

K. R. Akhmetzyanov, A. A. Yuzhakov
Perm national research polytechnic university

NEURAL NETWORK ARCHITECTURE OPTIMIZATION FOR WASTE GROUP SORTING

The results of experiments on the development of neural network architecture to classify plastic bottles, aluminum cans and other objects are presented in the paper. The neural network is part of a smart container – a device for automated collection and waste sorting. This container consists of three waste cans (for collecting bottles, cans and other objects), the sorting actuator and RaspberryPi microcomputer. When developing a neural network, it is necessary to take into account the limitations of the computing power of this microcomputer with a high speed of image processing at any inclination and any distances to the object. Also, the neural network must properly classify crushed bottles and cans. The article presents the results of previous experiments conducted on the choice of a neural network among AlexNet, SqueezeNet and MobileNet. MobileNet neural network has achieved the highest accuracy. But the disadvantage of this neural network is the need to create a large training set for accurate recognition of crushed bottles and cans. The creation of such a training set with all the possible crushes would have required an huge amount of time. The article describes the original idea of the neural network, as well as the search for the most optimal architecture of this neural network, both manually and automatically.

Object classification, neural networks, convolutional neural networks, deep learning, computer vision, waste sorting, RaspberryPi

УДК 519.7+681.51

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Внутрисистемные взаимодействия по модели «подобия» (теория)

Излагается теория внутрисистемных отношений (взаимодействий) по модели подобия между собственными качествами системы, а также актуализация этой теории. В первой части статьи, посвященной теоретическим вопросам взаимодействий, методами физики открытых систем исследованы структурные инварианты взаимодействий по подобию, возникающие в условиях неравновесных ограничений и метастабильности. Отдельно рассмотрены типы, формы и способы осуществления двухчастичных взаимодействий по моделям подобия и псевдоподобия. Для моделей подобия установлены и исследованы все возможные виды взаимодействий собственных качеств системы, раскрывающие тождественность смыслов механизмов этих качеств: синхронную, синфазную синхронную, асинхронную, сходство частных аспектов. Для моделей псевдоподобия введены и исследованы двухчастичные взаимодействия, проявляющие моменты различия в системе. Определены способы и варианты включения этой модели в модель собственного качества третьего участника взаимодействия и исследованы возникающие при этом локальные системные механизмы обратной связи, действующие на центр порядка третьего участника. Положения и выводы теории внутрисистемных взаимодействий по моделям подобия и псевдоподобия актуализированы в проекте «Социальная напряженность в округах и регионах России».

Открытые системы, физика открытых систем, собственные качества систем, модели взаимодействий, взаимодействие по подобию, типы и формы взаимодействия по подобию

Физика открытых систем (ФОС) возникла на базе статистической физики и синергетической парадигмы [1], [2]. Открытые системы в ФОС – математические динамические модели. Предмет ФОС представляет теория сложности, а сверхза-

дачу – научное понимание взаимосвязи сложности систем и законов природы.

В середине 1990-х гг. возникло новое направление ФОС, в рамках которого идет становление киберфизической парадигмы познания открытых си-

стем, заданных эмпирическими описаниями [3]–[7]. Статья посвящена этому направлению ФОС.

Понятие «система» исследуется в ФОС на уровнях факта и смысла. Система исходно задается на уровне факта как *система в данных* (представляется таблицей «Объект–свойство»). Каждая строка таблицы (объект) – эмпирическое описание одного отдельно взятого актуального состояния системы. Каждый столбец (свойство) – показатель с уникальным именем, характеризующий одно отдельно взятое свойство системы или свойство ее окружения. Каждая ячейка таблицы – числовое значение конкретного показателя в отдельно взятом конкретном состоянии системы. Количество строк таблицы (десятки, сотни, тысячи) – представительное выборочное множество актуальных состояний системы. Количество всех столбцов таблицы (десятки, сотни, тысячи) – полный набор свойств, характеризующих состояние системы с учетом ее окружения. Обеспечение полноты и представительности системы в данных – главная проблема формирования исходного описания открытой системы [8]. Базой для познания смыслов системы служит представление *системы в отношениях* (представляется знаковым графом бинарных отношений между показателями). Граф бинарных отношений – полный структурно-функциональный схемный образ системы в целом, в котором проявлено все многообразие внутрисистемных отношений между показателями [8].

На уровне смысла ФОС порождает два реконструктивных семейства [3], [4], [8]:

1) полное множество системных моделей собственных качеств системы (далее – СМ);

2) полное множество моделей внутрисистемных взаимодействий (далее – МВ).

Каждая СМ описывает часть целой системы и всю систему в целом в условиях этой части. Система как единое целое представлена всеми своими собственными качествами и их отношениями (взаимодействиями).

Первичными носителями смыслов системы выступают простейшие структуры бинарных отношений (3-циклы), обладающие главной осевой симметрией. ФОС порождает два множества таких структур:

– множество синглетов (каждый синглет проявляет какой-то один характерный аспект некоторого уникального собственного качества системы как особой формы внутрисистемного порядка);

– множество псевдосинглетов (каждый псевдосинглет не детерминирует, как синглет, какой-либо аспект собственного качества системы, но, тем не менее, проявляет некоторый определенный аспект множественных внутрисистемных отношений).

Множество синглетов порождает реконструктивное семейство СМ (иначе – локальности (качественные определенности) системы). Множество синглетов и множество псевдосинглетов образуют множество МВ (модели одно-, двух-, трех- и много-частичных внутрисистемных взаимодействий).

На уровне смысла морфологию каждой отдельно взятой локальности определяют [8]–[12]:

– *особая вершина* – центр порядка локальности системы, создающий «силовое поле» в ее внутреннем пространстве; особая вершина связана парной связью с каждой вершиной локальности;

– *синглет* – элементарная ячейка системы, имеющая форму нечетного 3-цикла с главной осевой симметрией;

– *ядро* – включает полное множество синглетов, раскрывающих многообразие аспектов проявления какого-то одного уникального собственного качества системы;

– *базы синглетов* – представляют в совокупности системообразующее двухфакторное взаимодействие, формирующее собственное качество системы;

– *факторы* – выступают в качестве двух самостоятельных смысловых частей единого системного механизма локальности.

Каждая локальность представляет какое-то одно собственное качество системы в разных форматах. Каждый формат представления имеет конкретное смысловое содержание:

– *эталон поведения* – гармонизированная форма общего описания локальности, инвариант поведения качественной определенности системы;

– *эталон состояния* – гармонизированная форма описания локальности в одном ее контрастно выраженном конкретном состоянии, инвариант состояния собственного качества системы;

– *приведенный треугольник* – абстрактное предельно общее представление собственного качества системы в целом со всеми его эталонами.

Общее условное представление локальности дано на рис. 1, где SV – особая вершина (special vertex); BV – вершина базы (base's vertex); AV – дополнительная вершина (additional vertex); Core – ядро; Base – база; MAS – главная осевая симметрия (main axial symmetry); f_1 и f_2 – факторы ло-

кальности. Далее в представлениях локальностей эти обозначения при необходимости будут использоваться без дополнительных пояснений. На рис. 1 и далее в графических образах локальностей особые вершины SV связаны бинарными отношениями со всеми вершинами факторов (вершинами баз BV и дополнительными вершинами AV). В целях упрощения на общих представлениях локальностей эти связи не отображаются.

Приведенный треугольник наследует из морфологии локальности особую вершину и базу, вершины которой представляют факторы CM (рис. 2). Приведенный треугольник имеет два атрибута:

- *ориентация* (значения атрибута: левый (L (Left) – « \curvearrowright »), правый R (right) – « \curvearrowleft »);
- *уровень* (значения атрибута: высокий H (high), низкий L (low)).

Состояние собственного качества системы воплощается в четырех эталонах состояния, связанных между собой характерными симметриями. Эталоны состояния (I, IV и II, III), расположенные на рис. 2 по горизонталям, имеют одинаковый уровень и разную ориентацию. Эталоны состояния (I, II и IV, III), расположенные на рис. 2 по вертикалям, отличаются уровнем, но имеют одинаковую ориентацию. Эталоны состояния (I, III и IV, II), расположенные на рисунке по диагоналям, зеркально симметричны. Они различаются по уровню и по ориентации.

На уровне смысла локальности являются парциальными системами, образующими вместе целостную систему. В системном целом локальности выступают участниками многочастичных взаимодействий. Естественным инструментом познания единства системного целого служат двухчастичные взаимодействия. В этих взаимодействиях какой-то один или большее число синглетов одной локальности вложены в другую локальность. Варианты вложений образуют типы

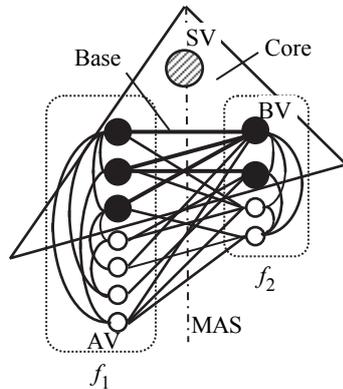


Рис. 1

моделей двухчастичного взаимодействия. На уровне смысла для каждой локальности определены все варианты проявления в ней каждого типа таких моделей. Каждый тип модели двухчастичного взаимодействия имеет характерную структуру из двух синглетов, вложенную в среду проявления этого взаимодействия.

На уровне факта проявленность смысла в каждом актуальном состоянии системы следует принципам:

- *полноты* (воплощается в каждом собственном качестве системы);
- *запрета* (каждое собственное качество системы представлено только одним каким-то его эталоном состояния);
- *актуализации* (воплощения эталонов состояния могут быть заблокированы характерными формами типов MB);
- *суперпозиции* (конкретное актуальное состояние системы есть композиция (сборка) воплощенных эталонов, детерминирующих это состояние);
- *определенности* (каждый тип взаимодействия актуализируется конечным набором его форм; эффект взаимодействия определяется: формой типа взаимодействия; синглетной структурой модели взаимодействия; средой проявления формы типа взаимодействия).

На уровне факта ФОС порождает:

- множество моделей эталонов состояний, воплотившихся в актуальных состояниях системы;
- множество моделей реконструкций актуальных состояний системы, полученных на базе принципа суперпозиции;
- множество моделей двухчастичных взаимодействий, актуальных для каждого типа MB.

Порожденные множества моделей способны раскрыть закономерности, объясняющие характер изменчивости системы.

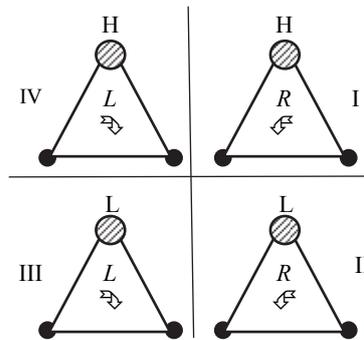


Рис. 2

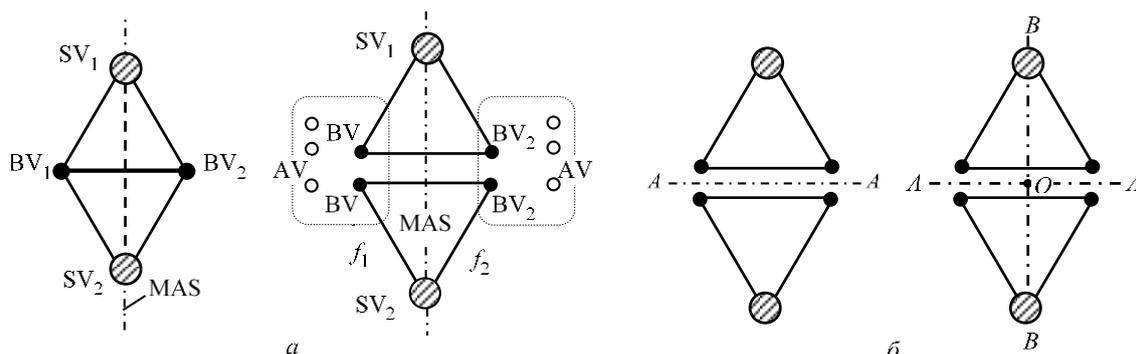


Рис. 3

Научный метод ФОС исследует шесть видов моделей двухчастичных взаимодействий. В отличие от структурных инвариантов (эталон поведения и эталон состояния), выявленных в условиях равновесия системы, структурные инварианты взаимодействий возникают в условиях неравновесных ограничений и метастабильности.

Цель статьи – провести полное исследование структурных инвариантов, порождаемых двухчастичным взаимодействием одного конкретного вида, а именно – вида «Подобие» (модель SIM (similarity)). Статья о внутрисистемных взаимодействиях по модели подобия состоит из двух частей. Первая часть посвящена теории внутрисистемного взаимодействия собственных качеств системы по модели SIM. Вторая часть статьи, которая будет опубликована позднее, исследует вопросы актуализации научных положений и выводов теоретической части применительно к проекту «Социальная напряженность в округах и регионах России».

Модель подобия. Модель SIM характеризует двухчастичное взаимодействие, при котором в идеальном случае наблюдается синхрония эталон состояний и закономерная связь значений особых вершин локальностей. Многообразие форм проявления модели SIM отвечает принципу сходства и различия.

Модель подобия определена на полном графе из четырех вершин, образованном двумя синглетами с характерной ролевой разметкой элементов (рис. 3). Участники взаимодействия в модели SIM – синглеты двух локальностей с одинаковыми базами (дублет SIM). Осевые симметрии синглето-участников взаимодействия образуют одну общую (главную) осевую симметрию (MAS) модели SIM. На рис. 3, а показаны: особые вершины SV_1 и SV_2 (заштрихованы); вершины базы BV_1 и BV_2 (закрашены черным); база BV_1, BV_2 (жирная линия), общая для двух синглетов, парная связь

особых вершин (штриховая линия) – дополнительное ребро модели. Каждое ребро синглетов имеет знаковую разметку («+» или «-»). Средой проявления синглетов дублета SIM служат общие вершины факторов локальностей, в ядра которых входят синглеты-участники взаимодействия. В силу независимости каждого из синглетов при построении дублета базы синглетов ориентированы по совпадающим вершинам, а в полной модели SIM факторы ориентированы по базе модели (рис. 3, б).

Характеристическая симметрия модели SIM – это зеркальная симметрия ($A-A$), утверждающая подобие особых вершин и тождественность баз (принцип сходства). Симметрия поворота (точка O), свойственная модели SIM, утверждает *равноправие* синглето-участников и ненаправленность их взаимодействия. Главная осевая симметрия ($B-B$) указывает на способность каждого синглета-участника независимо действовать в своей локальности (принцип различия).

Полная модель подобия. Полная модель формируется на множестве дублетов SIM, особые вершины которых совпадают, а базы синглетов – разные. Такая модель может включать базы (одну или более), одинаковые для каждой пары синглетов в дублетной структуре. Среда проявления полной модели подобия объединяет общие вершины соответствующих факторов всех дублето-участников.

Каждый синглет полной модели взаимодействия по подобию включает три ребра (интегрированная база и два интегрированных боковых ребра). В четырехугольнике полной модели вводится дополнительное ребро, соединяющее особые вершины. Оно завершает построение модели взаимодействия как целого. Дополнительное ребро имеет два атрибута:

– *Значимость* (значения атрибута: «Да», «Нет»). Если этот атрибут имеет значение «Да», то ребро имеет атрибут «Знак»;

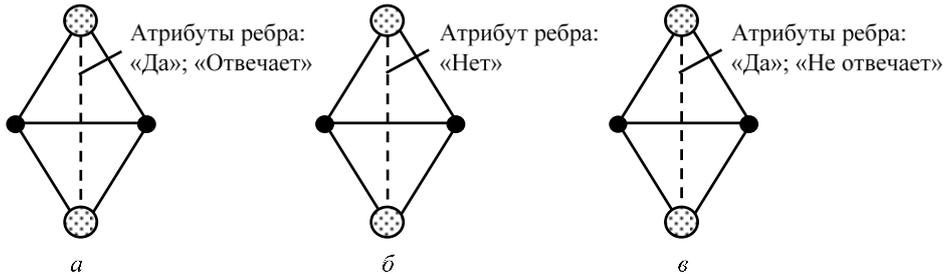


Рис. 4

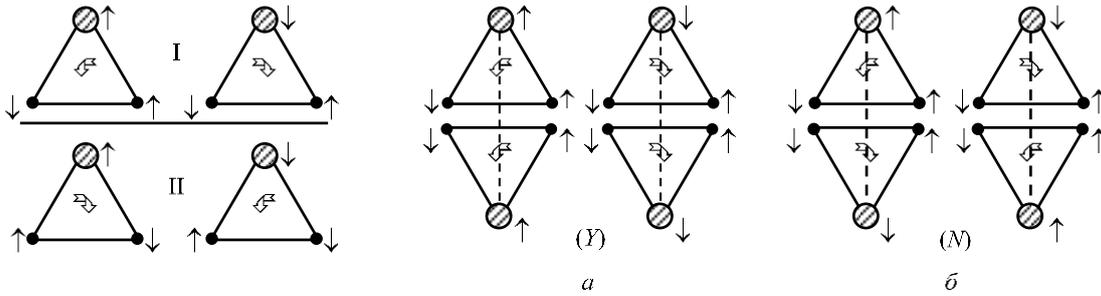


Рис. 5

Рис. 6

– Знак (значения атрибута: «Отвечает подобно», «Не отвечает подобно»).

Типы модели подобия. В зависимости от значений атрибутов «Значимость» и «Знак» дополнительного ребра выделяются три типа моделей подобия (рис. 4).

Первый тип модели возникает при значениях «Да» первого атрибута и «Отвечает подобно» второго атрибута (рис. 4, а). В модели этого типа представлены два разных синглета. Знак дополнительного ребра определяет два треугольника, согласованных с этим ребром (согласованный треугольник характеризуется балансом знаков).

Второй тип модели возникает при значении «Нет» первого атрибута (рис. 4, б). В модели этого типа участвуют два разных синглета.

Третий тип модели возникает при значении «Да» первого атрибута и значении «Не отвечает подобно» второго атрибута (рис. 4, в). В такой модели знак дополнительного ребра задает два треугольника, не согласованных с этим ребром. Модель третьего типа проявляет два разных псевдосинглета.

Варианты ориентации синглетов. Синглет – гармонизированная 3-вершинная система, в которой помимо общей ориентации синглета как целого (Right (справа) – «↗» или Left (слева) – «↖») каждая вершина имеет свою внутреннюю ориентацию («↓» или «↑»). Ориентация вершин базы синглета – разнонаправленная. Возможны два варианта (I и II) внутренних ориентаций вершин базы (рис. 5). Между вершинами базы существует отношение комплементарности (боковой контакт элементов). Общая ориентация синглета

задает стереотип. Он определяется ориентацией особой вершины, имеющей одинаковую ориентацию с одной из вершин базы (осевой контакт). Первый и второй варианты внутренней ориентации вершин базы зеркально симметричны в силу осевой симметрии синглета. Далее достаточно рассмотреть какой-то один вариант (выберем первый).

Формы типов модели подобия. Модель SIM наследует атрибуты ориентации элементов синглета. С учетом значений этих атрибутов модель SIM первого типа имеет четыре основные формы двухчастичного взаимодействия (рис. 6).

Каждая форма взаимодействия определяет конкретное состояние модели. При актуализации модели знаковая разметка ребер модели и стереотипы синглетов задают уровни значений всех вершин модели SIM. Формы (Y) отвечают подобию вида синхронии (рис. 6, а). В этих формах общая ориентация синглетов-участников и внутренняя ориентация их особых вершин совпадают, что свидетельствует о смысловом тождестве синглетов модели SIM. Формы (N) отвечают подобию вида асинхронии (рис. 6, б). В каждой из этих форм синглеты-участники и их особые вершины ориентированы по-разному. Двухчастичное взаимодействие по типу подобия не актуализируется, если не актуализируется хотя бы один синглет-участник в составе модели.

Взаимодействие по первому типу модели подобия. Ключевую роль играет дополнительное ребро (см. рис. 4, а). Знак на дополнительном ребре таков, что два треугольника, образованные особыми вершинами и одной из вершин баз, со-

гласованы (имеют четные 3-циклы). Наличие такого ребра реализует принцип сходства. Степень тесноты связи на дополнительном ребре характеризует выраженность такого взаимодействия. Статистически сильная связь при актуализации модели означает синхронию на всем множестве состояний системы. При сильной связи общие вершины взаимодействующих локальностей принадлежат одним и тем же факторам модели подобия.

Статистически слабая связь допускает два варианта: синфазная синхрония (условие – сохранение знака связи на дополнительном ребре); асинхрония (условие – изменение знака связи на дополнительном ребре). При слабой связи общие вершины (одна и более) взаимодействующих локальностей, формирующих среду проявления модели подобия, могут быть распределены по разным факторам этой модели. Вследствие этого возникают треугольники противоречий (нечетные 3-циклы), включающие дополнительное ребро, имеющие потенциал стать третьими участниками триплета ADD (модели взаимодействия типа «Присоединение» (модель ADD (addition)). В случае асинхронии наблюдает эффект не двухчастичного, а трехчастичного взаимодействия, блокирующий системный механизм ядра третьего участника триплета ADD.

Взаимодействие по второму типу модели подобия. Для этого типа модели подобия характерно отсутствие системных механизмов, детерминирующих совместную изменчивость особых вершин (см. рис. 4, б). Такой тип модели SIM устанавливает факт сходства частных аспектов уникальных системообразующих механизмов разных локальностей.

Взаимодействие по третьему типу модели подобия. Структура третьего типа модели взаимодействия по подобию получена для псевдосинглетов (см. рис. 4, в). В этой структуре все

четыре треугольника противоречивые (имеют нечетные 3-циклы). Структура аналогична структуре модели SIM, но знаковая разметка дополнительного ребра исключает модель подобия. На базе такой структуры вводится модель псевдоподобия.

Осевая симметрия данной модели проявляет новую системную роль вершин дополнительного ребра. Эти вершины не наделены системной ролью «Особая вершина» и не являются центрами порядка локальностей-участников двухчастичного взаимодействия. Псевдосинглеты (участники модели) не представляют никаких аспектов собственных качеств системы. Структура модели третьего типа зеркально симметрична структуре модели первого типа. Модель первого типа имеет среду проявления, которая сама по себе не играет в этой модели определяющей системной роли. Модель третьего типа имеет среду проявления, которая наделена особой системной ролью. В подавляющем числе случаев вершины среды проявления модели первого типа распределены по общим для синглетов-участников факторам. В моделях третьего типа вершины среды проявления формируют две области:

- область вершин, принадлежащих одинаковым факторам псевдосинглетов;
- область вершин, взятых из разных факторов псевдосинглетов.

В среде проявления выделяются вершины, представляющие собой центры порядка, формирующие локальности системы. Именно в этих локальностях проявляются функции модели псевдоподобия. Модель подобия, подчеркивает моменты сходства, тогда как модель псевдоподобия – моменты различия в системе. Модель псевдоподобия включается в локальность третьего участника разными способами (рис. 7). Обозначения факторов на рисунке условны (их можно переставить). Способы включения модели опре-

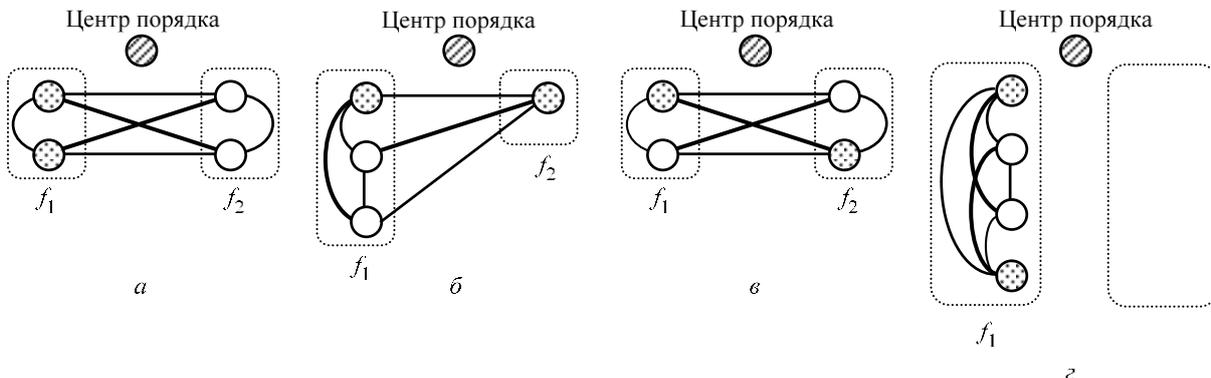


Рис. 7

деляют уникальную функцию каждого псевдосинглета в составе псевдодублета.

При первом способе включения функции псевдосинглетов одинаковы (рис. 7, а): две псевдоособые вершины (выделены точечной заливкой) входят в f_1 ; обе вершины псевдобазы (нет заливки) принадлежат f_2 ; два противоречивых ребра (связи жирные) определяются центром порядка – особой вершиной третьего участника взаимодействия (выделена штриховкой заливкой); атрибуты ориентации псевдосинглетов разнонаправлены.

Второй способ включения характеризуется разными функциями псевдосинглетов (рис. 7, б): псевдоособые вершины (точечная заливка) принадлежат разным факторам (f_1 и f_2); вершины псевдобазы (нет заливки) лежат в одном факторе f_1 ; два противоречивых ребра (парные связи жирные) согласованы с разной ориентацией псевдосинглетов.

Третий способ характеризуется одинаковой функцией псевдосинглетов (рис. 7, в): псевдоособые вершины (точечная заливка) входят в разные факторы; вершины псевдобазы (нет заливки) входят в разные факторы; два противоречивых ребра (связи жирные) определяются центром порядка; атрибуты ориентации псевдосинглетов не определены (подавлены центром порядка).

Четвертый способ (рис. 7, г): все элементы псевдодублета подобия лежат в одном факторе f_1 ; два противоречивых ребра (связи жирные) согласованы с разной ориентацией псевдосинглетов.

Третий и четвертый способы включения модели псевдоподобия в локальность третьего участника (рис. 7, в и г в статье не рассматриваются).

Способы включения псевдодублета подобия в локальность третьего участника. Каждый способ включения актуализируется в реконструкциях актуальных состояний системы в разнообразных вариантах. Все варианты первого способа включения псевдодублета даны на рис. 8. Для каждого варианта показаны атрибуты ориентации псевдосинглетов и выделены ребра, меняющие знак.

Эталонный вариант включения представлен на рис. 8, а. Для него характерны: несовпадающая ориентация псевдосинглетов; центр порядка вовлечен в среду проявления псевдодублета; псевдодублет имеет свой порядок факторов, причем важен факт вхождения центра порядка в конкретный фактор псевдодублета. При эталонном варианте какой-либо особый эффект действия псевдодублета в локальности третьего участника отсутствует. Определяющим для этого варианта является непроявление суммарного атрибута ориентации псевдосинглетов.

Во всех неэталонных вариантах возникает системный механизм типа обратной связи, направленной на изменение уровня значения центра порядка. Реконструкции состояний системы детерминируют уровни значений всех показателей, в том числе и центров порядка. Механизмы детерминации являются глобальными механизмами прямого действия, обусловленными эталонами состояний собственных качеств системы как целого в условиях части. Модели двухчастичного взаимодействия раскрывают наличие системных локальных механизмов, действующих на центры порядков локальностей по типу обратных связей.

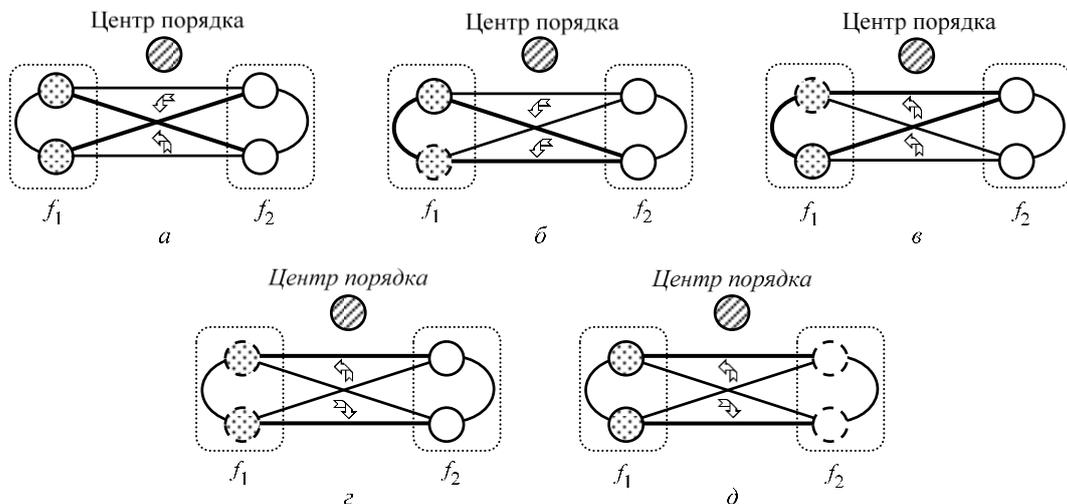


Рис. 8

На рис. 8, б и в показаны варианты несоответствия эталонной форме включения псевдодублета, для которых характерны: одинаковая ориентация псевдосинглетов; уровень значения одной псевдоособой величины (точечная заливка) не отвечает эталону состояния третьего участника. Каждый вариант здесь имеет суммарный атрибут ориентации, что указывает на возбуждение обратной связи. Действие этой связи направлено на ограничение контрастного проявления уровня значения центра порядка в области высоких (низких) значений и создания эффекта смещения уровня значения центра порядка к медианной области.

На рис. 8, г представлен вариант несоответствия эталонной форме включения псевдодублета, в котором: псевдосинглеты ориентированы по-разному; уровни значений псевдоособых величин не отвечают эталону. В рамках этой модели не формируется обратная связь, влияющая на изменение уровня величины, представляющей центр порядка. Механизм локальности прямо действует на псевдоособые величины.

На рис. 8, д дан вариант несоответствия эталонной форме включения псевдодублета, в котором уровни значений величин в вершинах псевдобазы отличаются от эталонной разметки. Центр порядка имеет потенциал изменения уровня своего значения на существенную для системы величину.

Второй способ включения возникает в случае разной функции псевдосинглетов (см. рис. 7, б).

Этот способ включения псевдодублета подобия в локальность третьего участника актуализируется в разнообразных вариантах в конкретных реконструкциях состояний системы (рис. 9).

Первый вариант второго способа включения характерен тем, что разметка вершин и ребер псевдодублета отвечает эталонной разметке его элементов, заданной третьим участником взаимодействия (рис. 9, а). Такое включение выявляет факт подобия изменчивости псевдоособых величин. Из этого следует вывод: поле проявления взаимодействия по типу подобия расширяется.

Второй вариант: разметка вершин и ребер псевдодублета не отвечает эталонной разметке его элементов, заданной третьим участником. При этом возможны варианты несоответствия, которые проявляются по-разному в зависимости от способа включения. На рис. 9, б представлен вариант несоответствия, в котором имеет место разная ориентация, а уровни значений обеих псевдоособых величин не отвечают эталону. Изменение уровней значений псевдоособых связано с проявлением их активности при нулевом суммарном атрибуте ориентации. Активность выражается через слабую вариативность значений, псевдоособых ввиду прямого влияния механизма локальности центра порядка.

На рис. 9, в представлен вариант несоответствия, в котором суммарный атрибут ориентации не нулевой. Активен только один псевдосинглет, вершины которого принадлежат разным факторам

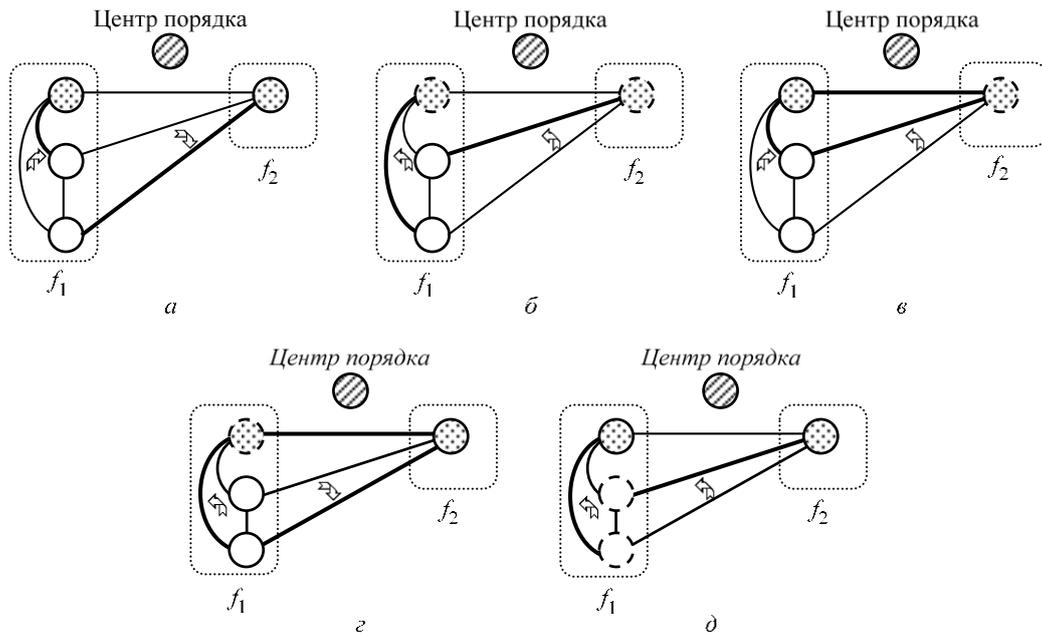


Рис. 9

третьего участника. Проявление активности направлено на ограничение уровня значения центра порядка в области высоких (низких) величин и его смещения к медианной области.

На рис. 9, з показан вариант несоответствия, в котором суммарный атрибут ориентации не нулевой. Активен только один псевдосинглет, вершины которого принадлежат одному и тому же фактору третьего участника. Активность проявляется через обратную связь от механизма фактора к центру порядка.

На рис. 9, д дан вариант несоответствия, в котором суммарный атрибут ориентации нулевой, а уровни вершин псевдобазы имеют разметку, зеркальную эталонной. Активность псевдодублета направлена на деструкцию фактора локальности третьего участника.

Метод реконструктивного анализа ФОС выявляет в каждой исследуемой системе полный спектр ее собственных качеств (СМ) и полное множество моделей (МВ) внутрисистемных взаимодействий между собственными качествами системы, формирующих единое многосложное системное целое. Множество МВ образуют шесть видов базовых моделей взаимодействий. Модель SIM – одна из таких моделей. Статья, посвященная взаимодействию по подобию, является первой публикацией результатов исследований внутрисистемных взаимодействий в условиях неравновесных ограничений и метастабильности.

Исследование двухчастичных внутрисистемных взаимодействий по подобию осуществляется на основе полной модели SIM, имеющей: характерную дублетную структуру; характерные симметрии; синглеты-участники с их атрибутами и центрами порядка; два фактора; среду проявления; атрибутированное дополнительное ребро.

Во всех своих проявлениях взаимодействие по этой модели отвечает принципу сходства и различия. Многообразие проявлений задают три типа взаимодействия, два из которых – это вза-

имодействия по подобию, третий тип – взаимодействие по псевдоподобию.

Первый тип взаимодействия по подобию проявляется в четырех разных формах. Две формы проявления этого типа модели SIM отвечают подобию вида синхронии. Этому виду подобия отвечает смысловое тождество синглетов-участников. Две другие формы первого типа взаимодействия порождают подобие вида асинхронии, обусловленное различной общей ориентацией синглетов и различной ориентацией особых вершин синглетов.

Второй тип взаимодействия по подобию характеризует совместная изменчивость особых вершин этой модели, обусловленная не смысловым тождеством синглетов, а сходством отдельных частных аспектов уникальных системообразующих механизмов собственных качеств системы, взаимодействующих по подобию.

Третий тип взаимодействия по подобию – особый. Он наблюдается тогда, когда участники модели, не будучи синглетами, выступают в качестве псевдосинглетов в модели псевдоподобия, т. е. модели взаимодействия с собственным качеством системы, центр порядка которого входит в среду проявления модели. Каждое собственное качество, отвечающее этому условию, является третьим участником взаимодействия. Функция каждого псевдосинглета определяется способами и вариантами включения модели в СМ третьего участника. Взаимодействие по псевдоподобию порождает локальные системные механизмы, влияющие: на центры порядка по типу обратной связи; на псевдоособые величины; на деструкцию факторов третьего участника.

Все типы, формы и способы внутрисистемного взаимодействия по подобию, рассмотренные в этой, теоретической части статьи, будут актуализированы в следующей ее части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haken H. Synergetics, an Introduction: Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry, and Biology. Springer-Verlag, 1983.
2. Климонтович Ю. Л. Введение в физику открытых систем. М.: Янус-К, 2002.
3. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Реконструктивный анализ сложных систем по эмпирическим данным. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1997. (Препринт № 1.)

4. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Симметрии, взаимодействия в локальностях, компоненты поведения сложных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1998. (Препринт № 2.)
5. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.
6. Kachanova T., Fomin B. Physics of Systems is a postcybernetic paradigm of systemology // Intern. Symp.

«Science 2.0 and Expansion of Science: S2ES» in the context of the 14th World-Multi-Conference «WMSCI 2010». Orlando, Florida, USA, 2010. P. 244–249.

7. Kachanova T. L., Fomin B. F., Fomin O. B. Generating scientifically proven knowledge about ontology of open systems. Multidimensional knowledge-centric system analytics // *Ontology in Information Science*. InTechOpen, 2018. URL: <https://www.intechopen.com/books/ontology-in-information-science/generating-scientifically-proven-knowledge-about-ontology-of-open-systems-multidimensional-knowledge>.

8. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Технология системных реконструкций. СПб.: Политехника, 2003.

9. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф., Фомин О. Б. Производство научно-достоверного знания об онтологии открытых систем // *Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2018. № 2. С. 10–17.

10. Kachanova T., Fomin B. Cognition of ontology of Open Systems // *Procedia Computer Science J. Elsevier B. V.* 2017. Vol. 103. P. 339–346.

11. Kachanova T., Fomin B. Physics of open systems: Generation of system knowledge // *J. Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2013. Vol. 11, № 2. P. 73–82.

12. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.

T. L. Kachanova, B. F. Fomin

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

INTRASYSTEM INTERACTIONS ON THE BASIS OF «SIMILARITY» MODEL (THEORY)

Both theory of intrasystem relations (interactions) between system's eigen qualities, revealed on the basis of «similarity» model, and actualization of this theory are set out. The first part of the paper is dedicated to theoretical questions of interactions and contains investigations of structural invariants of interactions on "similarity" that arise under conditions of non-equilibrium constraints and metastability. This research has been carried out using methods of physics of open systems. In addition, types, forms, and ways to exercise two-particle interactions discovered on the basis of «similarity» and «pseudo-similarity» models are reviewed separately. All possible kinds of interactions between eigen system qualities that disclose sense identity of mechanisms of these qualities (i. e. synchrony, in-phase synchrony, asynchrony, and likeness of particular aspects) are determined and explored for «similarity» models. Two-particle interactions that manifest moments of difference in a system are introduced and explored for «pseudo-similarity» models. Ways and options for integrating this model into a model of eigen quality for third participant of the interaction are defined, moreover, local system feedback mechanisms which thus arise and affect order center of third participant, are researched. Statements and conclusions of theory of intrasystem interactions that are discovered on the basis of «similarity» and «pseudo-similarity» models, are actualized in a project named «Social tension in districts and regions of Russia».

Open systems, physics of open systems, eigen qualities of system, models of interactions, interaction on «similarity» model, types and forms of interaction on «similarity» model