметь значения компонент вектора разложения $|\mu_i| < \mu(t_0)$ и $|\mu_i| \neq 0 \forall i$, выделяя тем самым зону контроля, в которой может появиться «пища». При возможном появлении объекта N_2 «щупальца», вытянутые по осям системы координат, приходят в «волнообразное» движение, соответствующее состоянию возбуждения, – готовности к встрече с потенциальным объектом («жертвой», рис. 12,б).

Из анализа рис. 12,б следует, что такому состоянию соответствует описание с помощью замкнутой группы (V_1, V_2, V_8, V_{15}) , где:

- операторы (V_1, V_2) полной группы (V_1, V_2, V_3) определяют поле N_1 , т.е. описывают свою позицию – «это Я»;

- операторы (V_8, V_{15}) полной группы (V_3, V_8, V_{15}) определяют «направление атаки». При этом, если точка на планигоне, соответствующая позиции оператора V_{15} , – потенциальная цель (I), то V_8 – точка «будущего захвата потенциальной жертвы». Этот процесс захвата реализуется в следующий момент времени (рис. 11,в).

Итак, модельное описание процесса «воображаемого» захвата по рис. 12 позволяет утверждать следующее:

- объект N_1 всегда сохраняет свою позицию, представленную операторами V_1, V_2 (см. изменения $|\mu_1|, |\mu_2|$ на трех состояниях). Появляющийся «клюв осьминога» (стрелка внутри щупалец по рис. 12,б) не отражается на разложении $\{\mu_i\}$ второго этапа, максимально активен при захвате (третий этап: $\mu_3 = \max$, рис. 12,в);

- в исходном состоянии активны операторы V_9, V_{10} – «концы щупалец» и операторы V_4, V_5 – «середина щупалец» (рис. 11,а);

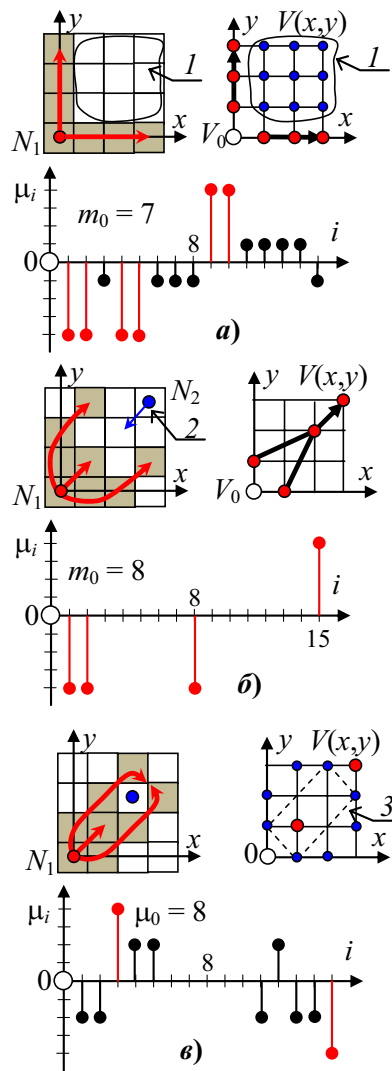


Рис. 12. Три этапа развития процесса захвата в представлении на планигоне с системой координат (PV -планигоне), решетке операторов $V(x,y)$ и спектре разложения $\{\mu_i\}$:
 а – исходное состояние;
 б – готовность к встрече с целью;
 в – захват цели
 (I – зона контроля; 2 – цель захвата; 3 – граф замкнутой группы, как модель захвата)

- в состоянии готовности максимально активны операторы V_8, V_{15} , определяющие «зону интереса» N_1 ;

- в состоянии захвата максимально активны операторы V_3, V_{15} , где первый – «активность клюва», а второй – «активность захвата», так как знак μ_{15} изменился на противоположный относительно состояния «открытого объятия» по рис. 12,б.

3. Прогноз поведения жертвы в поле контроля хищника. Рассмотрим отноше-

ния между объектами N_1 и N_2 в дальней зоне позиции N_2 (рис. 13). Предположим, что N_1 (хищник) наблюдает за N_2 (жертвой), который маневрирует в своей среде обитания. Наша цель выяснить, что при этом может планировать N_1 , т.е. необходимо выявить какие операторы и группы позволяют описать процесс прогнозирования поведения N_2 , при его маневрировании.

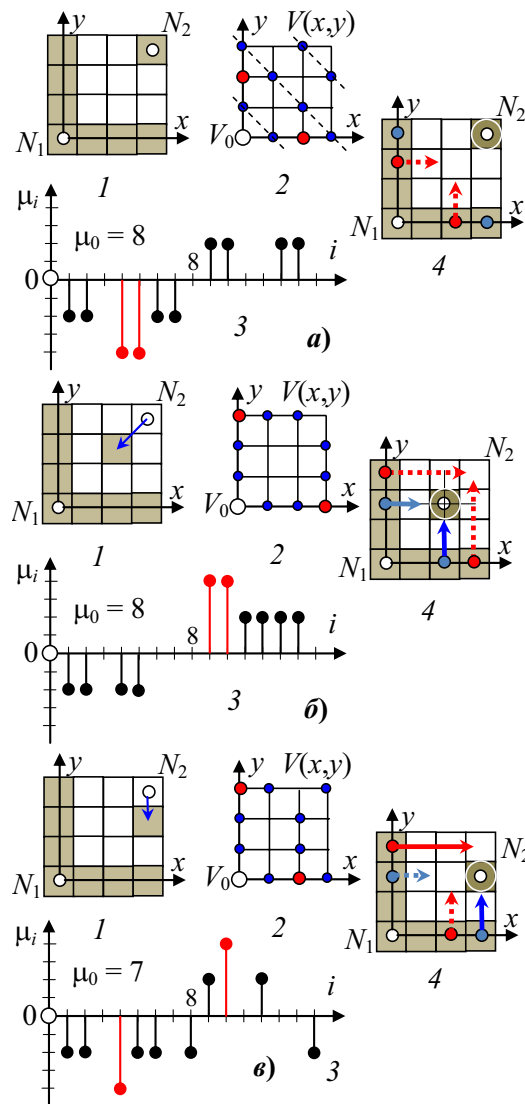


Рис. 13. Планирование поведения N_1 при различных положениях N_2 в зоне контроля:

- 1 – позиции N_2 относительно N_1 ;
- 2, 3 – результаты разложения;
- 4 – модели захвата

Пустому полю контроля соответствует шесть экстремальных по вкладу операторов – $\{V_1, V_2, V_4, V_5, V_9, V_{10}\}$ (инверсии опущены, см. рис. 12,а). Пусть в момент времени $t = t_0$ в дальней зоне контроля появился объект N_2 ; тогда «в воображении» хищника (рис. 13,а):

- формируются три уровня (в соответствии со спектральным разложением), соответствующие среде объектов N_1 , N_2 и границе раздела их сред (показаны пунктиром);

- формируется сигнал о наличии нарушения зоны контроля.

Данному событию, в отличие от исходного состояния, соответствует:

- сохранение экстремальных, и равных значений компонент $|\mu_4| = |\mu_5|$;
- уменьшение абсолютных значений компонент μ_9, μ_{10} .

Все это позволяет выявить «координаты» жертвы. В частности, если исходному состоянию хищника соответствует «расслабленность», то его состояние по описанию рис. 13,а – это «настороженность».

Аналогичные процедуры формируются, если жертва начнет «маневрировать» в зоне безопасности (рис. 13,б,в). Всплеск экстремумов в разложении для компонент

$|\mu_9| = |\mu_{10}|$ указывает хищнику о движении жертвы по траектории минимальной длины – диагонали, определяемой образом $V_3V_8V_{15}$, в зону ее захвата (рис. 13,б). Наличие сигнала $|\mu_4| = |\mu_{10}|$ (или $|\mu_5| = |\mu_9|$, на рис. 13,б не показан) – это информация о маневрировании жертвы в «боковых» зонах. В этом случае последующие действия хищника очевидны – «необходимо тем или иным щупальцем подправить жертву в область захвата». Именно так, например, поступает амеба при захвате своей жертвы [4].

Заключение

1. Рассмотрена проблематика формализации поведенческих и прогнозирующих свойств живых объектов с позиций системного анализа.
2. Показывается, что система зрительного восприятия, а в силу подобия и другие системы восприятия, используют систему преобразований, соответствующую пятимерному евклидову пространству.
3. Обосновываются вычислительные процедуры, которые могут выступать в роли базовых вычислительных функций биоинформатики, описывающей когнитивные функции в этом биобазисе.
4. Показывается, что в пределах ε -полосы покрытия «случайные» движения объединены интегральным описанием по принципам вариационного исчисления с формированием ε -гипотезы.
5. Рассмотрены возможные физические интерпретации элементов алгебры изображения, расширяющие их понимание и позволяющие раскрыть проблему восстановления трехмерности по единственному двумерному изображению (такое восприятие для системы зрения человека называется моностереовосприятием).
6. Показывается принципиальная возможность реализации когнитивных функций по прогнозирующему восприятию и поведению на планигоне размером 4×4 , как «шахматной доске».

Литература

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973. С. 5–61.
2. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Шерстюк Е.С. Новые представления о стационарности и предсказуемости в когнитивных науках. Принципы работы мозга. // Труды конф. «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях–2013». Н. Новгород, 2013. С. 59–61.
3. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Высш. шк., 1968. 223с.
4. Проскура А.Л., Запара Т.А., Малахин И.А., Ратушняк А.С. Молекулярные механизмы восприятия и первичной обработки сенсорных сигналов в нейронных системах // Труды конф. «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях–2013». Н. Новгород, 2013. С. 62–65.
5. Проскура А.Л., Запара Т.А., Ратушняк А.С. Функциональные модели базового элемента когнитивности – нейрона // Труды конф. «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях–2013». Н. Новгород, 2013. С. 123–125.
6. Психологический словарь / Под. ред. В.В. Давыдова. М.: Педагогика, 1983. 448с.
7. Рабинович М.И., Мюезинолу М.К. Нелинейная динамика мозга: эмоции и интеллектуальная деятельность // УФН. 2010. Т. 180, № 4. С. 371–387.
8. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга. М.: Мир, 1965. 480с.
9. Утробин В.А. Антенные модели связанных систем // Труды НГТУ: Системы обработки информации и управления. Т.37. Вып. 10. 2003. С.15–26.
10. Утробин В.А. Физические интерпретации элементов алгебры изображения / В.А. Утробин // УФН. 2004. Т. 174, №10. С. 1089–1104.
11. Утробин, В.А. Компьютерная обработка изображений. Информационные модели этапа понимания. –Н. Новгород: НГТУ, 2006. –247 с.

12. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений. Информационные принципы цветового восприятия. –Н. Новгород: НГТУ, 2012. 401 с.
13. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений. Анализ и синтез. 2-е изд., перераб. и испр. Н. Новгород, 2013. 246 с.
14. Хармут Х.Ф. Передача информации ортогональными функциями. М.: Связь, 1975. 267с.
15. Штейнбух К. Автомат и человек. М.: Сов. радио, 1967. 493с.
16. Эшби У.Р. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М.: Мир, 1964. 411с.
17. Яхно В.Г. Загадки работы мозга и модельные описания живых систем // Труды конф. «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях–2013». Н. Новгород, 2013. С. 212–214.

***PHYSICAL AND MATHEMATICAL INTERPRETATION OF PREDICTS PERCEPTION AND BEHAVIORAL CHARACTERISTICS OF LIVING SYSTEMS**

Utrobina V. A.

*"Nizhny Novgorod State Technical University
of R. E. Alexeyev"*

Abstract

We consider the model representation processes of primary sensory data handling subsystems at the level of innate mechanisms for the example of visual perception. We show fundamental possibility of formalization of behavior and behavior planning at the level of elementary, from the point of view of computing complexity labor input, the procedures forming biobasis of biocomputer science.

Keywords: *perception, cognitive functions, behavior, prediction, simulation.*

* работа опубликована по материалам Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях - 2013», которая поддерживалась журналом «Сложность. Разум. Постнеклассика».