

3. How PCC works. URL: https://wiki.mikrotik.com/wiki/How_PCC_works_%28beginner%29 (дата обращения 13.05.2019).

4. AWS Auto Scaling. URL: <https://aws.amazon.com/autoscaling/> (дата обращения 13.05.2019).

V. S. Melnik
Saint Petersburg Electrotechnical University

MULTI-THREAD ROUTING IN THE AUTOMATED SYSTEM OF ACCOUNT OF FINITE NODES OF THE DISTRIBUTED CLUSTER

This article describes the approach to designing a geographically distributed system that uses multi-threaded routing. This mechanism allows you to increase the fault tolerance of the designed system as a whole through the use of more than one communication channel between the end nodes.

In addition to solving the problem of improving reliability, the article outlines a technique that allows balancing resources, allowing you to use all available communication channels.

The aim of the research is to develop a comprehensive solution for the design of the infrastructure for transmitting a continuous data stream by several routes, which ensure fault tolerance and share the load among themselves, allowing these routes to be used for administrative purposes, for example, to monitor the system and track critical situations, as well as to manage existing nodes.

In the proposed design scheme, it is proposed to ensure the fault tolerance of a geographically distributed system so that each of the message chains acts as an independent unit of the computer system. In the results of the work, an analysis was made of various options for connecting the system taking into account the probability of failure of each of the independent links.

Network infrastructure design, fault tolerance, reliability, redundancy, load balancing, routing, distributed systems, cluster systems

УДК 004.387

И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, Н. М. Сафьянников
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

А. В. Рудинский
ЗАО «НПЦ «Аквamarin»

Сложнофункциональные блоки вычислительной перцепции в классе вычислительно-преобразовательных цепей

Исходя из совокупности обобщенных свойств физической символьной системы (ФСС), рассматривается структурно-аналоговая архитектура средств вычислительной перцепции. При этом привлекаются различные уровни абстрагирования природоподобного объекта. Применение архетипов в классификации вычислительно-преобразовательных цепей (ВП-цепей) на операционных с управляемым параметром элементах обеспечивает возможность систематизации не только имеющихся, но и мыслимых структур. Исходя из онтологической интерпретации структурно-функциональной модели, ее качество определяется качеством понятий и отношений между ними. В условиях дестабилизации воздействий внутренней и внешней среды обеспечение равновесного состояния цели обеспечивается с помощью механизма гомеостазиса. Для математического описания структуры ВП-цепей как потоковых устройств нейросетевой архитектуры используются результаты аппроксимации воспроизводимых зависимостей «вход-выход» в классе рациональных функций (по параметру управления проводимостью операционных элементов). При описании класса объектов и множеств отображений (морфизмов), переводящих одни объекты в другие, привлекается теория категорий. Общая задача синтеза сводится к генерации полного множества неизоморфных циклически связанных неприводимых структур s-моделей ВП-цепей. Приводится процедура синтеза минимальной по рангу s-модели ВП-цепи. Обсуждаются примеры оригинальных разработок, где использованы свойства вычислительной перцепции в природоподобных объектах искусственного происхождения.

Вычислительная перцепция, вычислительно-преобразовательные цепи, структурно-аналоговые вычисления, s-моделирование, теория категорий, функтор, структурное число, рельефная виртуализация, сенсор, тремор

Согласно современным представлениям, перцепция – «суперпозиция трех полевых структур: поля сознания, поля обработки информации и поля мышления». Привлекаемый формализм име-

ет волновую природу. Распределенность во времени и в пространстве – характерное свойство волновых процессов, способных к изменению при сохранении целостности. В том смысле, что процесс имеет наряду с актуальным также и потенциальное содержание.

Здесь мы акцентируем внимание на понятии непрерывности, играющем фундаментальную роль в теории топологических пространств. Понятие непрерывности и ее критерии изложены в [1]. Для рассматриваемого функционального преобразования ВП-цепей на операционных с управляемым параметром элементах важен тот факт, что достаточно регулярное топологическое пространство задается топологией поточечной сходимости функциональных признаков. В связи с этим уместно напомнить тезис о том, что нет ничего практичнее хорошей теории.

При создании и развитии семейства моделей средств вычислительной перцепции природоподобного объекта привлекаются различные уровни абстрагирования:

- философское или теоретико-познавательное описание замысла технической системы (ТС);
- представление ТС на языке выбранной научной теории;
- проектное представление ТС;
- конструкция ТС;
- технологическое обеспечение ТС;
- материальное воплощение ТС.

Формирование совокупности обобщенных свойств ТС требует разработки ее обобщенной модели на основе методов теории категорий в модельно-ориентированной системной инженерии.

Обобщенная модель должна быть абстрактной: она может использовать только общие принципы, не привлекая физическую реализацию. Здесь под объектом понимается вещь (явление) в единстве своих взаимодополняющих и потенциально возможных (виртуальных) свойств. Теория познания (когнитология), принадлежа в основном философии, находится за пределами нашего обсуждения. Материал сконцентрирован на изложении прикладной проблемы – оптимального структурного синтеза вычислительно-преобразовательной цепи (ВП-цепи) на операционных с управляемым параметром элементах.

К основным признакам ВП-цепей, выделяющими их в самостоятельный класс специализированных вычислительных устройств преобразования формы информации и вида энергии, относятся:

- сетевая структура на операционных с аналоговыми и цифровыми атрибутами элементах;

- использование принципов: параллельной обработки информации разной формы представления, параметрической инвариантности, совмещения операторов изменения формы представления и ее обработки;

- распределенность и управляемость потоков данных по операционным элементам сети;

- определяющая роль процедур обучения и автореферентных (нелинейных циклических по управлению) процессов в представлении и обработке данных различной онтологической природы;

- наличие во всех объектах класса ВП-цепей единого обобщенного архетипа (понятие гомологии как соответствия возникает в связи с построением архетипа);

- обеспечение равновесного состояния цепи (гомеостазиса) является первичной целью управления при реализации ее функционального назначения (в условиях широкого диапазона воздействий внутренней и внешней среды); приспособление к новым условиям функционирования осуществляется за счет изменения параметров операционных элементов или структуры цепи.

Общая постановка задачи. Сложно-функциональный блок (СФ-блок) – это «функционально-законченный фрагмент сверхбольшой интегральной схемы (СБИС), предназначенный для многократного повторного использования, универсальный (полимодалным) или специализированный по назначению» [2], [3]. Это предмет интеллектуальной собственности, передаваемый другой стороне в виде различного типа моделей: текст на языке описания аппаратуры («soft»), логической схемы («firm»), списка цепей или топологии («hard») [2]–[4]. Представление структуры систем графами регламентируется, в частности, стандартом IEC81346 [5], [6].

Специфика разработки СФ-блока, в отличие от других изделий микроэлектроники, заключается в том, что создается не физический прибор, а комплект моделей и технической документации СФ-блока для системы автоматизированного проектирования (САПР) СБИС. Естественным источником математических моделей и анализа мегамodelей служит теория категорий [6]–[8].

Здесь участвуют и образная, и знаковая составляющие. Носителями второй служат слова естественного языка, а их сигнатурой – логические операции. По этой причине их называют логико-лингвистическими моделями [9]. Кстати, термин «функтор» как один из базовых в теории категорий был позаимствован математиками из работ философа Р. Карнапа, касающихся лингви-

Таблица 1

| Концепция | Описание | Деятельность |
|--|---|---|
| Мир слова предметной области СВП | Общая схема представления и использования знаний применительно к семантическому. Веб-спецификация концептуализации, состоящая из словаря и теории. Таксономия и мерономия | Фильтрация и классификация информации, индексирование собранной информации, систематизация общей терминологии между программными агентами и пользователями. Релевантность к запросу пользователя |
| Расслоенное произведение топологических пространств (pullback) | Предел диаграммы, состоящей из семи морфизмов или функторов F, G, H, f, g, f' и g' , $U = A \times_C B = \{(a, b) \in A \times B \mid f(a) = g(b)\},$ $V \in U;$ категории: I – имя перехода, C – поле комплексных чисел | |
| Склеивание пространств в категории топологических пространств (расслоенное копроизведение – pushout) | Предел диаграммы, состоящей из семи морфизмов или функторов F, G, H, f, g, f' и g' , $V = A \times_C B = (A + B) / \infty;$ категории: I – имя перехода, C – поле комплексных чисел | |
| Мегасистемные переходы с использованием языка моделирования на основе теории категорий | Комбинация методов pullback и pushout с учетом вертикальной иерархии | |

стики. К образному аспекту логико-лингвистической модели относят структурную составляющую. Она отражает в явном виде связи между словами, объединяемыми в систему. К моделям этого типа относятся: система понятий; классификация; семантическая сеть; ER-диаграммы и т. д.

В отсутствие объективного объекта (что свойственно исследовательскому проектированию согласно этимологии термина «project» – «брошенный вперед»), эти модели имеют существенную субъективную составляющую¹.

¹ Она проявляется, прежде всего, в трактовке субъектом познания смысла используемых понятий. Более того, определения понятий в нормативных документах могут быть недостаточно квалифицированными.

«По мегамодели, представляющей собой конфигурацию некоторой системы вычислительной перцепции, требуется спроектировать модель еще не существующей системы как целого и рассчитать для нее моделируемые параметры, в том числе эмерджентные – не присущие никакой из составляющих единиц в отдельности» [6]. Схематически этот критерий изображен на рис. 1 [6].

По кибернетической терминологии средства вычислительной перцепции (СВП) – это реактивные системы, представляющие собой транзакционную конструкцию. Возьмем, например, зрительное восприятие листа растения. Нейрофизиологами установлено, что наш глаз фиксирует лишь конечное число точек контура листа либо какого-либо другого объекта информации, а не

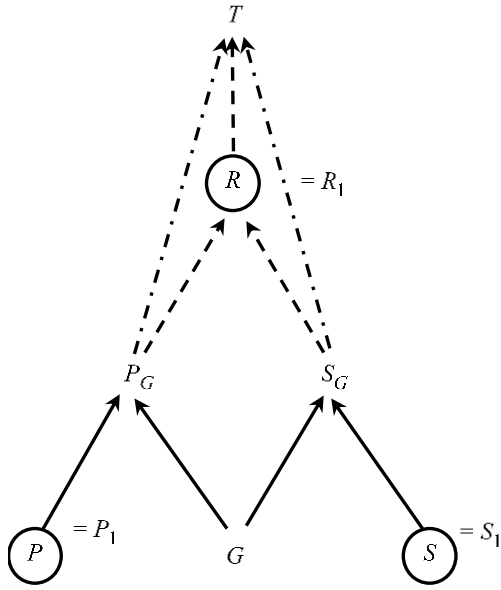


Рис. 1

картину, характеризующую форму листа в целом. В ментальном пространстве формируется целостный образ объекта благодаря интеллектуальной деятельности мозга (реализуются так называемые когнитивные процедуры). Мозг по конеч-

ходимый ресурс за счет структурной и параметрической вариативности. Математика же дает научный аппарат – алгебраическую топологию (табл. 1).

Декомпозиция общей задачи. Рассмотрим следующую формальную конструкцию. Пусть имеется таксон (класс) T с архетипом $\alpha(T)$ и содержащийся в этом таксоне таксон T_1 с архетипом $\alpha(T_1)$. Отношение между архетипами $\alpha(T)$ и $\alpha(T_1)$ изображается диаграммой² (рис. 2).

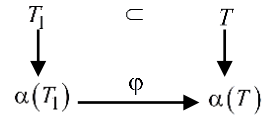


Рис. 2

Здесь можно привлечь следующий аппарат из топологии – расслоенное произведение.

Естественное преобразование является специальным морфизмом $\lambda: F \rightarrow G$ между двумя любыми функторами F и G , как показано в категории \mathbf{D} на рис. 3, он также должен удовлетворять $\lambda_B \circ Ff = Gf \bullet \lambda_A$ [12].

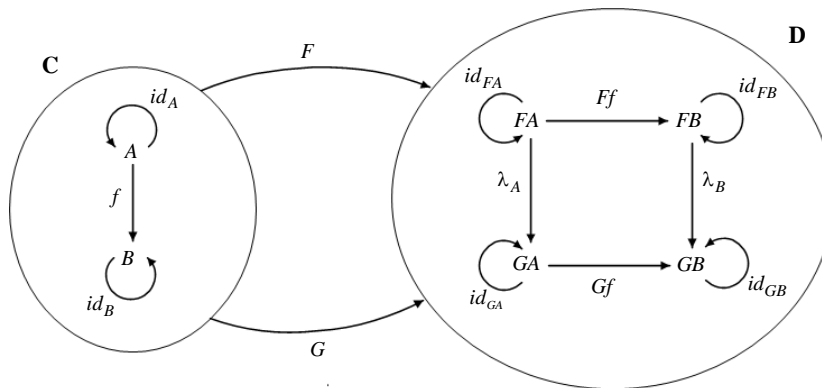


Рис. 3

ному числу увиденных точек выполняет все дополнительные вычислительные процедуры, благодаря которым восполняется не увиденное глазом. Ясно, что по набору точек восстановить представление о форме объекта можно лишь в том случае, когда она уже более или менее знакома (визуально или тактильно). Несмотря на значительную степень информационной неопределенности мозг решает задачу идентификации с вполне удовлетворительной для практики точностью и достаточно быстро. Заметная роль отводится интуиции, но требуется также предварительное знакомство с объектом. По сути, мы имеем дело с неустойчивой, т. е. некорректной задачей. Отсюда неизбежна процедура обучения, способствующая восполнению недостающей информации. ВП-цепи предоставляют для этого необ-

Если даны четыре объекта A, B, C, U и два морфизма $f: A \rightarrow B$ и $g: B \rightarrow C$ в категории \mathbf{C} , их расслоенное произведение (pullback) – это объект U и пара морфизма $g': U \rightarrow A$ и $f': U \rightarrow B$; как показано на рис. 4, они соответствуют следующим условиям [12]:

$$1) f \circ g' = g \bullet f';$$

2) если категория \mathbf{I} имеет какие-либо другие объекты V и функторы $G: V \rightarrow A$ и $F: V \rightarrow B$,

² Для описания концептуальной модели будущего изделия привлекаются различные стандарты (например, IDEFx). Акцент на диаграмматику обусловлен рядом причин, некоторые из которых изложены в [10], [11]. С этой точки зрения реализован международный стандарт ИЕС81346-1:2009 «Промышленные системы, установки и оборудование – принципы структурирования и ссылочные обозначения – часть 1: основные правила» [5].

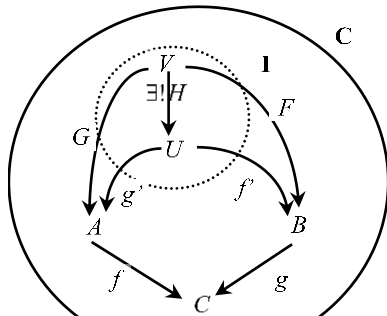


Рис. 4

то существует единственный функтор $H : V \rightarrow U$, а значит, $G = g' \circ H$ и $F = f' \bullet H$.

Модель черного ящика трактуется авторами не в математическом, а в системном смысле – в качестве системного образа (в смысле сочетания виртуальных и актуальных свойств создаваемого объекта) [13].

Под серым ящиком понимается тот факт, что получена приближенная функция φ (например, в классе рациональных функций), воспроизводящая отображение «вход-выход» в ВП-цепи:

$$\varphi: X \rightarrow Y,$$

где X – область определения функции; Y – область значений функции.

Согласно [14], наибольшей общностью обладает модель, представленная многосортной алгебраической системой $\langle A, C, F, P \rangle$. В ней: A – множество предметных переменных (носитель), C – множество констант (домен-значение переменной), F – множество функций, P – множество предикатов. При интерпретации символов A , отношений множества выражений V и связей E между ними используют граф $G = (V, C, E)$. Благодаря ему модель структуры ВП-цепи оказывается наглядной (в ней C – множество меток, характеризующих управляемость/неуправляемость соответствующего ребру операционного элемента).

Общая задача синтеза сводится к композиции деревьев и 2-деревьев помеченного полюсного графа ВП-цепи, обладающих определенными топологическими признаками, в зависимости от ранга и соотношений между рангами, характеризующими детерминантные функции цепи. Деревья и 2-деревья – более крупные фрагменты конфигурации цепи, чем отдельные ребра графа цепи, соответствующие операционным элементам того либо другого типа. Расширяя типы 2-деревьев, участвующих в топологических формулах ВП-цепей, и изменяя функции перенумерации, с помощью которых устанавливается изоморфизм

ВП-цепей, достигается возможность их масштабирования при сохранении процедур определения циклической связности, классификации и генерации неприведенных структур (N -структур). Посредством введения такого инварианта, как приведенная структура (P -структура), удастся упростить решение задачи 2-изоморфизма N -структур.

$$F \{H_T, \text{rang}(S), \text{rang}'(S_{kn})\} \rightarrow \min_{H_T \in \tilde{H}_T}$$

при $\text{rang}(S) = r$, $\text{rang}'(S_{kn}) = r_{kk}$, $T = \{T_1, T_2\}$,

$$H_T \not\approx H'_T, \quad \exists_{\alpha \in A} \quad \forall_{\beta \in A} \quad \left(\frac{\partial A}{\partial \alpha} \cap \frac{\partial A}{\partial \beta} \neq 0 \right).$$

Синтез минимальной по рангу s -модели ВП-цепи. Согласно [15], справедлива следующая теорема синтеза N -структуры s -модели ВП-цепи.

Теорема. Минимальная по рангу r N -структура ВП-цепи представляет собой композицию

$$H_{T_{\min}} = DR_V \cup DR_\eta$$

двух сопряженных деревьев DR_V и DR_η , $DR_V \in D\tilde{R}_V$, $DR_\eta \in D\tilde{R}_\eta$. Здесь \cup – знак композиции деревьев, определяемой как такое наложение двух деревьев, при котором их конечные вершины с одинаковыми метками совпадают. Доказательство есть в [16].

Пусть $r = 1$. Тогда $n = 2$, $m = 2$ и возможны следующие три варианта N -структур (рис. 5) [16]. Ранг N -структуры, изображенной на рис. 5, в, равен 1, т. е. N -структура, минимальная по рангу $r = 1$, существует [16]. Допустим, что существует N -структура $H_{T_{\min}}$, минимальная относительно ранга $r = p$. Тогда, $n = p + 1$, $m = 2p$ и $H_{T_{\min}} = DR_V^p \dot{\cup} DR_\eta^p$, где $\langle DR_V^p \dot{\cup} DR_\eta^p \rangle$ – единственная пара сопряженных деревьев N -структуры, причем DR_V^p – дерево из ветвей типа g , а DR_η^p – дерево из ветвей типа $G\theta$ [16].

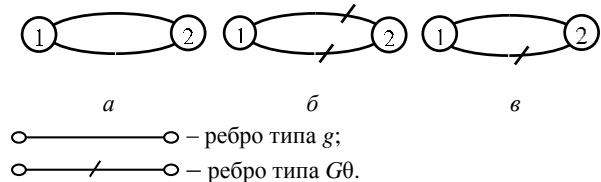


Рис. 5

Пример. Требуется построить минимальную ВП-цепь в базовом наборе операционных элементов (рис. 5). Здесь во внимание принимается

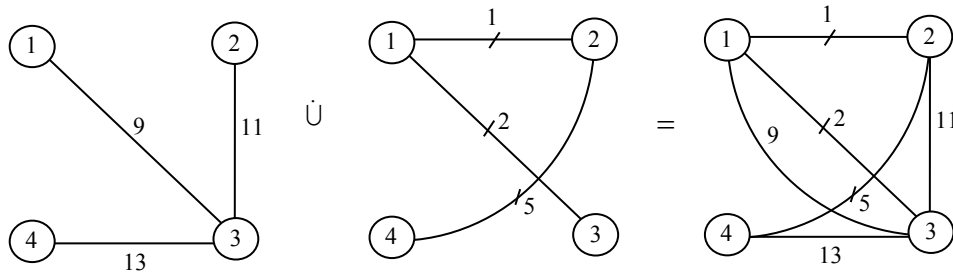


Рис. 6

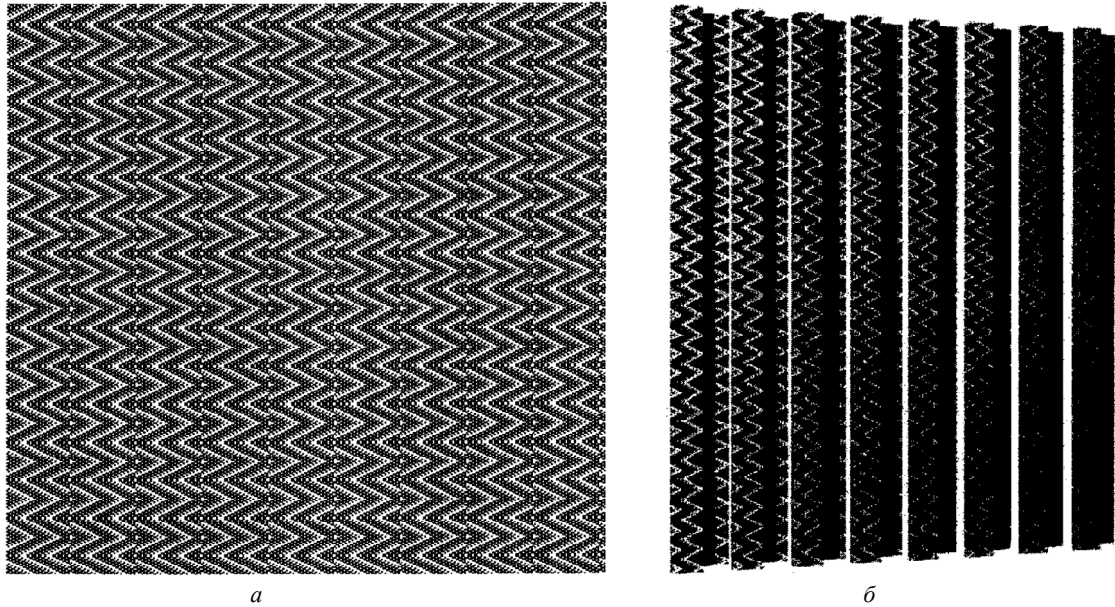


Рис. 7

только вид функции преобразования операционных элементов. Конкретные же значения операционных элементов не учитываются. Учет последних осуществляется на этапе параметрического синтеза. N -структура представляет собой результат композиции двух сопряженных деревьев: одно из них состоит из ветвей типа g , а другое – из ветвей типа $G\theta$ [15] (рис. 6).

Используемые детерминантные функции приведены в табл. 2. $\Delta(\theta)$ – детерминантная функция ВП-цепи; $\Delta_{KK}(\theta)$ – детерминантная функция, характеризующая степень сложности электрической цепи [16], [17].

Примеры приложений. В качестве примера использования свойств вычислительной перцепции в природоподобных объектах искусственного происхождения, возьмем ткани со скрытыми объемными изображениями [18]. На рис. 7, а показан пример рисунка ткани с диагональным переплетением. Двухплоскостная рельефная визуализация показана на рис. 7, б.

Свойства вычислительной перцепции могут также использоваться при оценке состояния центральной нервной системы человека. Структура устройства приведена на рис. 8 [19].

Таблица 2

| Детерминантные функции | Ребра N -структуры | | | | | | |
|------------------------|----------------------|---|---|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 5 | 9 | 11 | 13 | |
| $\Delta(\theta)$ | θ^3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | θ^2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | θ^1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| θ^0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $\Delta_{KK}(\theta)$ | θ^2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | θ^1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | θ^0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

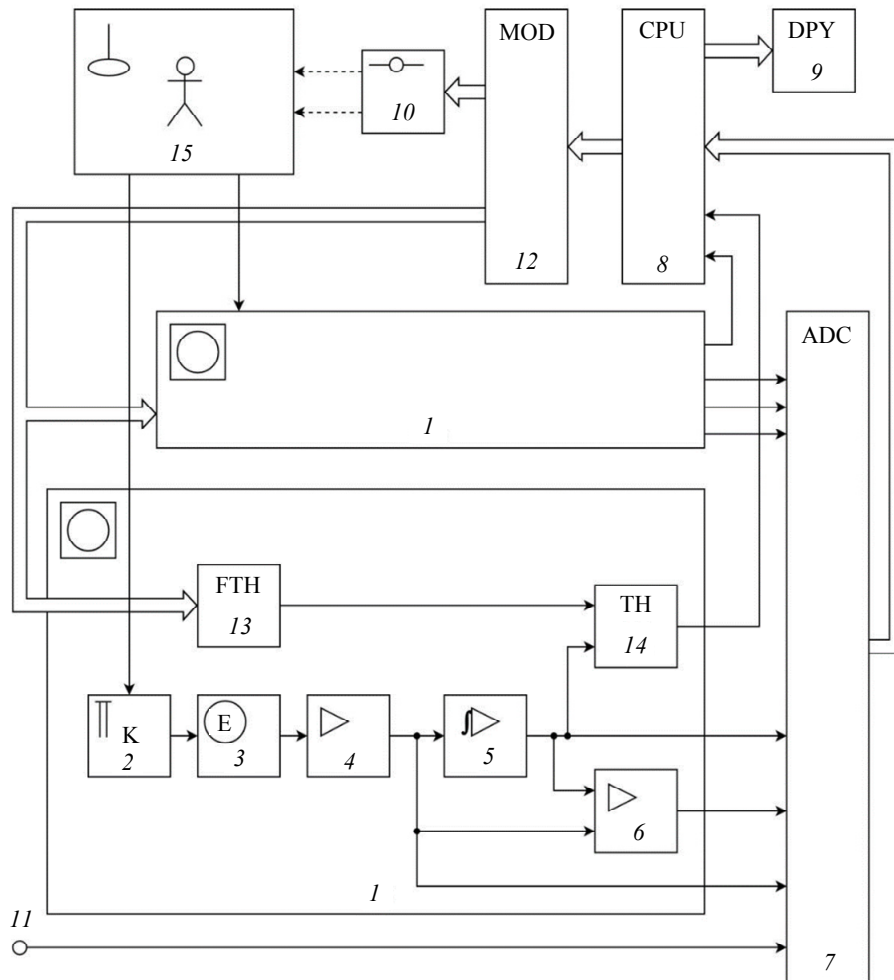


Рис. 8

На рис. 8: 1 – измерительные блоки по числу одновременно регистрируемых звеньев тела человека; 2 – опорный элемент; 3 – измерительный теплоэлемент; 4, 6 – дифференциальные усилители; 5 – интегрирующий усилитель; 7 – АЦП; 8 – вычислитель; 9 – блок отображения информации; 10 – сенсорные раздражители (БОС); 11 – внешний вход для ввода физиологических параметров; 12 – блок задания диапазона; 13 – элемент формирования градаций; 14 – пороговый элемент оценки диапазона; 15 – пациент.

Результат работы устройства приведен на рис. 9. Для здорового испытуемого (рис. 9, а, б) со временем тремор имеет тенденцию успокаиваться. Для пациента с диагнозом «симптоматический тремор» (рис. 9, в, г) характерно снижение амплитуды высокочастотного тремора, а также снижение асимметрии колебаний правой и левой рук. Для пациента с диагнозом «синдром паркинсонизма» (рис. 9, д, е) тремор с течением времени качественно не изменяется.

В основу построения сложнофункциональных блоков вычислительной перцепции положена гипо-

теза о физической символической системе, с привлечением которой графовые модели ВП-цепей предполагают расширение аппарата грамматик, описывающих процедуры генерации полюсных графов. Поэтому при решении конкретных прикладных задач, в которых средства управления и перцепции играют определяющую роль, необходимо обращать особое внимание на выбор компонентного базиса и ограничения, связанные с решением задачи установления изоморфизма возникающих при генерации структур. S-моделирование предполагает привлечение когнитивных представлений и использование для описания соответствующих контекстных условий. При установлении структурного соответствия, по-видимому, следует обратиться к понятиям гомологии и аналогии, положенным в основу математического моделирования в биологии и теории открытых систем.

Установлено, что параллелизм, свойственный обобщенной форме представления экстенсивных и интенсивных величин в цепи, требует привлечения для его изучения графовариативного анализа. Непосредственный комбинаторный синтез структур

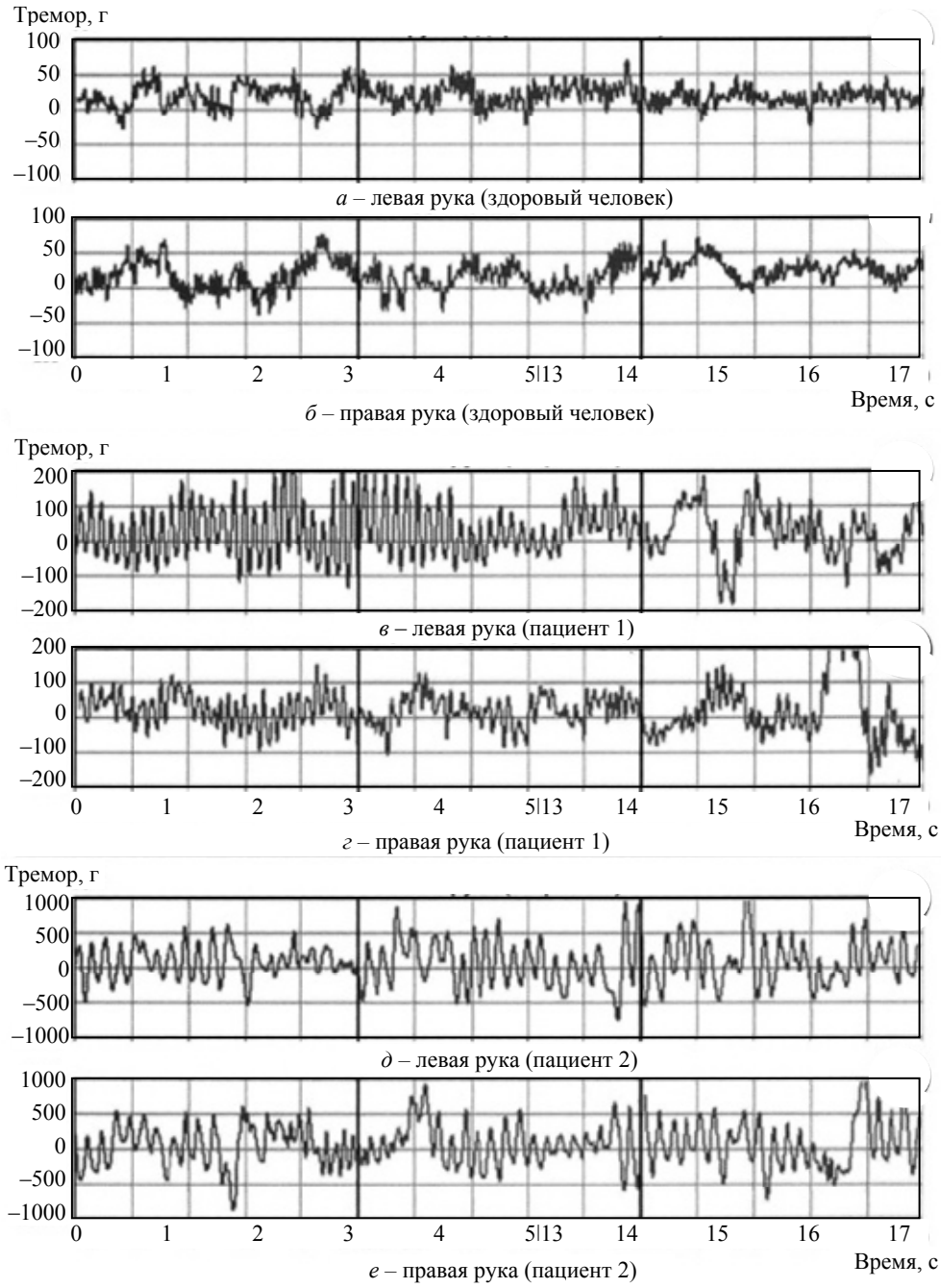


Рис. 9

ВП-цепей имеет экспоненциальный рост размерности задачи. И в качестве универсального выхода из этого предположения предложен переход к алгебраическим методам с привлечением структурных чисел с выполнением декомпозиции общей задачи на некоторую иерархию более простых задач. На каждом из уровней максимально учитываются особенности пространства состояний, в котором развивается композиционный потоковый процесс. При этом выполненная декомпозиция исходной задачи опирается как на смысловое разбиение на ряд самостоятельных задач, так и на структурное преобразование пространства состояний с учетом локальных характеристических свойств потокового процесса. СБИС

по технологии «система на кристалле» выходят на новый уровень.

Именно в таком контексте подготовлена эта статья, авторы которой развивают традиции научного направления по методам и средствам повышения эксплуатационно-технических характеристик и функциональных возможностей встраиваемых систем, заложенного трудами школы В. Б. Смолва по теории и практике гибридных функциональных преобразователей.

Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 8.2080.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adams C. C., Franzosa R. D. Introduction to topology: pure and applied. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2008. 512 p.
2. Профессиональный стандарт 40.016. Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле. М.: Фонд инфраструктурных и образовательных программ (РОСНАНО), 2014. 36 с.
3. Герасимов И. В., Сафьянников Н. М., Якимовский Д. О. Сложно-функциональные блоки смешанных систем на кристалле: автоматизация функционального проектирования / под ред. И. В. Герасимова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 237 с.
4. Стандарт предприятия СТП ИЛТА 06.00.00-09 «Микросхемы интегральные. Системы на кристалле и сложно-функциональные блоки. Термины и определения». М.: АО «НИИМА «Прогресс», 2009.
5. IEC 81346-1:2009. Industrial systems, installations and equipment and industrial products. – Structuring principles and reference designations. Part 1: Basic rules. Geneva: ISO, 2009. 168 p.
6. Ковалев С. П. Методы теории категорий в модельно-ориентированной системной инженерии // Информатика и ее применения. 2017. Т. 11, вып. 3. С. 42–50.
7. Букур И., Деляну А. Введение в теорию категорий и функторов. М.: Мир, 1972. 259 с.
8. Mabrok M. A., Ryan M. J. Category theory as a formal mathematical foundation for model-based systems engineering // Appl. Mathematics & Information Sciences. 2017. Vol. 11, № 1. P. 43–51.
9. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергия, 1981. 231 с.
10. Гуд Г. Х., Макол Р. Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем / пер. с англ.; под ред. Г. Н. Поварова. М.: Сов. радио, 1962. 383 с.
11. Основания технологии комплементарного проектирования наукоемких изделий / И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, Л. Н. Лозовой, А. В. Никитин; под ред. И. В. Герасимова и А. В. Никитина. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. 196 с.
12. Yanwen Q. The basis of formal semantics and formal specification. Second Edition. Beijing: China: Science Press, 2010. 496 p.
13. Микони С. В., Ходаковский В. А. Основы системного анализа. СПб.: ПГУПС, 2011. 143 с.
14. Колмогоров А. Н., Драгалин А. Г. Введение в математическую логику. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 120 с.
15. Герасимов И. В. Теория, проектирование и применение вычислительно-преобразовательных цепей (синтез и реализация): дис. ... д-ра техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1986. 420 с.
16. Абдулраб А. А. Генератор графовых моделей вычислительно-преобразовательных цепей как потоковых процессоров сред виртуальных инструментов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. Вып. 2. С. 23–27.
17. Беллерт С., Возняцки Г. Анализ и синтез электрических цепей методом структурных чисел / пер. с польского; под ред. П. А. Ионкина. М.: Мир, 1972. 332 с.
18. Пат. RU 2420617 (РФ). Способ получения тканей диагональных переплетений / Н. А. Преснецова, Н. М. Сафьянников. Подача заявки: 04.19.10. Публикация патента: 10.06.2011.
19. Пат. RU 2613446 (РФ). Способ оценки функционального состояния центральной нервной системы человека и устройство для его реализации / П. Н. Буренев, О. Б. Кострова, Н. М. Сафьянников, З. А. Александян, Н. Н. Разин, 2015. Подача заявки: 2013-04-29. Публикация патента: 10.02.2015.

I. V. Gerasimov, S. A. Kuzmin, N. M. Safyannikov
Saint Petersburg Electrotechnical University

A. V. Rudinsky
PJSC «RPC "Akvamarin"»

COMPLEX-FUNCTIONAL BLOCKS OF COMPUTATIONAL PERCEPTION IN THE CLASS OF COMPUTATIONAL-TRANSFORMATIVE CIRCUITS

Based on the set of generalized properties of the physical character system (FSS), the structural-analog architecture of computational perception is considered. Different levels of abstraction of a natural-like object are involved. The use of archetypes in the classification of computing-conversion circuits (VP-circuits) on operating with controlled parameter elements provides the possibility of systematization of not only available, but also conceivable structures. Based on the ontological interpretation of the structural and functional model, its quality is determined by the quality of the concepts and the relationships between them. In the conditions of destabilization of the internal and external environment, ensuring the equilibrium state of the target is provided by the mechanism of homeostasis. For the mathematical description of the structure of VP-circuits as stream devices of neural network architecture the results of approximation of reproducible dependences «input-output» in the class of rational functions (by the parameter of control of conductivity of operating elements) are used. When describing a class of objects and sets of mappings (morphisms) that translate one object into another, the theory of categories is involved. The General problem of synthesis is reduced to generation of a complete set of non-isomorphic cyclically connected irreducible structures of s-models of VP-chains. The procedure of synthesis of the minimum rank of the s-model of the VP-chain is given. The examples of original developments where the properties of computational perception in natural-like objects of artificial origin are used are discussed.

Computational perception, computational-transform circuits, structural-analog computations, s-modeling, category theory, functor, structural number, relief virtualization, sensor, tremor