

УДК. 004.8

Ю.В. Паржин

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

МОДЕЛЬ ПРЕЗЕНТАТИВНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ФОРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТИПА

В работе предложена и обоснована модель презентативной подсистемы формальной системы интеллектуального типа. Ядром данной модели является структурный процессор, моделирующий деятельность стриарной коры мозга и формирующий многоуровневую систему детекторов – модель экстрастриарных зон. Сформулирован и обоснован принцип самоорганизации информационной структуры первичного представления воспринимаемого "контурного мира" на основе двух базовых процессов: детектирования и установления линейных порядков детекторов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, модель стриарной коры мозга, самоорганизующаяся информационная структура, детекторы структурных элементов.

Введение

Актуальность. Одной из основных философских дискуссий о создании искусственного интеллекта (ИИ) до сих пор является обсуждение вопроса: должны ли мы полностью моделировать деятельность мозга человека, все его функции и структуры, либо пойти по пути моделирования лишь основных принципов построения мозга и обработки информации "естественным интеллектом" (ЕИ). Очевидно, что первое направление вряд ли реализуемо в обозримом будущем. Кроме того, возникают серьезные сомнения в практической ценности кибернетических устройств, наделенных помимо "логического" разума еще и эмоциями. Абсолютно неприемлемыми являются также временные и материальные затраты не только на создание, но и на обучение подобного ИИ, ведь активная первоначальная фаза обучения мозга человека, проходящая параллельно с его структурным формированием, занимает более 10 лет (представьте себе детские сады и школы для роботов ☺). Данный путь в развитии техники и технологий был практически всегда тупиковым (достаточно вспомнить попытки создания летательных аппаратов, имитирующих полет птиц). Для современного уровня практических потребностей человечества нет необходимости в создании автономных универсальных высоко адаптивных интеллектуальных систем, полностью моделирующих все функции ЕИ. Поэтому второе направление в создании ИИ является более перспективным с точки зрения практической реализуемости, так как позволяет использовать в процессе создания формальной системы интеллектуального типа (ФСИТ) упрощенные, концептуальные модели представления и обработки информации ЕИ.

Разработке теоретических основ реализации данного направления посвящены исследования, приведенные в статье.

Постановка задачи исследования. В статье [1] на основе определения фундаментального свойства невыразимости репрезентативных формальных систем доказана необходимость представления ФСИТ как взаимосвязи двух основных подсистем: презентативной (ПС) и репрезентативной (РС), а также показана принципиальная возможность построения подобных систем с точки зрения необоснованности так называемого "геделевского аргумента".

В настоящее время исследования в области создания ИИ находятся в состоянии системного кризиса, обусловленного отсутствием новых идей и связанного с рядом ошибок исследователей, к которым, прежде всего, следует отнести:

1. Отдельное рассмотрение и исследование ПС (прим. нейронные сети) и РС (прим. семантические сети) без учета их общности, единого подхода к их построению и взаимосвязи. Именно данное разделение, продуктивное на начальном этапе исследований ИИ середины прошлого века, является краеугольным камнем современного кризиса.

2. Игнорирование ведущими исследователями ИИ достижений нейробиологии и нейрофизиологии [2]. Данные достижения определяют "отправные точки" в понимании природы обработки информации ЕИ. Соответствие теоретических выводов в области создания ИИ практическим результатам исследований в области нейробиологии и нейрофизиологии позволяют говорить об адекватности теоретических моделей.

3. Стремление создать количественные описания процессов мышления, т.е. попытки перехода к так называемым "измерениям" в исследовании ИИ [3]. Данное направление игнорирует факт "качественной" природы мышления, при котором возникновение вторичных количественных характеристик воспринимаемых объектов и процессов происходит в результате отображения их качественных характеристик на количественные шкалы.

4. Использование известных математических теорий измерений (например, теории вероятностей, нечеткой логики, математической логики и др.) в качестве базовых формализмов построения моделей ИИ. Подобные математические теории являются языковыми конструкциями высокого уровня абстракции, созданными нашей РС и потому они обладают фундаментальным свойством невыразимости [1] и не могут эффективно использоваться не только для построения моделей РС но и РС ФСИТ. Их непосредственное использование для моделирования ФСИТ ведет, в частности, к возникновению парадоксов, обусловленных теоремами Геделя и Тарского [4].

Преодоление данного кризиса должно быть связано с пониманием основного принципа "мышления", суть которого можно сформулировать следующим образом: *процесс "мышления" на уровне РС ФСИТ это внутреннее представление воспринимаемого мира (ВМ) в результате рекурсивного применения процедур упорядочивания детектируемых элементов ВМ с заданными структурными характеристиками, формирования подструктур более высокого уровня общности с новыми характеристиками, установления взаимосвязи между структурными элементами различных уровней.*

Данный процесс позволяет перейти от параллельного восприятия мира системой восприятия ФСИТ к последовательным процессам мышления на уровне РС.

Предложенный принцип лежит в основе *самоорганизации* непротиворечивой информационной структуры представления (презентации) воспринимаемого мира РС и общего представления процессов обработки информации РС и РС ФСИТ на основе выполнения элементарных функций. В выполнении данного принципа находят отражение основные законы диалектики:

1. В иерархическом построении РС и РС, в абстрагировании от значений параметров и характеристик нижних уровней, в использовании общих принципов обработки информации на каждом уровне, в построении концептов, состоящих из последовательностей типов детекторов и элементов их отображений на качественные и количественные шкалы проявляется закон отрицания отрицания.

2. В рекурсивном применении функции установления структурного порядка (структурной функции), отражающей противоречие между порядком структурных элементов и его нарушением проявляется закон единства и борьбы противоположностей.

3. В появлении новых характеристик детектирования, в принципе формирования концептов классов в процессе обучения, в формировании количественных шкал проявляется закон перехода количества в качество.

Существование подобной самоорганизующейся информационной структуры, основанной на применении процедур качественного представления и пре-

образования информации при отсутствии количественных вычислений, говорит об организации процесса обработки информации исключительно на основе процедур *декомпозиции* – выделении (детектировании) элементов и их упорядочивании, а также *синтеза* – создании структурных элементов (подструктур) более высокого уровня общности с новыми качественными характеристиками. Синтез сложных подструктур должен осуществляться в результате упорядочивания простых структурных элементов (подструктур) по значению определенных характеристик относительно установленной "точки" начала линейного порядка. Данный синтез позволяет абстрагироваться от характеристик и параметров простых подструктур и перейти к поиску линейного порядка более сложных подструктур с новыми характеристиками.

Схематично процесс создания информационной структуры представления воспринимаемого мира (объектов восприятия) РС ФСИТ представлен на рис. 1.



Рис. 1. Процесс создания информационной структуры представления

Результаты исследований, представленные в статье детализируют данный процесс при функционировании РС ФСИТ.

Основные результаты исследований

К основным первичным функциям РС, подлежащим моделированию, относятся:

а) функция прямой и ассоциативной, качественной и количественной, пространственной и временной признаковой классификации и идентификации образов и процессов, данных в восприятии;

б) функция запоминания как отдельных образов и процессов, так и их потоков (последовательности на временной шкале);

в) функция обеспечения взаимосвязи РС и РС на основе формирования концептов образов и процессов и их взаимнооднозначного отображения в соответствующие семантические определители РС;

г) функция выбора и локализации структур представления (презентации), относящихся как к отдельным образам и процессам, ситуациям (сценам),

так и к причинно-следственным цепочкам, последовательностям во времени.

В соответствии с указанными функциями, можно выделить основные задачи ПС по предоставлению информации для РС. К ним относятся:

- 1) первичное представление (презентация) образов и процессов и их взаимосвязи (т.е. образование презентативной структуры);
- 2) участие в процессе формирования семантических определителей РС в качестве базовых подструктур;
- 3) установление прямой взаимосвязи на презентативном уровне между локализованными семантическими определителями РС.

Для исследования процессов обработки информации, происходящих в ПС, основываясь на гипотезе Маунткласа [5] об идентичности алгоритмов обработки информации в любых зонах неокортекса и том факте, что наиболее информативной системой восприятия и, следовательно, наиболее важной и сложной, а также наиболее изученной является зрительная система, построим упрощенную модель ПС ФСИТ, обрабатывающую информацию, поступающую только от зрительной системы восприятия.

Предположим, что ФСИТ воспринимает двумерный статический "Контурный мир" (КМ) в котором неподвижные образы реального мира (изображения), представленные несоприкасающимися замкнутыми или разомкнутыми черными контурами, имеющими единичную (однобитовую) ширину, находятся на белой плоскости (фоне). Контурные изображения не "зашумлены", не имеют внутренней структуры, внутренний фон замкнутых изображений также белый. В данной статье также предположим, что в момент времени t_0 воспринимается только один образ КМ.

Данные упрощения позволяют минимизировать количество рассматриваемых процедур обработки информации, происходящих в сетчатке глаза, наружном колленчатом теле (НКТ), стриарной и экстрастриарной коре мозга [6]. Модель обработки информации о КМ в ПС ФСИТ основывается на первоначальной модели "Ледяных кубиков" Хьюбела и Визеля [7] без учета глазодоминантности.

Адекватность предлагаемой модели ПС, обрабатывающей информацию о КМ, обеспечивается выполнением ряда требований, соответствующих современному представлению об обработке информации в зрительной системе восприятия (сетчатке глаз, нейронах НКТ) и зрительных зонах коры мозга.

Сформулируем основные требования к модели ПС:

1. Данная модель должна, учитывая пространственную дифференциацию рецептивных полей (РП), сохранять общую концепцию ретинопического построения.
2. Необходимо осуществить моделирование эффекта фокусировки зрения и одной из функций саккад, а именно – функции фокусировки на структурных точках изображения.

3. Для упрощения модели целесообразно отказаться от рассмотрения периферийного зрения. Можно предположить, что вся "картинка" попадающая в поле восприятия оптической системы ФСИТ однородна по уровню восприятия, т.е. находится "в фокусе". Это ограничение потребует особого подхода при моделировании рецептивных полей и эффекта фокусировки.

4. Основополагающими принципами при моделировании ПС ФСИТ должны стать принципы организации мозга, выдвинутые Д. Хьюбелом и Т. Визелем – модульность и иерархичность структуры мозга.

Обобщенное современное представление о структуре зрительной системы мозга и основных этапах обработки зрительной информации схематично можно представить в виде следующего рисунка (рис. 2).

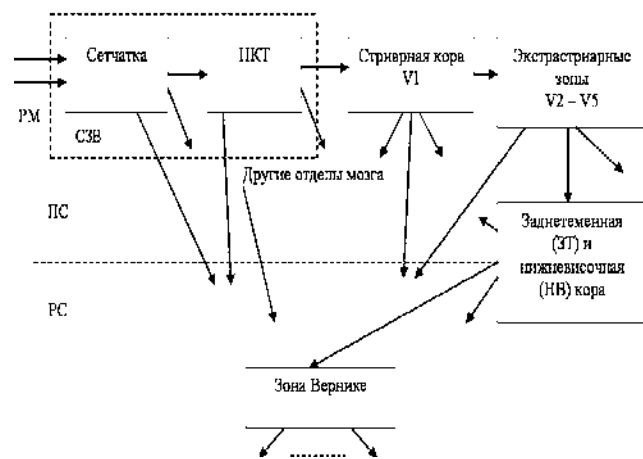


Рис. 2. Общая схема взаимосвязи отделов зрительной системы мозга

На рис. 2 представлены: РМ – объекты реального мира, СЗВ – система зрительного восприятия, НКТ – наружное колленчатое тело, ПС – презентативная система, РС – репрезентативная система.

Необходимо отметить, что в настоящий момент времени еще не существует однозначного и четкого научного понимания функций и структуры не только ЗТ и НВ коры, но и областей V2-V5. Однако можно с уверенностью говорить, что, в частности, зона Вернике, ответственная за понимание речи, относится к РС. Также практически полностью изучена СЗВ, структура и функции стриарной коры [7]. На приведенном рисунке не показано взаимодействие зон зрительной системы с другими отделами мозга, в частности с моторными отделами, ввиду сложности и слабой изученности этих связей.

В предлагаемой модели ПС ФСИТ, СЗВ может быть весьма упрощенно представлена матрицей $n \times n$ фоточувствительных детекторов (МД), реагирующих на первичные стимулы - черные точки изображения, являющиеся элементарными информационными единицами КМ. В некотором смысле, данные детекторы могут рассматриваться в качестве модели нейронов

РП с оп-центрами. В предлагаемой модели не рассматриваются адаптивные функции и механизмы зрения человека: взаимосвязь нейронов РП с оп и off-центрами, механизмы повышения качества зрения (механизмы образования РП и их перекрытия).

Однако, требование ретинотопической организации структуры ПС ФСИТ, прежде всего, определяет пространственную локализацию стимулов. Об этом свидетельствует разделение зрительных зон глаз на правые и левые – деление зрительного пространства на две полуплоскости в вертикальном направлении. Возможно также, что наличие двух дорсальных слоев в НТК для каждого глаза кроме восприятия пространственной глубины позволяет осуществить разбиение зрительного пространства на две полуплоскости в горизонтальном направлении. Таким образом, в СЗВ человека и животных генетически заложены механизмы пространственной локализации стимулов.

В предлагаемой модели системы восприятия (СВ) КМ данные механизмы отображены как в структуре МД, так и последующей ретинотопической структуре детекторов высших уровней. Следовательно, уже на уровне МД пространственная локализация стимулов определяется положением соответствующих возбужденных детекторов во внутренней системе координат, которую назовем абсолютной системой координат (АСК) (рис. 3).

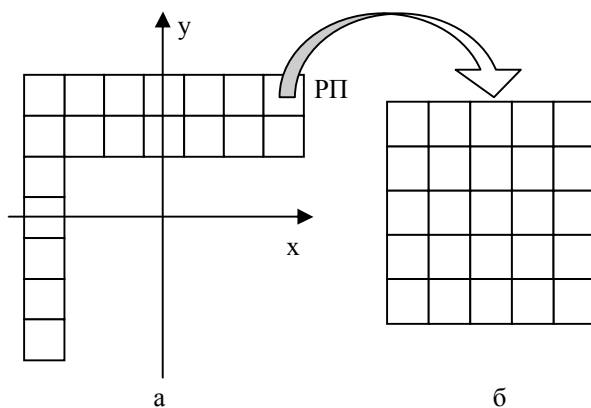


Рис. 3. Пространственное разделение МД в абсолютной системе координат (а) и матрица детекторов отдельного рецептивного поля (б)

Наличие подобной внутренней АСК позволяет ФСИТ осуществить отделение внешнего КМ от его внутреннего представления ПС в результате определения местоположения объектов КМ в "своей собственной" системе координат, что, в свою очередь, позволяет сформировать качественные пространственные шкалы.

Точность пространственной локализации стимулов определяется положением, структурой и размером РП в АСК. В данном случае РП играет роль "окна" локализации и кроме функции качественного определения местоположения стимулов задает множество точек начала линейных порядков структурных элементов. Например (рис. 3, а), разобьем каж-

дый квадрант АСК на 3,5 x 3,5 непересекающихся РП (центральные РП по осевым линиям АСК служат для детектирования стимулов расположенных точно на осях АСК). Каждое РП может быть представлено матрицей $m \times m$ непересекающихся детекторов (например, 5 x 5 как на рис. 3, б). Одинаковый размер и отсутствие пересечений РП являются существенными упрощениями, ведущими, в частности, к ухудшению качества пространственной локализации и ориентационной избирательности стимулов.

На начальном этапе обработки информации в ПС необходимо осуществить моделирование хорошо изученных процессов в стриарной коре мозга (V1) [7].

Надо отметить, что очевидно именно стриарная кора является "внутренним экраном" сознания. Данная гипотеза подтверждается результатами современных исследований японских ученых [8]. Назовем модель стриарной коры *структурным процессором (СП) ПС ФСИТ*. Для статического КМ выходными сигналами данного этапа являются реакции детекторов на отрезки определенной ориентации в структуре наблюдаемого (воспринимаемого) контурного изображения.

Для простоты, предположим, что для КМ воспринимаемого ПС ФСИТ существует 8 базовых детектируемых направлений ориентации (рис. 4, а).

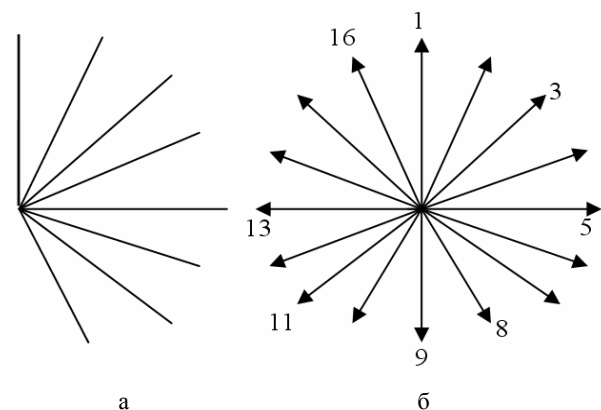


Рис. 4. Детектируемые направления ориентации без учета дирекционной дифференциации (а) и с учетом (б)

Исследования Д. Хьюбела и его модульная модель мозга свидетельствуют о наличии *дирекционной дифференциации базовых направлений ориентации* (об этом говорит двойное повторение цикла детектирования ориентированных отрезков в пределах реакции одного РП с нейронами определенного уровня иерархии), представленной на рис. 4, б. Дирекционная избирательность проявляется внутри каждого РП и детектируемые направления ориентации образуют собственную *ориентационную систему* (ОрС).

Таким образом, пространственное местоположение детектируемых стимулов и простейших структурных элементов – отрезков в АСК, определяемое структурой РП, а также детектируемые направления ориентации отрезков являются двумя *базовыми характеристиками* структур презентации в ПС.

Важными факторами в построении структуры представления воспринимаемого КМ являются *направления последовательного обхода контура изображения* (направления упорядочивания) и *выбор точки структуризации* – точки начала упорядочивания структуры. Для простоты, предположим, что обход контура осуществляется в одном направлении – по ходу часовой стрелки или слева - направо. Это ограничение упрощает рассмотрение процедуры построения концептов, но ведет к сужению моделирующих функций ФСИТ и ухудшению ассоциативного распознавания. Кроме того, предположим, что упорядочивание (переход от параллельного восприятия КМ системой

восприятия к процедурам последовательного анализа в ПС и РС) осуществляется относительно одной точки, которую назовем *точкой "захвата"* контура. Пусть этой точкой будет правая верхняя критическая структурная точка 1-го рода в контуре изображения [9]. Процедура поиска этой точки моделирует саккады и фокусировку зрения на отдельных точках изображения. Однако введение этого ограничения накладывает дополнительные трудности при формировании презентативных структур инвариантных повороту изображения. Структура ПС ФСИТ для одного направления обхода контура и фиксированной точки начала линейных порядков представлена на рис. 5.

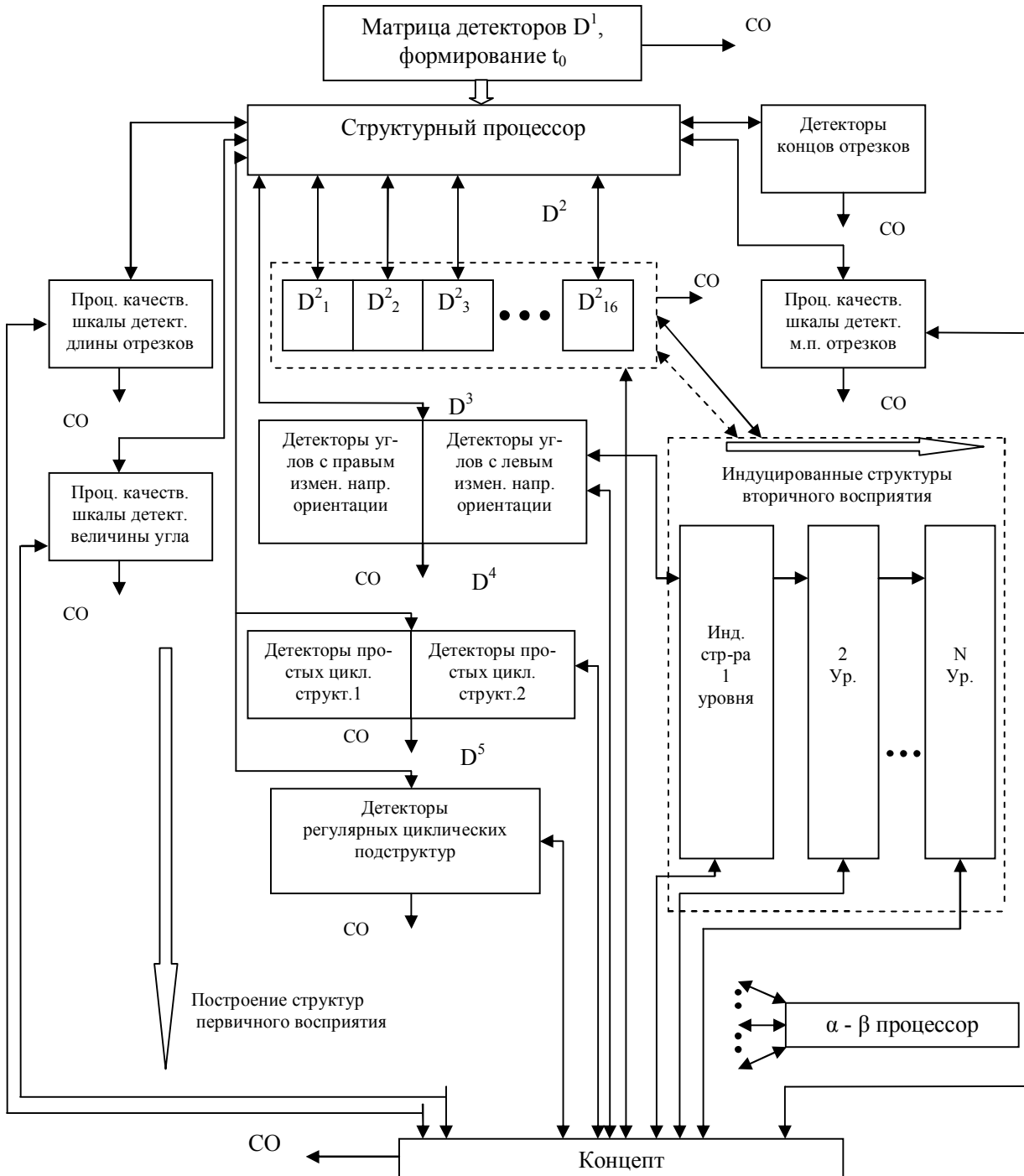


Рис. 5. Структура ПС ФСИТ для одного направления обхода контура и фиксированной точки начала линейных порядков

Рассмотрим структурные элементы представленные на данном рисунке. Под *первичным восприятием* будем понимать процесс построения структуры детекторов без учета *индуктивных уровней*.

Начальными (входными) структурными элементами ПС является матрица детекторов (МД) точек D^1 , каждый элемент которой связан с семантическим определителем (СО) РС, имеющим значение "точка". Предположим, что в рассматриваемом случае в КМ не существуют изолированные точки, т.е. точки, не принадлежащие контуру изображения. Таким образом, в данном случае мы не рассматриваем формирование качественной шкалы местоположения отдельных точек в АСК. Процедура восприятия (детектирования) элементов КМ на данном этапе должна предусматривать формирование параметра момента времени восприятия наблюдаемого изображения.

Допустим, данный параметр имеет значение t_0 . Каждый элемент МД ретинотопически взаимосвязан с соответствующими элементами 16 матриц детекторов (назовем их плоскостями) структурного процессора, соответствующих дифференцированным базовым направлениям ориентации.

Таким образом, МД параллельно отображается на 16 плоскостей СП. Определим основные функции СП. К ним на *первом* этапе работы СП относятся:

1. Формирование детекторов отрезков определенной ориентации $D^2 = (D^2_1, D^2_2, \dots, D^2_{16})$; 2. Формирование детекторов качественной шкалы длины отрезков; 3. Формирование детекторов качественной шкалы местоположения отрезков в АСК; 4. Формирование детекторов концов отрезков.

На *втором* этапе: 1. Формирование детекторов углов D^3 с правым (по ходу часовой стрелки) направлением изменения ориентации – D^3_1 и детекторов с левым (против хода часовой стрелки) направлением изменения ориентации – D^3_2 ; 2. Формирование детекторов качественной шкалы величины углов; 3. Формирование детекторов структурных точек для индуцированной структуры первого уровня. Данные точки являются концами отрезков, образующих угол с определенным изменением направления ориентации отрезков.

На *третьем* этапе – формирование детекторов D^4 простых циклических подструктур 1 (D^4_1) и 2 (D^4_2), определяющих соответственно переход в изменении направления ориентации отрезков с правого на левый или наоборот.

На *четвертом* этапе в зависимости от уровня сложности структуры воспринимаемого контурного изображения, определяемого регулярностью (циклической вложенностью) его подструктур, может быть множество детекторов. На данном этапе осуществляется формирование детекторов регулярных циклических подструктур D^5 .

На заключительном *пятом* этапе происходит формирование детектора концепта воспринимаемого изображения, так называемой "бабушкиной клетки". *Концепт* определяется совокупностью детекторов

всех уровней *первичного восприятия* изображения и индуцированных структур *вторичного восприятия*.

Очевидно, что в зависимости от сложности изображения будет строиться различное количество уровней как первичного восприятия (или восприятия по базовым производным параметрам), так и индуцированных структур вторичного восприятия.

Процессоры качественных шкал детекторов местоположения, длин отрезков и величин углов кроме функции непосредственного формирования детекторов качественных шкал, также выполняют ту же функцию, что и структурный уровень D^5 – определяют циклические последовательности подструктур детекторов данных шкал.

В предлагаемой модели представлен α - β процессор, управляющий вертикальными связями между уровнями детектирования. Его назначение – установление прямых связей α между транзитивными узлами уровней детектирования и установление веса связи β , отражающего накопление опыта функционирования ПС. Данные весовые коэффициенты служат основой для формирования классового концепта, а прямые связи α будут использоваться в процессе установления взаимосвязи РС с ПС, перевода из латентного состояния уровня возбуждения соответствующего детектора в актуальное состояние (в процессе проведения "мысленного моделирования"), а также при проведении процедур идентификации.

Рассмотрим более подробно функционирование и структуру СП на двух примерах. Сгруппируем все детекторы одного и того же направления ориентации каждого РП на отдельных плоскостях (матрицах детекторов ориентации). Тогда, множество данных плоскостей будет иметь вид, представленный на рис.6. Данная модель является разложением по плоскостям ориентации модульной модели Хьюбела для уровня иерархии, соответствующего слоям 2, 3 структуры V1 и представляет собой основу структурного процессора ПС ФСИТ. Предположим, что МД параллельно воспринимается (детектируется) в момент времени t_0 разомкнутая ломаная линия с концами отрезков (a, b, c, d, e, f), а в момент времени t_1 – замкнутый прямоугольник (a, b, c, d). В первом и втором примерах точкой "захвата" контура будет точка "a". Каждая плоскость СП по определенному правилу, рассмотренному ниже, параллельно воспринимает только те отрезки, ориентация которых имеет соответствующее направление в ОпС. Первая группа из восьми плоскостей имеет детектируемые направления ориентации с 1 по 8, а вторая – "зеркальные" направления с 9 по 16 с учетом дирекционной избирательности. Для простоты допустим, что отдельные отрезки в примере 1 расположены в плоскостях ориентации D^2_3 и D^2_7 , а в примере 2 – в плоскостях D^2_3 , D^2_7 и D^2_{11} , что соответствует 3, 7 и 11 направлениям ориентации ОпС. Пусть длина данных отрезков одинакова и соответствует величине только одного РП (без перекрытия соседних РП).

В СП каждый детектор $d^2_{i(j,k)}$ плоскости D^2_i , где i – направление ориентации, j – номер РП, k – номер детектора в РП, связан с аналогичными по местоположению в МД детекторами соседних плоскостей D^2_{i+1} и D^2_{i-1} горизонтальными связями, соответственно прямой и обратной, которые назовем строками структурных переходов (ССП) и будем обозначать как Sr . Таким образом, каждый детектор $d^2_{i(j,k)}$ имеет две входящие Sr – прямую

$\overset{\bullet}{\rightarrow} Sr$ и обратную $\overset{\bullet}{\leftarrow} Sr$, а также две исходящие Sr – прямую $\overset{\bullet}{\rightarrow} Sr$ и обратную $\overset{\bullet}{\leftarrow} Sr$.

На рис.6 прямые ССП изображены сплошными линиями со стрелками, а обратные ССП – пунктирными кривыми со стрелками. Определим, что активными являются только те ССП, которые непосредственно или транзитивно взаимосвязывают концы отрезков (их детекторы) в соответствующих плоскостях. При установленной нумерации направлений ориентации OpC , ССП определяют правый (по часовой стрелке) порядок обхода контура с 1 по 16 направлений. Последовательность транзитивно взаимосвязанных активных ССП выстраивается относительно точки "захвата" контура. Таким образом, точка "а" для двух примеров задает начало линейного порядка в структуре 2-го уровня детектирования D^2 . Плоскости D^2_1 и D^2_{16} взаимосвязаны между собой прямыми и обратными ССП, которые образуют цикл замыкания структуры процессора. При активизации (возбуждении) соответствующих детекторов на определенной плоскости, конечный детектор отрезка одновременно активизирует прямую и обратную исходящие ССП. Данные ССП транзитивно распространяют возбуждение на последовательность плоскостей в прямом и обратном направлении относительно исходной плоскости до момента конкурентного "захвата" конечного детектора принадлежащего отрезку, сопряженного с исходным (имеющих общий детектор на матрице D^1). Та транзитивная ССП, которая первой "захватывает" данный детектор формирует активный участок, а вторая получает отказ. Очевидно, что один и тот же отрезок, воспринимаемый МД, будет одновременно отображаться на две плоскости с противоположными направлениями ориентации. Учитывая выбранное нами направление обхода контура относительно точки "захвата", отрезок находящийся на "зеркальной" плоскости будет *маскироваться* в результате распространения *тормозящих сигналов* по ССП.

Рассмотрим пример 1 на рис. 6. На плоскости D^2_3 изображены: детектор соответствующий конечной точке "а" – точке "захвата" контура (черная точка), детекторы отрезка ab и детектор соответствующий конечной точке "b" (белая точка). Результатом

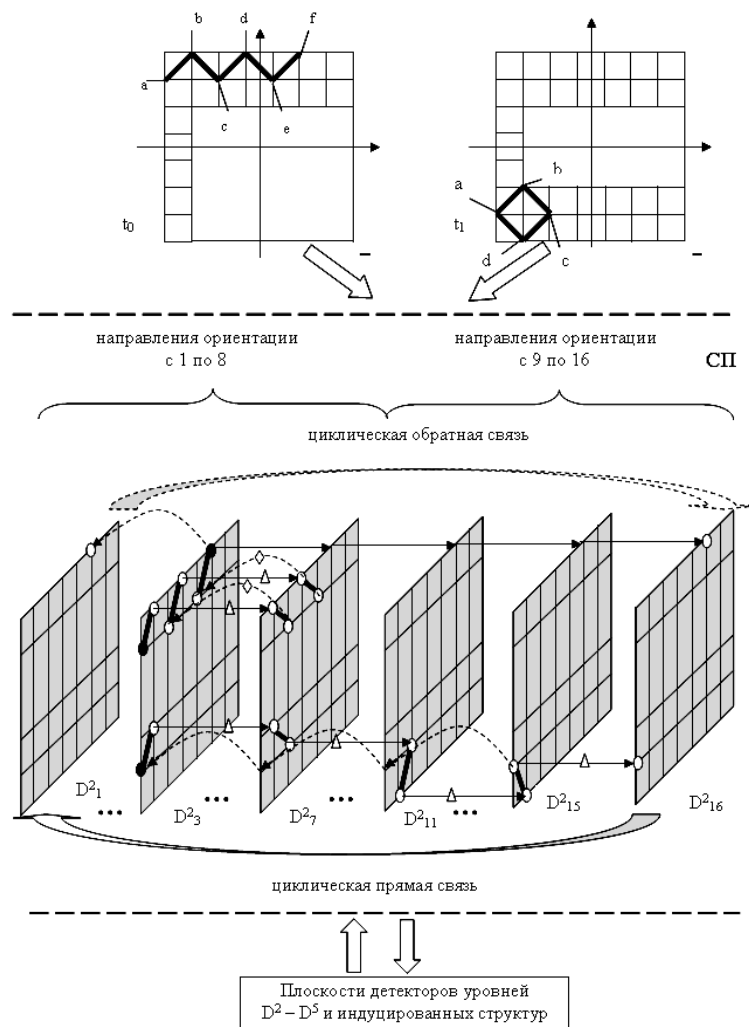


Рис. 6. Модель структурного процессора ПС ФСИТ

обработки информации СП на данной плоскости будет являться возбуждение детектора отрезка $d^2_{3(j)}$, где j – номер детектируемого отрезка в РП (далее для простоты – $d^2_{отр}$), детектора качественной шкалы местоположения отрезка $d^2_{мп,j}$, детектора качественной шкалы длины отрезка $d^2_{дл,j}$, детектора конца отрезка $d^2_{кон}$. Параллельно с обработкой информации об отрезке ab , на данной плоскости обрабатывается и информация об отрезках cd и ef , что влечет к возбуждению соответствующих детекторов $d^2_{отр}$, $d^2_{мп,k}$, $d^2_{мп,l}$, $d^2_{дл,j}$. При этом детекторы $d^2_{отр}$, $d^2_{кон}$, и $d^2_{дл,j}$ будут одними и теми же для всех трех отрезков. Разделение данных детекторов будет осуществляться значением параметра связи α , определяющим (идентифицирующим) источник связи, а также значением параметра момента времени восприятия изображения t_0 . Аналогичные процедуры обработки информации об отрезках bc , de происходят на плоскости D^2_7 . Установление горизонтальных связей с использованием ССП будем рассматривать как последовательную процедуру переходов между плоскостями. Началом горизонтального линейного порядка с использованием ССП служит детектор, соответствующий концу b ориентированного отрезка ab с точкой захвата контура на плоскости D^2_3 . Дан-

ный детектор активизирует соответствующие ССП \vec{S}_p и \overleftarrow{S}_p . Ближайшим детектором в транзитивной цепочке ССП \vec{S}_p является детектор, соответствующий точке b отрезка bc на плоскости D^2_7 . Данная цепочка \vec{S}_p становится активным участком (на рис. 6 подобные цепочки обозначены треугольником) и определяет возбуждение детектора угла $d^3_{уг1}$. Количество транзитивных переходов между плоскостями D^2_3 и D^2_7 определяет величину угла abc и ведет к возбуждению соответствующего детектора качественной шкалы величины угла $d^3_{вел.1}$.

Заметим, что если плоскости образующие угол расположены последовательно, например D^2_1 и D^2_{i+1} , то при достаточно большом количестве базовых направлений ориентации (экспериментально установлено что их более 360 с учетом дирекционной избирательности) мы будем воспринимать данные отрезки как *кривую*.

На плоскости D^2_7 детектор, соответствующий точке "c" отрезка bc активирует свои \vec{S}_p и \overleftarrow{S}_p . Ближайшим детектором в транзитивной цепочке ССП \overleftarrow{S}_p является детектор, соответствующий точке "c" отрезка cd на плоскости D^2_3 .

Данная цепочка \overleftarrow{S}_p также становится активным участком (на рис.6 подобные цепочки обозначены ромбом). Возбуждается детекторы $d^3_{уг2}$ и $d^3_{вел.1}$. Процедура продолжается до выхода в конечную точку f (на рис.6 она обозначена черной точкой на плоскости D^2_3).

Из данной точки транзитивные цепочки \vec{S}_p и \overleftarrow{S}_p циклически замыкаются на эту же точку, что свидетельствует об окончании процедуры обхода контура. Так как точка f по своему местоположению не соответствует точке "a", то детектируется точка разрыва контура, в противном случае, как в примере 2, детектируется точка замыкания контура. В примере 2 работает тот же алгоритм.

В этом примере интерес представляет выстраивание транзитивных цепочек ССП \vec{S}_p и \overleftarrow{S}_p из детектора плоскости D^2_{15} , соответствующего точке "a" отрезка da . Исходящая из данного детектора \vec{S}_p по циклической связи первой достигает детектора точки "a" на плоскости D^2_3 и блокирует установление связи цепочкой \overleftarrow{S}_p .

Одновременно с установлением активных участков ССП, определяющих детектирование углов и их величин, в зависимости от типа данного участка (\vec{S}_p или \overleftarrow{S}_p) определяется направление изменения ориентации отрезков – правое (рис. 7, а) при кото-

ром возбуждается детектор $d^3_{уг1}$ или левое (рис. 7, б) с соответствующим детектором $d^3_{уг2}$. Кроме того, конечные точки отрезков – "a" и "c" для структуры типа $d^3_{уг1}$ или b и d для структуры типа $d^3_{уг2}$ являются структурными точками для построения индуцированной структуры 1-го уровня.

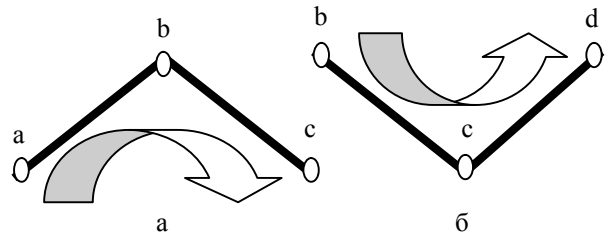


Рис. 7. Изменение направления ориентации отрезков: а – правое; б – левое

Из примера 2 на рис. 6 видно, что при последовательном выстраивании цепочки активных ССП нет переходов между направлениями изменений ориентации отрезков с правого на левый или наоборот, а в примере 1 эти переходы имеют регулярный характер. Множественность последовательных возбуждений детектора только одного типа, в примере 2 это детектор $d^3_{уг1}$, свидетельствует об отсутствии подобных переходов, что определяет постоянство в направлении изменения ориентации отрезков или выпуклость структуры. В этом случае будет сформирован детектор регулярной циклической структуры d^5_1 (заметим, что для данного примера нет структуры уровня 4), определяющий конечный уровень детектирования (если не учитывать возможность построения в процессе обучения системы количественной шкалы, определяющей, например, количество углов) при построении презентативной структуры первичного восприятия образа, так как невозможно дальнейшее формирование новых структурных характеристик ввиду того, что мы объединили одним значением единой структурной характеристики начальную и конечную точки (начальную и конечную подструктуры 2-го структурного уровня) выстроенного линейного порядка (рис. 8).

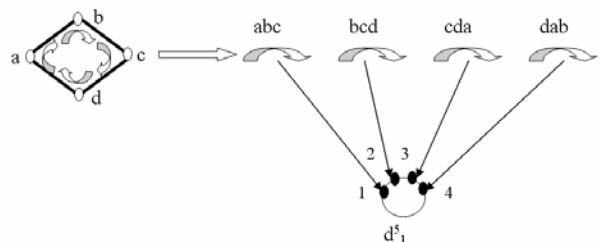


Рис. 8. Схема формирования детектора d^5_1

Для примера 1 (рис. 9) наличие переходов с правого изменения направления ориентации на левый или наоборот, определяет возбуждение детекторов 4-го структурного уровня соответственно $d^4_{ст1}$ или $d^4_{ст2}$, являющихся характеристиками простых циклически повторяющихся "зеркальных" структур. Моменты данных переходов будут определяться общи-

ми конечными точками отрезков (точки "с" и "е" для перехода типа $d_{ст1}^4$ и точка d для перехода типа $d_{ст2}^4$). Однако в этом случае на уровне D^4 мы получили два возбужденных детектора $d_{ст1}^4$ и $d_{ст2}^4$. Это свидетельствует о невозможности формирования на данном структурном уровне одного значения единой структурной характеристики. Следовательно, процедура структурного синтеза должна продолжаться, в идеале до получения (перевода в возбужденное состояние) только одного детектора определенного структурного уровня. Таким образом, мы формируем следующий структурный уровень презентации D^5 с возбужденным детектором d_2^5 . Данный детектор определяет построение порядка указанных переходов в определенном направлении обхода контура относительно точки "захвата". Для примера 1 на данном структурном уровне определяется "изломанность" структуры (т.е. наличие последовательности выпуклых и вогнутых подструктур относительно точки "захвата").

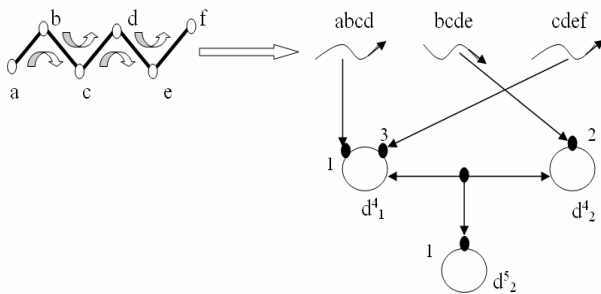


Рис. 9. Схема формирования детектора d_2^5

Таким образом, на уровнях $D^1 - D^4$ при формировании детекторов данных структур выполнялась бинарная операция сравнения, позволяющая рассматривать независимые подструктуры.

Особенность структуры уровня D^5 состоит в том, что на этом уровне происходит формирование *новой не базовой или вторичной структурной характеристики* – последовательности структур уровня D^4 (или D^3 для выпуклых многоугольников) относительно точки "захвата". В этой последовательной процедуре применяется n-мерная операция сравнения, суть которой заключается в поиске подструктур с одинаковой комбинацией структурных переходов d_i^4 - циклических подструктур.

Следует отметить, что в рассмотренных примерах именно плоскости СП и порядок активных участков ССП возбуждают детекторы вышестоящего уровня (формируются детекторы всех уровней за один проход по цепочкам ССП), хотя при определении последовательных структур для "разгрузки" СП с этой функцией могут справиться и детекторы нижестоящего уровня. Очевидно, что самые простые регулярные циклические структуры позволяют построить единичный детектор первичного восприятия на уровне D^5 . Данные структуры имеют, например, простые замкнутые геометрические фигуры на плоскости – выпуклые и вогнутые многоугольники с простой структурой (последовательно меняю-

щимися значениями переходов или регулярными циклами данных переходов) либо подобные ломанные. Мы легко определяем характер этих структур, воспринимаем их регулярность, симметричность.

В случае если данная структура имеет нерегулярный характер, построить единственный детектор нам не удастся – их может быть множество в зависимости от количества циклических подструктур. Алгоритмически этот результат говорит о том, что необходимо было бы продолжать построение следующих структурных уровней до момента получения одного значения детектора, однако в нашем распоряжении уже нет "свободных" базовых или вторичных характеристик. Конечно, можно было бы ввести новую характеристику "порядка порядков", однако существует более конструктивный подход, связанный с построением индуцированных структур.

Индукцированные структуры являются структурами вторичной презентации (восприятия). Эти структуры строятся СП в результате детектирования индуцированных отрезков – реально не существующих отрезков в контуре воспринимаемого изображения. Данные отрезки формируются между "свободными" концами тех отрезков, которые образуют угол в структуре первичного восприятия (рис. 10, а). "Связанным" концом отрезков является вершина угла. Таким образом, индуцированные отрезки формируются уже в процессе детектирования углов в результате встречного распространения прямой и обратной ССП, исходящих из соответствующих "свободных" концов отрезков. Детектирование индуцированного отрезка осуществляется той плоскостью, направлению ориентации которой соответствуют точки – "следы" прямой и обратной ССП, на данной плоскости.

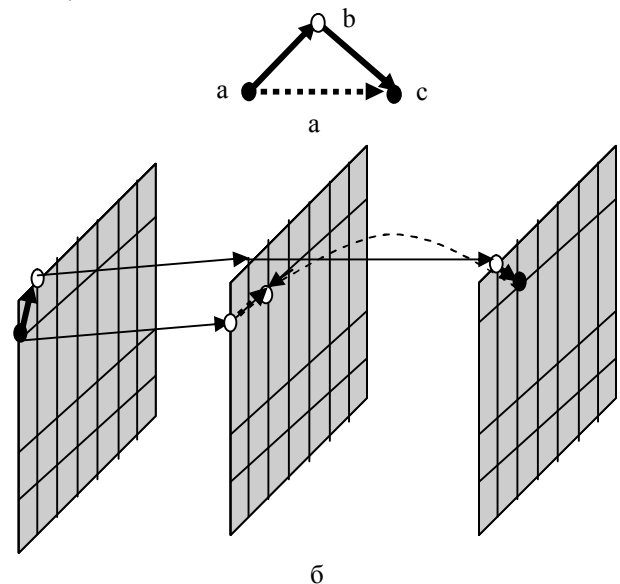


Рис. 10. Формирования в СП индуцированных отрезков: а – сущность; б – процесс

Индукцированные структуры строятся параллельно со структурами первичного восприятия по тем же самым алгоритмам. Данные первичные и

вторичные структуры взаимно не пересекаются. Процесс построения СП индуцированных отрезков показан на рис. 10, б.

Отметим, что индуцированный отрезок определенной ориентации всегда будет находиться на плоскости, лежащей между плоскостями с отрезками образующими угол. Количество уровней подобных индуцированных структур зависит от сложности реального изображения и, следовательно, определяет уровень реалистичности воспринимаемого изображения. Именно эти структуры, конечно более сложные, позволяют нам, например, определять различие между фотографией реального объекта и его рисунком. В рассматриваемом КМ, данные структуры осуществляют "сглаживание" структуры первичного восприятия.

Таким образом, происходит абстрагирование от мелких деталей первичной структуры, что играет огромную роль в процессе классификации изображения (рис. 11, а, б). На данном рисунке отражен только принцип "сглаживания", хотя в примере б для преобразования исходного изображения, которое можно только условно классифицировать как "звезда", к концепту "звезда" понадобится специальная процедура приведения к эталонному концепту, заключающаяся во фрагментарном использовании индуцированных отрезков.

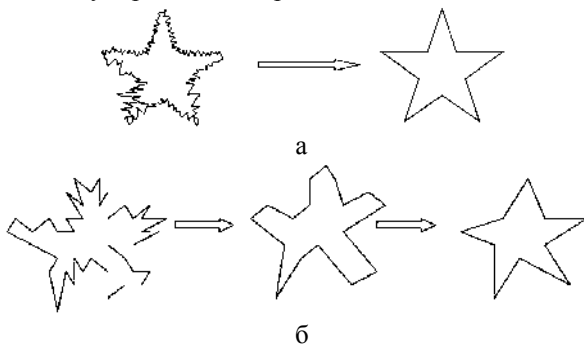


Рис. 11. Фрагментарная последовательность "сглаживания" индуцированных структур

Однако в процессе построения индуцированных структур параллельно строится не одна, а две индуцированные структуры – двойственные индуцированные структуры (рис. 12, а, б).

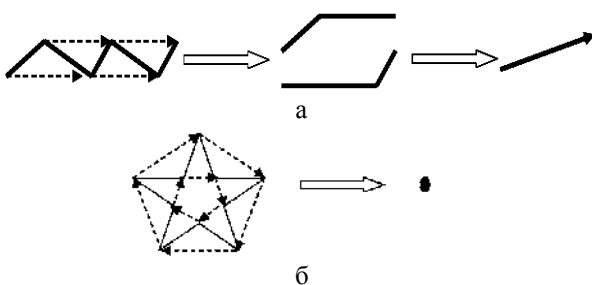


Рис. 12. Формирование двойственных индуцированных структур (а – разомкнутого; б – замкнутого) контура

Двойственные индуцированные структуры замкнутых вогнутых многоугольников строятся до получения описанного и вписанного выпуклых многоуголь-

ников (рис. 12, б). Конечными детекторами данных выпуклых многоугольников будут детекторы пятого уровня d^5_1 , которые в комбинации с детекторами замыкания образуют точечные свертки данных структур.

В случае разомкнутого контура (рис. 12, а) конечным детектором индуцированных структур будет детектор второго уровня d^2_1 – отрезок, который в совокупности с детекторами концов образует векторную свертку данных структур. Именно формирование этих типов детекторов является признаком окончания алгоритма построения презентативных структур.

Еще одной особенностью двойственных индуцированных структур вогнутых многоугольников является то, что вершины описанного и вписанного многоугольников определяют последовательность критических структурных точек соответственно 1-го и 2-го рода [9] относительно точки "захвата" т.е. фактически структуру классового концепта – простейшего редуцированного образа [1].

Выводы и направления дальнейших исследований

Представленные результаты исследований говорят о том, что в основе самоорганизации презентативной информационной структуры лежат два последовательно повторяющихся процесса:

1. Детектирование определенного уровня общности структурных элементов воспринимаемого изображения.
2. Установление линейного порядка детектируемых элементов по базовым или производным структурным характеристикам.

Общая схема взаимосвязи этих процессов для ПС ФСИТ, воспринимающей КМ, представлена на рис. 13. На данном рисунке вертикальными стрелками указан процесс детектирования, а горизонтальными – установления порядка.

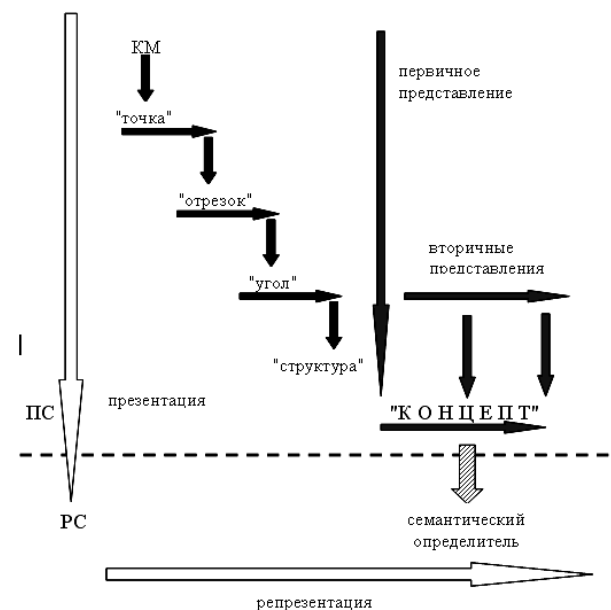


Рис. 13. Общая схема формирования самоорганизующейся презентативной информационной структуры ПС ФСИТ

Таким образом, получены следующие основные результаты исследований:

1. Сформулирован и обоснован принцип обработки информации ПС ФСИТ, лежащий в основе самоорганизации непротиворечивой информационной структуры внутреннего представления (презентации) воспринимаемого мира.

2. Построена модель стриарной коры мозга – структурного процессора, функционирующего на основе определения линейных порядков детектируемых структурных элементов изображений КМ с двумя базовыми характеристиками: пространственным местоположением стимулов во введенной внутренней АСК и направлениями ориентации в предложенной ОрС.

3. Предложен единый алгоритм построения детекторов структур первичного и вторичного представления (индуцированных структур), позволяющий за конечное число шагов построить полную презентативную структуру воспринимаемого изображения КМ и его концепт.

4. Построена модель экстрастриарных зон коры мозга, представляющая собой совокупность взаимосвязанных уровней детектирования, предназначенных для формирования концепта и последующей взаимосвязи ПС с РС ФСИТ.

Полученные результаты позволяют на основе процедуры формирования концепта в процессе обучения и самообучения ПС ФСИТ осуществить классификацию и идентификацию изображений КМ. Для этого необходимо осуществить построение качественных и количественных шкал, разработать механизм формирования уровней актуальности и латентности детекторов, а также алгоритм их взаимосвязи и формирования весовых коэффициентов, ввести новые базовые структурные характеристики: скорость и направление движения, пространственную глубину, цвет, время, характеристики сцен. Все это позволит разработать общую математическую модель ФСИТ и построить модель детектора.

МОДЕЛЬ ПРЕЗЕНТАТИВНОЇ ПІДСИСТЕМИ ФОРМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ТИПУ

Ю.В. Паржин

У роботі запропонована та обґрунтована модель презентативної підсистеми формальної системи інтелектуального типу. Ядром цієї моделі є структурний процесор, що моделює діяльність стриарної кори мозку та формує багаторівневу систему детекторів – модель екстрастриарних зон. Сформульовано та обґрунтовано принцип самоорганізації інформаційної структури первинного уявлення "контурного світу", що сприймається, на основі двох базових процесів: детектування та встановлення лінійних порядків детекторів.

Ключові слова: штучний інтелект, модель стриарної кори мозку, детектор структурного елементу, презентативна підсистема, репрезентативна підсистема, формальна система інтелектуального типу, структурний процесор, самоорганізація інформаційної структури.

THE MODEL OF PRESENTATION SUBSYSTEM OF FORMAL SYSTEM OF INTELLECTUAL TYPE

Yu.V. Pargzin

The author of the article suggests and grounds the model of presentation subsystem of formal system of intellectual type. The nucleus of this model is a structural processor that is simulating the activity of striatic cerebral cortex and developing the multilevel system of detectors - the model of extrastriate areas. The author also states and proves the principal of self-organization of informative structure of primary presentation of perceptible "contour world" based on the process of detection and detectors linear ordering.

Keywords: artificial intellect, the model of striatic cerebral cortex, structural element detector, presentation subsystem, representative subsystem, formal system of intellectual type, structural processor, self-organization of informative structure.

Список литературы

1. Паржин Ю.В. О фундаментальном свойстве невыразимости репрезентативных формальных систем / Ю.В. Паржин // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – X.: ХУ ПС, 2008. – Вип. 7 (74). – С. 142-147.
2. By Susan Kruglinski, DISCOVER Vol. 28 No. 01 January 2007. Интервью с Марвином Мински [Электронный ресурс]. – Режим доступа к документу: <http://www.raai.org/library/papers/Minsky/minsky.htm>.
3. Хокинс Дж. Временная Иерархическая Память [Электронный ресурс] / Дж. Хокинс, Дж. Дайлин. – Режим доступа к документу: <http://groups.google.com.ua/group>.
4. Успенский В.А. Теорема Геделя о неполноте. (Популярные лекции по математике) / В.А. Успенский. – М.: Наука, 1982. – 112 с.
5. Хокинс Дж. Об интеллекте: пер. с англ. / Дж. Хокинс, С. Блейкли. – М.: ООО"И.Д. Вильямс", 2007. – 240 с.
6. Филимонов А.В. Физиологическая основа для аналитической психологии К. Г. Юнга и соционики А. Аугустинавичюте [Электронный ресурс] / А.В. Филимонов // Психология и соционика межличностных отношений. – 2004. – № 11. Режим доступа к документу: <http://www.socioniko.net/ru/authors/filimonov-a.html>.
7. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение: пер. с англ. / Д. Хьюбел. – М.: Мир, 1990. – 239 с.
8. Машина считала зрительный образ с мозга человека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к документу: <http://www.membrana.ru/articles/inventions/2008/12/15/172900.html>.
9. Паржин Ю.В. Определение критических точек в структуре контурных изображений для построения концепта распознавания / Ю.В. Паржин, А.А. Адаменко, Д.В. Гринев // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – X.: ХУ ПС, 2004. – Вип. 10 (38). – С. 142-149.

Поступила в редколлегию 8.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.