

7. Григорьев А. Н. Технология подготовки специалистов в области обработки гиперспектральных данных опико-электронных приборов дистанцион-

ного зондирования Земли // Сб. тр. конф. «Оптика и образование-2012» / НИУ ИТМО. СПб., 2012. С. 77-78.

A. I. Altuhov, V. I. Bilan, M. A. Cheburkov
A. F. Mozhaisky Military Space Academy

METHODS OF INDIVIDUAL EVALUATION OF THE RESIDUAL LEVEL OF TRAINING IN THE DISCIPLINES OF THE PROFESSIONAL CYCLE IN THE PREPARATION OF ENGINEERING PERSONNEL

The methods of individual evaluation of the residual level of training in the disciplines of the professional cycle in the preparation of engineering personnel are suggested. The preparation of engineering personnel is aimed at the formation of students a certain set of knowledge and skills while studying separate disciplines or cycle of disciplines. The final stage of the discipline is the intermediate certification, during which the level of formation of competencies of the discipline is checked. One of the problematic issues that arise during the educational process is the reduction of the training level in connection with the process of natural forgetting of the information received by the student. The proposed method is based on the mathematical apparatus, which allows to calculate the values of the level of training at a given time on the basis of the results of the intermediate certification, depending on the length of the time interval elapsed from the moment of its implementation. The results of methods approbation on the basis of the received experimental data are given. The results of individual evaluation of residual knowledge correlate with theoretical calculations. The proposed method allows to determine the residual level of knowledge and skills of students at any time throughout the training period.

Training of specialists, level of training, competence, tasks for purpose, disciplines of the professional cycle, real conditions for performing tasks

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» (актуализация)*

В первой части статьи, посвященной теоретическим вопросам внутрисистемных взаимодействий между собственными качествами системы, исследованы структурные инварианты двухчастичных взаимодействий по подобию в условиях неравновесных ограничений и метастабильности. Положения и выводы теории взаимодействий по подобию и псевдоподобию актуализированы во второй части статьи. Все теоретически установленные виды взаимодействий собственных качеств системы, раскрывающие тождественность смыслов механизмов этих качеств, выявлены и подтверждены эмпирически на реальных данных проекта «Социальная напряженность в округах и регионах России». Взаимодействия по подобию вида синхронии, синфазной синхронии, асинхронии и сходства частных аспектов взаимодействия актуализированы и рационально объяснены. Все научно установленные в первой части статьи взаимодействия по псевдоподобию, проявляющие моменты различия в системе, верифицированы в рамках того же проекта. Актуализированы возможные варианты включения модели псевдоподобия в модель третьего участника взаимодействия. Возникающие при этом локальные системные механизмы обратной связи, действующие на центр порядка третьего участника, стали эмпирически подтвержденным научным фактом.

Открытые системы, физика открытых систем, собственные качества систем, модели двухчастичных взаимодействий, взаимодействие по подобию, взаимодействие по псевдоподобию

Двухчастичные внутрисистемные взаимодействия по модели подобия, возникающие между

локальностями системы в условиях неравновесных ограничений и метастабильности, исследованы на уровне онтологического знания, полученного методами физики открытых систем

* Продолжение. Начало в № 7/2019.

(ФОС) в первой части статьи [1]. В качестве объекта научного исследования выступала полная модель двухчастичного взаимодействия собственных качеств системы по подобию. Предметом научного исследования были структурные инварианты, характеризующие:

– теоретически допустимые типы и формы взаимодействия по модели подобия;

– смысловое тождество синглетов-участников взаимодействия и подобие вида синхронии;

– ориентации синглетов-участников и особых вершин синглетов в модели подобия, порождающие подобие вида асинхронии;

– сходство отдельных частных аспектов уникальных системообразующих механизмов локальностей, взаимодействующих по подобию при отсутствии смыслового тождества синглетов-участников;

– способы и варианты включения модели псевдоподобия в локальность третьего участника, порождающие локальные системные механизмы взаимодействия, влияющие на центр порядка, на псевдоособые величины и на деструкцию факторов третьего участника взаимодействия.

Во второй части статьи все положения и выводы теоретического исследования двухчастичного внутрисистемного взаимодействия по подобию прошли эмпирическую актуализацию на реальных данных проекта «Социальная напряженность в округах и регионах России» [2]–[4]. В системе эмпирических данных, характеризующих ежемесячно социальную напряженность в любом одном отдельно взятом регионе и округе РФ, представлены описания 29 актуальных состояний региона (округа) за период с января 2002 г. по май 2004 г. Каждое состояние задано набором значений показателей, распределенных по сегментам: терроризм; криминал; социально-экономическая сфера; финансы; демография; социальная напряженность. Символические обозначения и предметное содержание показателей, использованных в статье, приведены ниже:

C_1 – число зарегистрированных преступлений; C_{-1} – уровень преступности; C_4 – изнасилования и покушения на изнасилования; C_{5-9} – уровень мелкой преступности; C_7 – кражи; C_8 – квартирные кражи; C_{10} – преступления экономической направленности; C_{13} – преступления несовершеннолетних;

D_1 – доля прироста сбережений населения во вкладах; D_3 – просроченная задолженность по заработной плате; D_5 – миграционный прирост населе-

ния; D_6 – число родившихся; D_7 – число умерших в возрасте до года; D_{-8} – коэффициент смертности; D_{11} – индекс физического объема промышленной продукции с учетом малых предприятий;

F_1 – число убыточных предприятий; F_{1t} – прирост убыточных предприятий; F_6 – общее количество филиалов кредитных организаций; F_{6t} – прирост общего числа филиалов кредитных организаций; F_8 – всего кредитов другим банкам; F_{8t} – прирост кредитов другим банкам; F_9 – поступление налоговых платежей и других доходов (с безденежными зачетами и поступлениями в иностранной валюте); F_{9t} – прирост поступлений налоговых платежей и других доходов; F_{10} – кредиторская задолженность предприятий и организаций;

FIN_3 – задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ (всего); FIN_5 – сальдо прибылей и убытков предприятий; FIN_9 – удельный вес убыточных предприятий; FIN_{10} – кредиторская задолженность предприятий; FIN_{11} – просроченная кредиторская задолженность предприятий; FIN_{16} – просроченная задолженность предприятий по заработной плате в бюджеты всех уровней; FIN_{18} – просроченная задолженность предприятий по заработной плате из-за недофинансирования федерального бюджета;

I_1 – рейтинг социальной неустойчивости; I_6 – рейтинг преступлений экономической направленности;

INV_1 – инвестиции в основной капитал по всему кругу предприятий; INV_2 – инвестиции в основной капитал по всему кругу предприятий (процент к соответствующему периоду предыдущего года);

PTR_3 – объем платных услуг населению; PTR_{3t} – прирост объема платных услуг населению;

S_1 – денежные доходы на душу населения; S_{1-7} – отношение денежных доходов к стоимости набора из 25 основных продуктов питания; S_2 – потребительские расходы на душу населения; S_{2-1} – отношение потребительских расходов к денежным доходам; S_{2-7} – отношение потребительских расходов к стоимости набора из 25 основных продуктов питания; S_{4-5} – отношение численности граждан, ищущих работу, к числу требуемых работников; S_5 – число вакантных рабочих мест; S_7 – стоимость набора из 25 основных продуктов питания; S_{10} – количество митингов;

URG_{15} – уровень прожиточного минимума в расчете на душу населения, URG_{15t} – прирост уровня прожиточного минимума в расчете на душу населения.

Из исходного массива эмпирических данных о социальной напряженности в округах и регионах России сформировано эмпирическое описание системы «Социальная напряженность» в одном конкретном регионе РФ. Из этого эмпирического описания методами ФОС получены базовые элементы онтологического знания о системе [4]–[10]:

– 38 системных моделей (СМ) – на их основе система представлена во всех ее собственных качествах;

– 76 моделей стереотипов (эталонов поведения) и 152 модели эталонов состояния – на их основе система представлена во всех эталонах состояния ее собственных качеств.

В опоре на это знание во второй части статьи актуализированы (автоматически выявлены, верифицированы, получили рациональное объяснение) все структурные инварианты двухчастичного внутрисистемного взаимодействия СМ по подобию, теоретически обоснованные в первой части статьи [1], развивающей научные положения и выводы, впервые опубликованные в препринтах [11] и [12]:

– модели подобия (SIM), в том числе 38 моделей первого типа (из них 17 моделей, связывающих СМ попарно);

– 22 модели второго типа (без дополнительного ребра);

– 89 моделей третьего типа (моделей псевдоподобия), среди которых 8 моделей имеют разные дополнительные ребра.

Модель подобия в ее актуальных формах.

Все актуальные формы модели взаимодействия по подобию конкретны. Любая актуальная форма модели подобия приводится к единому символическому образу – *дублетной структуре* модели SIM [1]. Эта структура определяется синглетами ядер СМ – участниками взаимодействия, имеющих одинаковые базы. Число таких баз в актуальных формах модели может равняться единице или быть больше единицы, охватывать ядро СМ целиком или включать только какую-то часть его синглетов.

Примеры ядер двух СМ, взаимодействующих по подобию, приведены на рис. 1 и 2. В изображениях ядер опущены все ребра, кроме баз. В ядрах СМ выделены совпадающие базы, формирующие модель SIM. *Дополнительное ребро* (при его наличии) представлено штриховой

линией, соединяющей особые вершины. Синглеты-участники модели *равноправны*. Каждый синглет-участник представлен в модели треугольником, отвечающим конкретной СМ. Особая вершина синглета-участника модели и соответствующей СМ совпадают. База синглета-участника является интегральным представлением одной или большего количества баз ядра СМ, входящих в модель SIM.

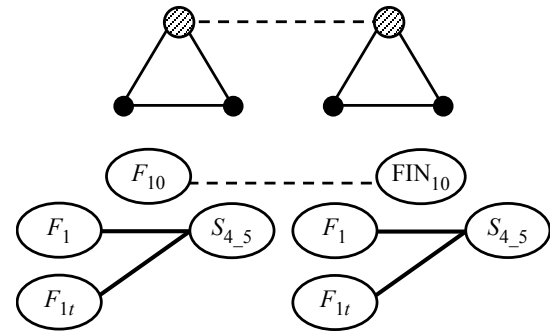


Рис. 1

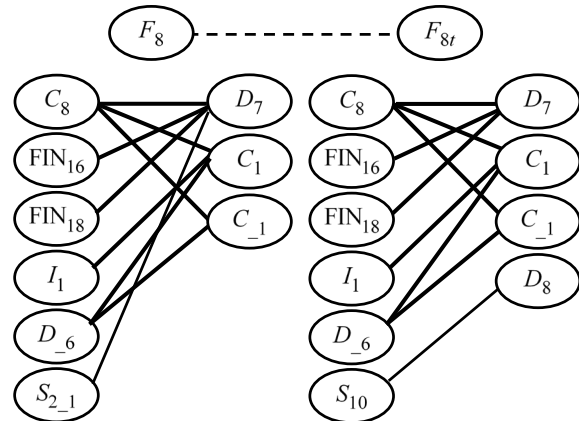


Рис. 2

Модель, приведенная на рис. 1, получена для СМ с особыми вершинами F_{10} и FIN_{10} . Модель включает две базы: $F_1-S_{4_5}$ и $F_{1t}-S_{4_5}$. Эти две базы образуют полные ядра локальностей F_{10} и FIN_{10} , взаимодействующих по модели подобия. Модель имеет дополнительное ребро (штриховая линия).

Модель SIM для локальностей с особыми вершинами F_8 и F_{8t} включает 8 одинаковых баз (C_8-D_7 , C_8-C_1 , C_8-C_{-1} , $FIN_{16}-D_7$, $FIN_{18}-D_7$, I_1-C_1 , D_6-C_1 , D_6-C_{-1}) и дополнительное ребро (рис. 2). В локальности F_8 имеется база $S_{2_1}-D_7$, которой нет в локальности F_{8t} . В локальности F_{8t} имеется база $S_{10}-D_8$, которой нет в локальности F_8 . Эти две базы не входят в модель SIM.

Еще 2 примера модели SIM представлены на рис. 3 и 4. Ядра локальностей с особыми вершинами D_5 и FIN_5 , взаимодействующих по подобию, показаны на рис. 3. База каждого синглета-

участника модели взаимодействия интегрирует 4 базы ядра (S_{10} - FIN_3 , S_{10} - S_7 , S_{10} - F_6 , S_{10} - F_{6t}).
 Дополнительное ребро в этой модели подобия отсутствует. Пример псевдодублета с псевдоособыми вершинами INV_2 и C_7 , вершинами псевдобазы I_6 и PTR_3 и дополнительным ребром INV_2 - C_7 показан на рис. 4.

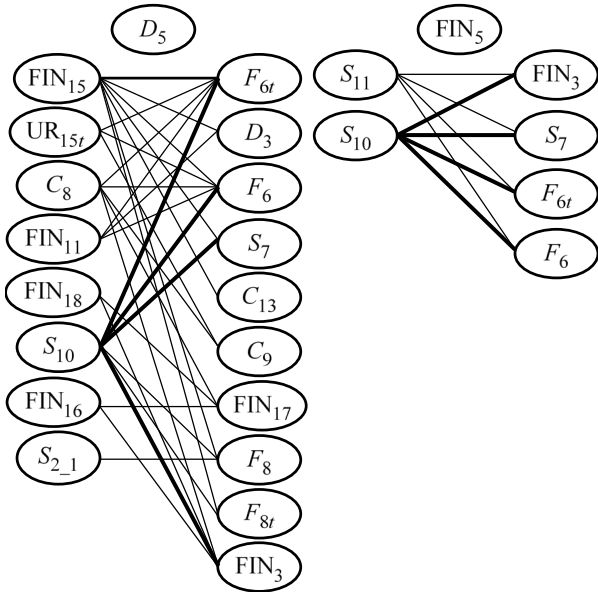


Рис. 3

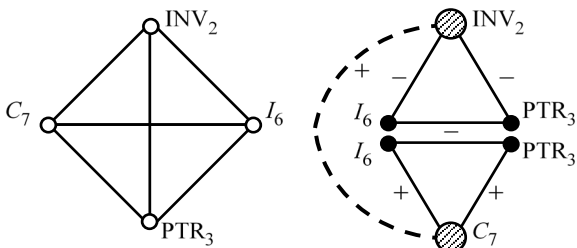


Рис. 4

Идеальная актуальная форма модели SIM.

Идеальная актуальная форма взаимодействия двух СМ по модели SIM контрастно проявляет сходство между двумя собственными качествами системы. Примером модели с идеальной формой

подобия служит модель $SIM|F_8-F_{8t}$ с особыми вершинами F_8 и F_{8t} (см. рис. 2).

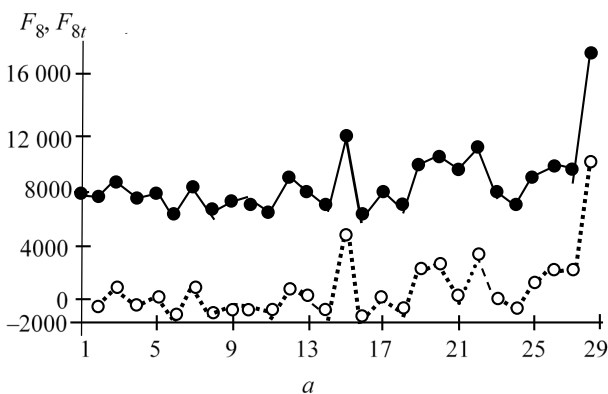
Для этой модели характерна высокая степень выраженности взаимодействия по подобию:

- модель включает практически все ядро каждого участника взаимодействия;
- модель имеет дополнительное ребро с высокой степенью тесноты статистической связи особых вершин;
- модель имеет форму подобия вида Y во всех актуальных состояниях системы [1].

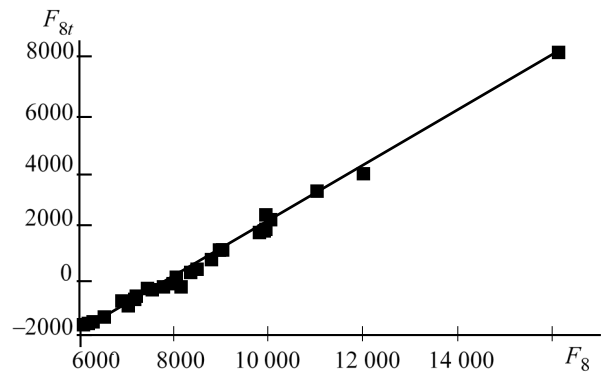
Она отвечает трем указанным свойствам. Особые вершины модели имеют разные предметные смыслы и разные диапазоны изменчивости значений величин. Каждая СМ характеризует конкретное собственное качество системы. Модель выявляет высокую степень изоморфизма этих качеств. Еще одним проявлением идеальной формы взаимодействия по подобию в этой модели является синхрония особых вершин (рис. 5, а). Ординаты F_8 и F_{8t} на этом рисунке задают шкалу значений особых вершин, актуальные состояния системы упорядочены по времени. Временной порядок состояний задан на оси абсцисс последовательностью цифр, где 1 – состояние системы за первый месяц наблюдений, 2 – за второй месяц, ..., 29 – за последний месяц наблюдений. Для синхронии характерна хорошо выраженная линейная корреляция значений особых вершин (рис. 5, б).

Неидеальная актуальная форма модели SIM.

Такая форма модели взаимодействия по типу подобия не отвечает ни одному из трех свойств идеальной актуальной формы. Модель SIM в этом случае включает малую часть ядер взаимодействующих СМ. Дополнительное ребро характеризует слабую статистическую связь между особыми вершинами синглетов-участников. Модель подобия актуализируется в формах Y и N [1].



а



б

Рис. 5

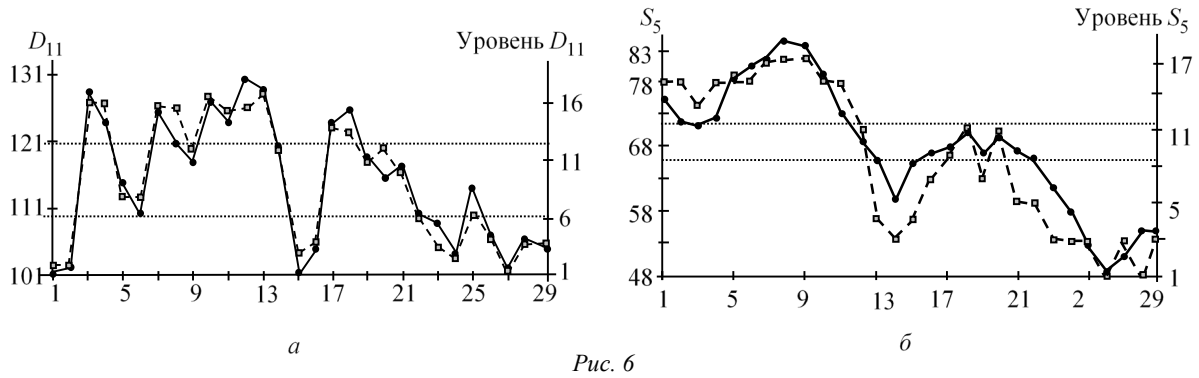


Рис. 6

Таблица 1

Идентификатор актуального состояния	Форма модели подобия	Эталон состояния качества		
		S_5	D_{11}	$S_4 S_5-D_{11}$
200201	N	S_5-1 (5.41)	$D_{11}-4$ (2.97)	0
200202	N	S_5-1 (5.51)	$D_{11}-4$ (4.07)	0
200203	Y	S_5-1 (5.40)	$D_{11}-1$ (2.57)	S_4-4
200204	Y	S_5-1	$D_{11}-1$ (2.12)	S_4-1
200205	N	S_5-1	$D_{11}-4$ (3.49)	0
200209	–	–	$D_{11}-1$ (-1.22)	S_4-1
200306	Y	S_5-2	$D_{11}-2$	S_4-4
200307	N	S_5-3 (-0.46)	$D_{11}-2$	0
200308	Y	S_5-2 (0.28)	$D_{11}-2$ (-0.17)	S_4-4
200309	N	S_5-3	$D_{11}-2$	0
200310	Y	S_5-3 (0.73)	$D_{11}-3$	S_4-3

Примером модели с неидеальной формой подобия служит модель $SIM|S_5-D_{11}$. Знак дополнительного ребра – положительный. На рис. 6, а и б приведены графики значений (левая ордината) и уровней значений (правая ордината) особых вершин D_{11} и S_5 соответственно.

Уровни значений показателей получены на основе реконструкций состояний системы с применением 17-пунктной шкалы преобладания уровня [4]. Градациями шкалы уровней являются пункты: 17 (ННННН), 16 (НННН), 15 (ННН), 14 (НН), 13 (Н), 12 (МН), 11 (ММН), 10 (МММН), 9 (М), 8 (МММЛ), 7 (ММЛ), 6 (МЛ), 5 (L), 4 (LL), 3 (LLL), 2 (LLLL), 1 (LLLLL). Пункты шкалы выше градации 9 задают область высоких значений показателей (Н (High)), пункты шкалы ниже градации 9 – область низких значений (L (Low)). Пункт 9 – чистая середина шкалы уровней (область неопределенности уровня значения). Абсциссами на рис. 6 является шкала, задающая временной по-

рядок актуальных состояний системы как на рис. 5, а. Качество моделирования наблюдаемых значений показателей уровнями их значений характеризует коэффициент конкордации (W): $W = 0.96$ на рис. 6, а; $W = 0.99$ на рис. 6, б. Пунктирные линии на этих рисунках отвечают квантилям 3/8 (0.375), 5/8 (0.625) и задают области малых, средних и больших значений показателей.

Для эталона состояния собственного качества системы применяются 2 способа символического обозначения: < имя особой вершины > – < цифра >; < имя особой вершины > – < значение атрибута уровня > < значение атрибута ориентации >. Цифра кодирует тип эталона состояния собственного качества (1 – High/Right; 2 – High/Left; 3 – Low/Right; 4 – Low/Left) [1]. Атрибут уровня имеет 2 значения: High (H); Low (L) [1]. Атрибут ориентации имеет 2 значения: Right (R); Left (L) [1].

В каждом актуальном состоянии системы каждый конкретный эталон состояния собствен-

Таблица 2

Базы	200201	200202	200203	200204	200205	200209	200306	200307	200308	200309	200310
	HR	HR	HR	HR	HR	–	HL	LR	HL	LR	LR
INV_1-F_{10}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-FIN_{10}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-C_{-11}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-C_{11}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-FIN_1	1	1	1	0	0	0	0	3	2	0	3
INV_1-I_3	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-I_1	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-FIN_{1t}	1	1	1	0	0	0	0	3	2	0	3
INV_1-FIN_{16}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-FIN_{18}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3
INV_1-D_{-6}	1	1	1	1	1	0	2	3	2	3	3

ного качества может верифицироваться явно, верифицироваться потенциально или не верифицироваться вовсе. При явной верификации указывается числовая мера близости к идеалу. При потенциальной верификации мера близости не указывается. Модель подобия не актуализируется, если хотя бы один из двух эталонов качеств в составе модели не верифицирован.

Формы взаимодействия по подобию двух СМ (S_5 и D_{11}) приведены для некоторых актуальных состояний системы в табл. 1.

На дополнительном ребре модели SIM возникает модель ADD (синглет $S_4|S_5-D_{11}$ с особой вершиной S_4 представляет третьего участника этой модели) [1], [12]. Ячейки таблицы, отмеченные знаком «→», указывают, что соответствующий этой ячейке эталон состояния или форма подобия модели не верифицированы.

Фрагмент отчета о результатах верификации СМ с особой вершиной S_5 в эталонах состояний собственного качества, заданного этой моделью, приведен в табл. 2.

Ядро СМ представляют 12 баз. Системообразующая роль ядра утверждает единый порядок в каждом актуальном состоянии системы. Этот порядок установлен главной осевой симметрией СМ и выражен общим для всех синглетов СМ *типом эталона состояния* качества [1], [9], [12], [13].

Примерами явной верификации служат состояния 200201, 200202, 200203, 200307, 200308,

200310. Примерами потенциальной верификации являются состояния 200204, 200205, 200306, 200309. Наличие в таблице хотя бы одного нуля в этих состояниях указывает на отсутствие у соответствующего синглета в данном актуальном состоянии главной осевой симметрии системы. Состояние 200209 не актуализировано ввиду полной блокировки ядра СМ.

В случае формы Y модели наблюдается гомоморфизм двух центров порядка S_5 и D_{11} . При этом актуализируется системный механизм СМ с особой вершиной S_4 (например, в состоянии 200203 актуален эталон состояния качества 4 (Low/Left)). Диаграмма рассеяния, полученная для этой модели, показывает сильную положительную корреляцию уровней значений особых вершин (рис. 7, а). Оси координат на рис. 7 представляют уровни значений величин на 17-пунктной шкале. Влияние формы N модели подобия на блокировку системного механизма третьего участника в модели ADD отмечено цифрой 0. В случае формы N наблюдается гомоморфизм двух центров порядка S_5 и D_{11} , при котором блокируется системный механизм СМ S_4 (в состоянии 200201 не актуален никакой эталон состояния качества S_4). Диаграмма рассеяния, полученная для этой модели, показывает сильную отрицательную корреляцию уровней значений особых вершин (рис. 7, б).

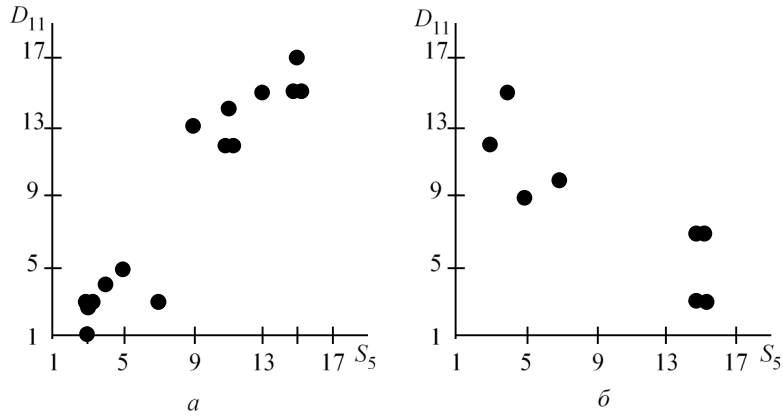


Рис. 7

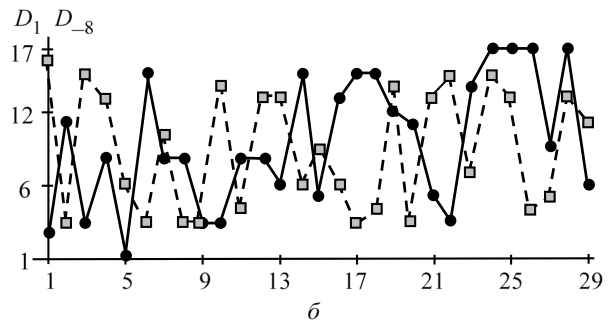
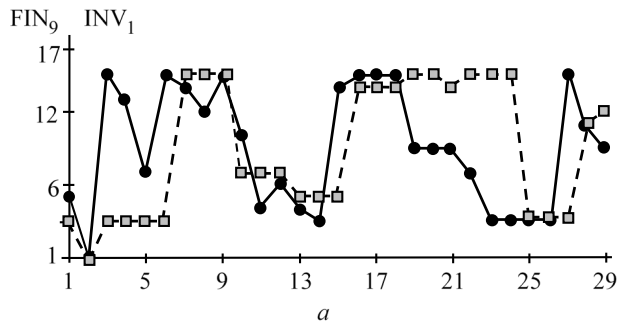


Рис. 8

Графики на рис. 8 характеризуют роль положительного и отрицательного знака дополнительного ребра в моделях $SIM|FIN_9-INV_1$ и $SIM|D_1-D_8$.

Ось абсцисс задает идентификаторы актуальных состояний системы (см. табл. 1). Ось ординат представляет уровни значений величин FIN_9 , INV_1 и D_1 , D_8 на 17-пунктной шкале уровней.

Когерентность в области проявления модели.

Полная модель подобия содержит в факторах модели общие вершины СМ-участников двухчастичного взаимодействия. В табл. 3 перечислен состав вершин из области проявления модели $SIM|D_1-D_8$.

Таблица 3

Эталон состояния	Фактор	
	f_1	f_2
D_1-1	FIN_{12} (H)	F_9 (L), F_{9t} (L)
D_1-2	FIN_{12} (L)	F_9 (H), F_{9t} (H)
D_1-3	FIN_{12} (L)	F_9 (H), F_{9t} (H)
D_1-4	FIN_{12} (H)	F_9 (L), F_{9t} (L)
D_8-1	FIN_{12} (L)	F_9 (H), F_{9t} (H)
D_8-2	FIN_{12} (H)	F_9 (L), F_{9t} (L)
D_8-3	FIN_{12} (H)	F_9 (L), F_{9t} (L)
D_8-1	FIN_{12} (L)	F_9 (H), F_{9t} (H)

Среда проявления модели включает один показатель в f_1 и 2 показателя в f_2 , где f_1 и f_2 – факторы СМ [9]. Каждый показатель в эталонах состояний имеет уровень значения на 2-пунктной шкале (H (высокий) или L (низкий)).

Примером полной модели взаимодействия по подобию является модель $SIM|D_1-D_8$ (табл. 4). Уровни значений показателей в среде проявления модели определяются реконструкциями актуальных состояний системы. Каждый уровень значений детерминирован всей совокупностью системных механизмов, определяющих актуальное состояние системы, и отвечает одному конкретному пункту 17-пунктной шкалы.

Каждая вершина в любом факторе полной модели должна отвечать своим уровнем значения уровню, установленному участниками модели подобия – эталонами состояния качества (табл. 3). Этот факт выражает *условие когерентности* (согласованной изменчивости всех показателей полной модели на множестве актуальных состояний). Это условие фиксируется в табл. 4 через цифровой код «1» и «2», обозначающий номер участника модели SIM, который приписывается соответственно слева или справа к уровню значения показателя.

Для полной модели $SIM|D_1-D_8$ характерна преимущественно когерентная изменчивость величин. Некогерентная изменчивость наблюдается в состояниях 200210 и 200306. Проявление неко-

Таблица 4

Идентификатор актуального состояния	Форма подобия	Эталон состояния		Вершины факторов среды проявления		
		D_1	D_{-8}	f_1	f_2	
				FIN_{12}	F_{9t}	F_9
200201	Y	D_1-4	$D_{-8}-2$ (1.79)	1ННННН2	–	1ЛЛЛЛЛ2
200202	Y	D_1-1 (2.81)	$D_{-8}-3$ (2.83)	1ННННН2	1ЛЛЛЛЛ2	1ЛЛЛЛЛ2
200203	Y	D_1-4 (3.99)	$D_{-8}-2$ (2.79)	1ННН2	1ЛЛЛ2	1ЛЛЛ2
200206	Y	D_1-1 (3.07)	$D_{-8}-3$ (2.19)	1ННН2	1ЛЛЛЛЛ2	1ЛЛЛ2
200207	Y	D_1-4	$D_{-8}-2$ (-1.77)	1ННН2	1ММЛ2	1М2
200208	N	D_1-4	$D_{-8}-3$ (-0.13)	1ННН2	1МЛ2	1М2
200209	N	D_1-4 (2.39)	$D_{-8}-3$ (1.35)	1ННН2	1ЛЛЛ2	1ЛЛЛ2
200210	N	D_1-3 (-3.70)	$D_{-8}-2$ (-1.35)	ННН2	1Н	1ННН
200301	Y	D_1-4	$D_{-8}-2$	1М2	1ЛЛЛ2	1ЛЛЛ2
200302	Y	D_1-1 (-1.61)	$D_{-8}-3$	1М2	1ЛЛЛЛ2	1ЛЛЛЛ2
200303	Y	D_1-3 (-4.59)	$D_{-8}-1$	1Л2	1МММН2	1МММН2
200304	Y	D_1-2 (0.52)	$D_{-8}-4$ (0.32)	1ЛЛЛ2	1ННННН2	1ННННН2
200305	Y	D_1-2 (-1.04)	$D_{-8}-4$ (0.19)	1ЛЛ2	1М2	1М2
200306	N	D_1-1	$D_{-8}-4$ (-1.47)	Л2	1ЛЛЛ	1ЛЛЛ
200307	N	D_1-2 (-0.01)	$D_{-8}-1$ (-0.14)	1ММЛ2	1ННН2	1ННН2
200308	Y	D_1-2 (-2.89)	$D_{-8}-4$ (-0.18)	1ММЛ2	1НН2	1НН2
200310	Y	D_1-3 (1.01)	$D_{-8}-1$ (2.63)	1ЛЛЛ2	1ННН2	1ННН2
200311	Y	D_1-2 (-0.58)	$D_{-8}-4$ (-1.56)	1ЛЛЛ2	1МН2	1Н2
200312	N	D_1-2 (0.97)	$D_{-8}-1$ (1.56)	1ЛЛЛ2	1ННН2	1ННН2
200403	N	D_1-3 (1.99)	$D_{-8}-4$ (-1.21)	1ЛЛЛ2	1ННННН2	1НННН2
200404	Y	D_1-2 (3.51)	$D_{-8}-4$ (0.82)	1ЛЛЛ2	1ННННН2	1НННН2

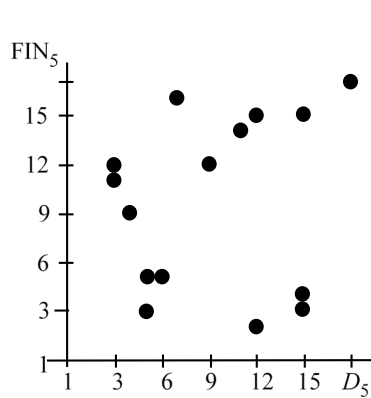


Рис. 9

герентности обусловлено наличием и определяющим влиянием других системных механизмов.

Тип модели без дополнительного ребра. Общая структура модели подобия без дополнительного ребра показана на рис. 4, б в [1]. Пример конкретной формы этой модели подобия (SIM|FIN₅-D₅) приведен здесь на рис. 3. Закономерная связь между особыми вершинами модели не выявляется (рис. 9). Отсутствие статистически значимой связи особых вершин FIN₅ и D₅ означает, что в этой модели подобия не проявляется

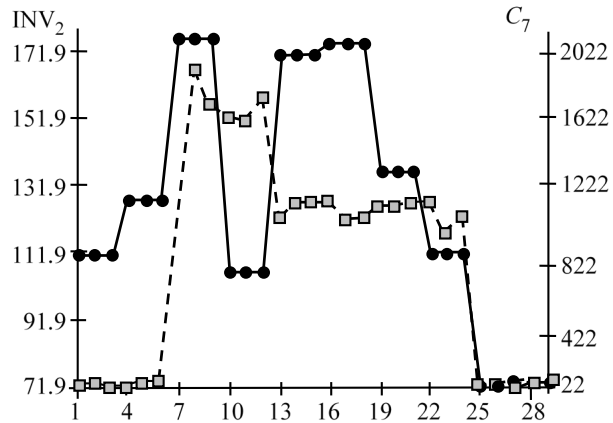


Рис. 10

свойство синхронии (асинхронии) (сравните с рис. 7).

Тип модели псевдоподобия. Общая структура модели псевдоподобия дана на рис. 4, в в [1]. Пример конкретной модели SIM|C₇-INV₂ приведен здесь на рис. 4. Статистическая связь псевдоособых вершин C₇ и INV₂ – положительная (рис. 10). Синхронизм изменчивости показателей C₇ и INV₂ очевиден при применении высокого и низкого уровней значений относительно медиан распределений этих величин.

Псевдосинглет	Среда проявления фактора f_1		Среда проявления фактора f_2	
$C_7 PTR_3-I_6$	$C_{10}, C_{13}, S_1, S_2,$ $F_9, D_3, FIN_{11},$ $S_{2-1}, S_{2-7}, S_{1-7},$ $C_{-10}, PTR_{3r}, F_{9t}$	$C_1, C_4, C_5, C_{11}, I_1,$ $D_7, INV_1, C_{-1}, C_{-11}$	BURST, C_{5-9}	$S_5, S_6, S_7, F_6, F_7, D_2, PTR_1,$ $URG_{15}, FIN_4, FIN_{12}, FIN_{13},$ $FIN_{15}, PTR_{1r}, URG_{15r}, F_{6r}$ F_{7r}, F_{8t}
$INV_2 PTR_3-I_6$		$S_5, S_6, S_7, F_6, F_7, D_2, PTR_1,$ $URG_{15}, FIN_4, FIN_{12}, FIN_{13},$ $FIN_{15}, PTR_{1r}, URG_{15r}, F_{6r}, F_{7r}, F_{8t}$		$C_1, C_4, C_5, C_{11}, I_1, D_7, INV_1,$ C_{-1}, C_{-11}

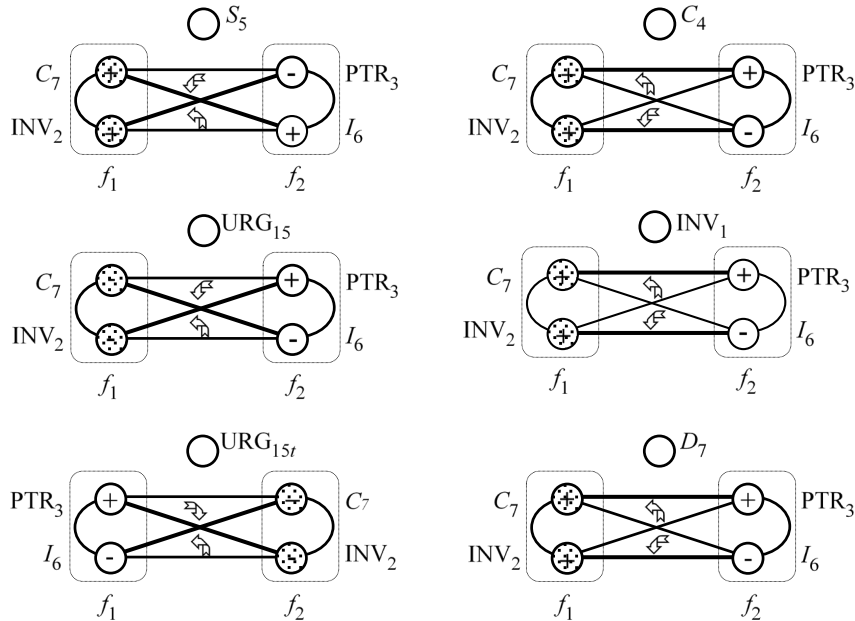


Рис. 11

Среда проявления такой модели псевдоподобия приведена в табл. 5.

Отличительной особенностью данной модели является *инверсия* (распределение значительной части общих вершин среды проявления по разным факторам). Для модели подобия *инверсия не характерна*.

Вершины C_7 и INV_2 порождают 28 псевдодублетов, аналогичных модели, показанной на рис. 4. Псевдобазисами в этих моделях являются: $C_{10}-I_6$; $C_{13}-I_6$; S_1-I_6 ; S_2-I_6 ; F_9-I_6 ; D_3-I_6 ; PTR_3-I_6 ; $FIN_{11}-I_6$; $S_{2-1}-I_6$; $S_{2-7}-I_6$; $S_{1-7}-I_6$; $C_{-10}-I_6$; $PTR_{3r}-I_6$; $F_{9t}-I_6$; $C_{10}-C_{5-9}$; $C_{13}-C_{5-9}$; S_1-C_{5-9} ; S_2-C_{5-9} ; F_9-C_{5-9} ; D_3-C_{5-9} ; PTR_3-C_{5-9} ; $FIN_{11}-C_{5-9}$; $S_{2-1}-C_{5-9}$; $S_{2-7}-C_{5-9}$; $S_{1-7}-C_{5-9}$; $C_{-10}-C_{5-9}$; $PTR_{3r}-C_{5-9}$; $F_{9t}-C_{5-9}$. Столь большое количество псевдодублетов указывает на значимую роль этой пары вершин.

В среде проявления псевдодублета находятся вершины, являющиеся центрами порядка конкретных СМ, выступающих *третьими участни-*

ками взаимодействия. На рис. 11 представлены варианты включения псевдодублета $SIM|C_7-INV_2$ по первому способу в 6 СМ. Первый способ характеризуется входжением обеих псевдоособых вершин в один фактор, а вершин псевдобазисы – в другой фактор [1].

Ввиду осевой симметрии каждой СМ нумерация факторов в ее пределах *условна*. Для каждой вершины псевдодублета указан знак статистической связи с центром порядка СМ. Для каждого варианта включения задана разметка ребер псевдодублета, отвечающая *эталонной разметке* этой СМ (выделены противоречивые ребра, требующие смены знака парной связи). Варианты включения отличаются знаками связей и парами противоречивых ребер. Атрибуты ориентации псевдосинглетов в каждом варианте разные, суммарная ориентация – *нулевая*. Каждый центр порядка входит в тот фактор псевдосинглета, который согласно атрибуту ориентации является *подчиненным* фактором. Этим определяется механизм воздействия псевдодублета на центр порядка по *обратной связи*. Конкретная форма

Таблица 6

Идентификатор актуального состояния	Эталон состояния 3-го участника (S_5)	Псевдосинглет			
		Эталонные формы		Уровни значений вершин псевдобазы	
		C_7	INV_2	PTR_3	I_6
200201–200203	HR	LL	LR	LLLL	H
200204–200206	HR	LL	HL	LLL	H
200207	HL	–	HL	LLL	HHHH
200208	HL	HR	HL	L	HHH
200209	–	HR	HL	L	HHH
200210–200212	HR	HR	LR	LM	HHH
200301–200303	LL	HL	HR	L	L
200304	LR	HL	HR	LM	MML
200305–200306	HL	HL	HR	HM	MML
200307	LR	HL	HR	HHHH	LLLL
200308	HL	HL	HR	HH	LLLL
200309	LR	HL	HR	HHHHH	LLLLL
200310–200312	LR	HL	LL	HHH	LLL

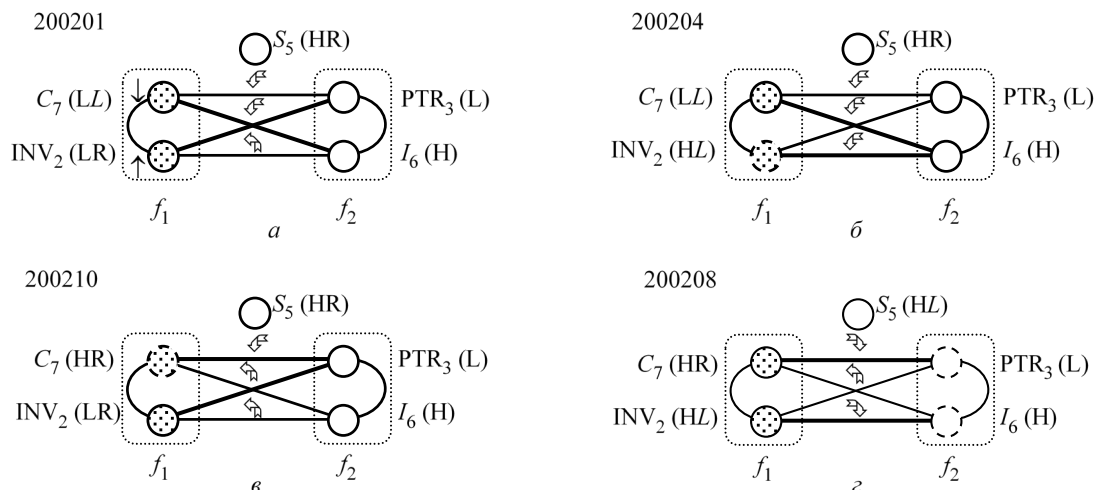


Рис. 12

действия этого механизма актуализируется в реконструкциях состояний системы.

На базе знаковой разметки модели (см. рис. 4) и уровней значений ее вершин в каждом актуальном состоянии системы приведены реконструкции форм псевдосинглетов модели. Псевдосинглет – неразрешенный треугольник противоречий, обладающий потенциалом гармонизации посредством проявления главной осевой симметрии. Псевдосинглет способен породить 4 эталонные формы (табл. 6).

Символ « \leftrightarrow » означает неverified эталонные формы псевдосинглетов. Псевдосинглет $SIM|C_7-INV_2$ входит в СМ третьего участника S_5 по первому способу включения (см. рис. 8, а). В рекон-

струкциях актуальных состояний системы наблюдается эталонная форма включения и 3 из четырех возможных вариантов несоответствия эталону.

Из табл. 6 следует, что положительный знак связи между вершинами C_7 и INV_2 , как правило, подтверждается, т. е. изменчивость этих показателей взаимообусловлена. Одинаковые базы псевдосинглетов указывают на сходство системных механизмов, формирующих изменчивость величин. Однако эталонные формы псевдосинглетов, как правило, имеют разную ориентацию. В этом факте проявляется скрытое глубинное свойство *ориентационных механизмов* в системе. Эталонная форма в реконструкции состояния 200201 представлена на рис. 12, а.

Явно выраженный системный механизм псевдодублета в этой форме отсутствует. Однако следует обратить внимание на наличие в f_1 CM третьего участника у псевдоособой вершины INV_2 значения атрибута внутренней ориентации, не отвечающего системному устройению f_1 CM S_5 . Эффект этого ориентационного нарушения требует объяснения.

Актуальная форма варианта несоответствия эталону в реконструкции состояния 200204, заданная на рис. 9, б в [1], приведена на рис. 12, б. В этой форме проявлена активность псевдосинглета с псевдоособой вершиной INV_2 , которая направлена на ограничение значения показателя – центра порядка CM S_5 .

Актуальная форма варианта несоответствия эталону в реконструкции состояния 200210, заданная на рис. 9, в в [1], приведена на рис. 12, в. В этой форме проявлена активность псевдосинглета с псевдоособой вершиной C_7 , которая направлена на ограничение значения показателя – центра порядка CM S_5 .

Актуальная форма варианта несоответствия эталону в реконструкции состояния 200208, заданная на рис. 9, з в [1], приведена на рис. 12, з. В этой форме формируется высокий потенциал изменчивости центра порядка.

На рис. 13 представлены варианты включения псевдодублета $SIM|C_7-C_6$ по второму способу в 4 CM с центрами порядка S_5 , C_{13} , URG_{15} , F_9 . Второй способ характеризуется вхождением псевдоособых вершин в разные факторы, а вершин псевдобазы – в один и тот же фактор.

Ввиду осевой симметрии CM нумерация факторов в пределах любой CM *условная*. Для каждой вершины псевдодублета указан знак статистической связи с центром порядка CM. Для каждого варианта включения псевдодублета задана разметка его ребер, *отвечающая эталонной разметке* этой CM (выделены противоречивые ребра, требующие смены знака парной связи). Варианты включения отличаются знаками связей и парами противоречивых ребер. Атрибуты ориентации псевдосинглетов в каждом варианте включения разные, суммарная ориентация – *нулевая*. Каждый центр порядка входит в одноименные факторы псевдосинглетов. При этом для псевдосинглета, расположенного в одном факторе CM, центр порядка принадлежит *подчиненному фактору*, а для псевдосинглета, включенного в оба фактора CM, центр порядка входит в *ведущий фактор*. Этим определяется механизм воздействия псевдодублета на центр порядка *по обратной связи*. Конкретная форма действия этого механизма актуализируется в реконструкциях состояний системы.

Например, в CM с центром порядка S_5 псевдодублет $SIM|C_7-C_6$ включен по второму способу. В табл. 7 для некоторых актуальных состояний системы приведены актуальные эталоны состояний качества S_5 и эталонные формы псевдосинглетов данного псевдодублета.

Варианты включения псевдодублета в CM, соответствующие актуальным состояниям системы из табл. 7, представлены на рис. 14. Они актуализируют варианты включения, представленные на рис. 9 в [1]. Эталонная форма псевдодублета (рис. 14, а) актуализирует форму, представленную на рис. 9, а в [1].

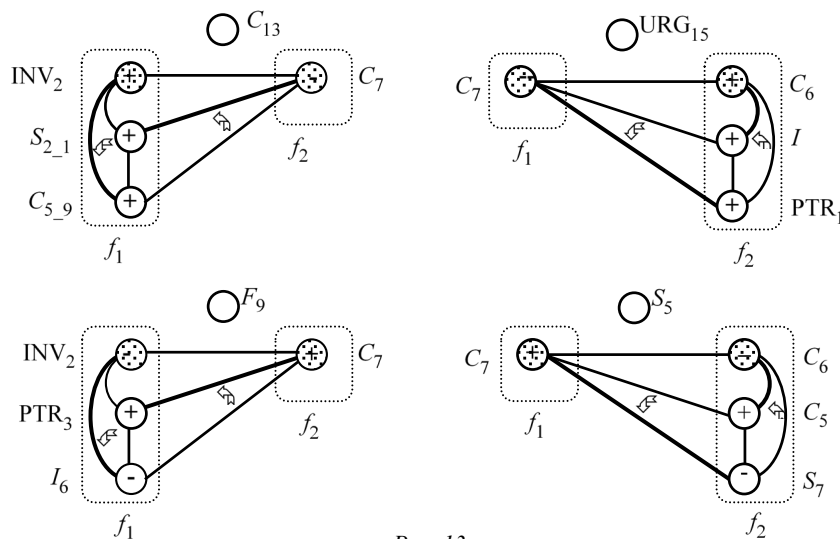


Рис. 13

Таблица 7

Идентификатор актуального состояния	Эталон состояния 3-го участника (S_5)	Псевдосинглет			
		Эталонные формы		Уровни значений вершин псевдобазы	
		C_7	C_6	C_5	S_7
200201–200206	HR	LL	LR	HHH	LLLLL
200207	HL	–	–	–	LLL
200208	HL	HR	HL	MH	LLLLL
200209	–	HR	HL	HHH	LLLLL
200210–200212	HR	HR	HL	HHH	LLL
200301–200303	LL	HL	LL	LL	HM
200304	LR	HL	LL	LLL	H
200305–200306	HL	HL	LL	MML	HHH
200307	LR	HL	LL	LLLLL	H
200308	HL	HL	LL	LLL	MMH
200309–200312	LR	HL	LL	LLL	H
200401–200402	LL	–	HR	LM	HHH
200403	–	–	HR	ML	HHHHH
200404–200405	LR	–	HR	L	HHHHH

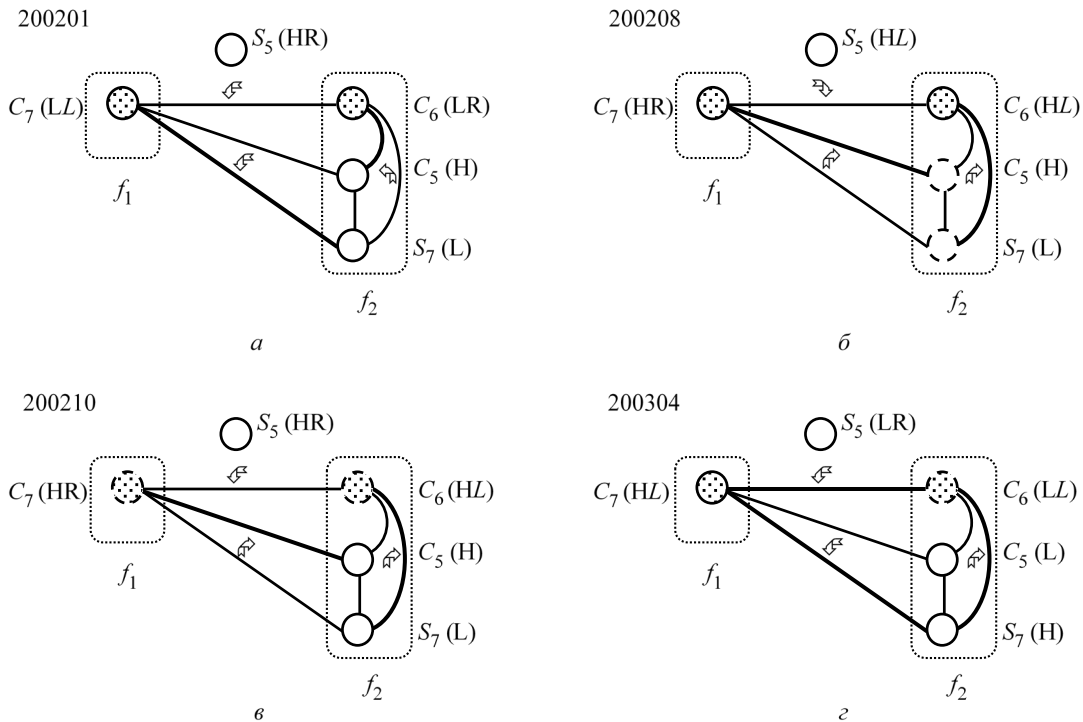


Рис. 14

Вариант несоответствия эталону (см. рис. 9, е в [1]) приведен на рис. 14, б. В этом актуальном состоянии псевдодублет способствует росту потенциала изменчивости центра порядка СМ посредством ослабления механизма *подчиненного фактора* СМ S_5 . Это приводит к существенному росту степени подвижности величины S_5 .

Вариант несоответствия эталону (см. рис. 9, б в [1]) приведен на рис. 14, в. Характер активности псевдодублета проявляется при включении *потенциала колебательности* в изменчивость псевдоособой вершины C_6 в условиях активности центра порядка и псевдосинглета C_7 .

Вариант несоответствия эталону (см. рис. 9, *z* в [1]) приведен на рис. 14, *z*. В этом варианте активность псевдодублиета проявляется через активность псевдосинглета в ведущем факторе СМ. Активность связана с особым характером изменчивости величины C_6 , обусловленным сообщенным ей *потенциалом колебательности*.

В первой части статьи теоретически установлены все структурные инварианты внутрисистемного двухчастичного взаимодействия собственных качеств системы по модели подобия [1]. Их возникновение в условиях неравновесных ограничений и метастабильности обусловлено локальными механизмами гармонизации, осуществляющимися на уровне ядер локальностей при взаимодействии по модели SIM.

Все структурные инварианты взаимодействия по подобию актуализированы на основе результатов системного исследования методами ФОС социальной напряженности в округах и регионах Российской Федерации. Вторая часть статьи содержит эмпирическое подтверждение реальности

всех теоретически установленных структурных инвариантов взаимодействия по подобию и псевдоподобию. На примере исследования научно-достоверных реконструкций состояний одного отдельно взятого региона России (Санкт-Петербург) актуализированы 149 типов, форм, способов и вариантов взаимодействия по подобию и псевдоподобию за 2.5 года наблюдений состояний региона в режиме ежемесячного мониторинга. Анализ реконструкций состояний каждого региона и каждого округа России, полученных ФОС в рамках того же проекта, дал аналогичные результаты.

Главный вывод: структурные инварианты двухчастичного взаимодействия собственных качеств открытой системы по моделям подобия и псевдоподобия возникают в условиях неравновесных ограничений и метастабильности; в ядрах локальностей, взаимодействующих по моделям подобия и псевдоподобия, осуществляются характерные локальные механизмы, существенно влияющие на формирование состояний системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «подобия» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 7. С. 70–79.
2. Глобальные реконструкции состояний и жизнедеятельности открытых систем: социальная напряженность в округах и регионах РФ / В. О. Агеев, А. В. Арасланов, Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин // Тр. VI Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO'07), М., ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН, 2007. С. 1–17.
3. Генерация системного знания по проблемам социальной напряженности в регионах России / В. О. Агеев, А. В. Арасланов, Т. Л. Качанова, К. А. Туральчук, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. № 2–1. С. 300–308.
4. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.
5. 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.
6. 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>.
7. Kachanova T., Fomin B. Cognition of ontology of Open Systems // Proc. Computer Science J. Elsevier B. V. 2017. Vol. 103. P. 339–346.
8. Kachanova T., Fomin B. Physics of open systems: Generation of system knowledge // J. Systemics, Cybernetics and Informatics. 2013. Vol. 11, № 2. P. 73–82.
9. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Технология системных реконструкций. СПб.: Политехника, 2003.
10. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
11. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Реконструктивный анализ сложных систем по эмпирическим данным. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1997. (Препринт № 1.)
12. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Симметрии, взаимодействия в локальностях, компоненты поведения сложных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1998. (Препринт № 2.)
13. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.

T. L. Kachanova, B. F. Fomin
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

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

The first part of the paper is dedicated to theoretical questions of intrasystem interactions between system's eigen qualities and contains investigations of structural invariants of two-particle interactions on the basis of «similarity» model (interactions on «similarity») that arise under conditions of non-equilibrium constraints and metastability. Statements and conclusions of theory of interactions on «similarity» and «pseudo-similarity» are actualized in the second part of the paper. All theoretically established types of interactions of eigen system qualities, that disclose sense identity of mechanisms of these qualities, are revealed and empirically confirmed on real data gathered under a project named «Social tension in districts and regions of Russia». The interactions on «similarity» (with the kinds: synchrony, in-phase synchrony, asynchrony and likeness of particular aspects of interaction) are actualized and rationally explained. All scientifically established (in the first part of this paper) interactions on «pseudo-similarity» that manifest moments of difference in a system, are verified within the same project. Possible options for integrating a model of «pseudo-similarity» into a model of third participant (eigen quality) of the interaction are actualized too. In doing so, arising local system feedback mechanisms affecting order center of third participant became empirically confirmed scientific fact.

Open systems, Physics of open systems, eigen qualities of systems, models of two-particle interactions, interaction on «similarity» model, interaction on «pseudo-similarity» model

УДК 681.532.5 + 681.58

Д. С. Положенцев, К. А. Смирнов
АО «НИИ командных приборов»

Система управления исполнительного электропривода силового гироскопического комплекса

Представлено описание системы управления исполнительного электропривода (ИЭП) силового гироскопического комплекса (СГК), который является исполнительным органом системы ориентации космического аппарата. Дано краткое описание состава СГК, принципа и основных режимов его работы. Приведена структурная схема и описан принцип работы системы управления ИЭП СГК, реализующей управление угловой скоростью вращения в режиме обратной связи по угловому положению. Также приведено описание основных составных частей ИЭП СГК – интегратора угловой скорости, регулирующих устройств, исполнительного двигателя, силового гироскопа и измерителя углового положения (ИУП). Приведен алгоритм программной компенсации гармонических составляющих погрешности ИУП, применяемых в составе ИЭП СГК, и представлены результаты его применения, полученные на реальном образце. Представлены разработанная в среде Matlab/Simulink математическая модель ИЭП СГК и результаты моделирования.

Силовой гироскопический комплекс, исполнительный электропривод, обратная связь по угловому положению, система управления угловой скоростью, регулирующее устройство, тарировка, измеритель углового положения, математическая модель

Силовой гироскопический комплекс (СГК) – это инерциальное устройство, применяемое, как правило, в качестве исполнительного органа (ИО) в системах ориентации (СО) космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли, обеспечивающее правильную ориентацию КА в полете и предотвращающее его беспорядочное вращение [1]–[3].

Как правило, СГК состоит из силового гироскопического прибора (СГП) – силового гироскопа в кардановом подвесе с двумя степенями свободы (гиродина) и электронного прибора (ЭП) – устройства, обеспечивающего отработку заданных СО КА команд управления и передачу телеметрической информации. Общая схема механической части СГП, показывающая расположение