

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 «Переключение» (актуализация)*

Внутрисистемные двухчастичные взаимодействия между собственными качествами системы по модели переключения возникают в условиях неравновесных ограничений и метастабильности. Рассмотрены типы и формы взаимодействий, отвечающие полной модели переключения, к которым относятся: взаимодействие при предельно полной и неполной слитности участников модели; взаимодействие при блокировке какого-то одного участника и реализации одночастичного взаимодействия; трехчастичное взаимодействие по модели присоединения; взаимодействие, формирующее согласованную изменчивость всех величин модели на базе глобальных (локальных) механизмов, непосредственно управляемых параметрами модели псевдопереключения. Описан главный механизм взаимодействия по переключению, объясняющий изменение «скачком» уровня значения особой вершины одного участника при сохранении уровня значения другого участника. Показано, что различие основных типов взаимодействия по переключению несущественно в случаях блокировки одного из участников модели и связанного с этим распадом двухчастичного взаимодействия.

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

Все положения и выводы теоретического исследования о типах и формах двухчастичного внутрисистемного взаимодействия по переключению, опубликованные ранее в [1], прошли эмпирическую актуализацию на реальных данных проекта «Социальная напряженность в округах и регионах России» [2]–[4]. Система данных этого проекта содержит эмпирические описания социальной напряженности во всех регионах России. Каждый регион РФ представлен ежемесячно эмпирическим описанием его актуального состояния. Каждое состояние региона задано единым набором значений показателей, распределенных по шести сегментам:

- терроризм (имена показателей этого сегмента начинаются с литеры Р);
- криминал (показатели, имена которых начинаются с литеры С);
- социально-экономическая сфера (показатели, имена которых начинаются с литеры S);
- финансы (показатели, имена которых начинаются с литер F, IN, U или PTR);
- демография (показатели, имена которых начинаются с литеры D);

– индикаторы социальной напряженности (показатели, имена которых начинаются с литеры I).

Символические обозначения и предметное содержание показателей, использованных в статье, приводятся далее: C_1 – число зарегистрированных преступлений; C_2 – убийства и покушение на убийства; C_3 – причинение тяжкого вреда здоровью; C_4 – изнасилования и покушения на изнасилования; C_5 – разбой; C_{59} – уровень мелкой преступности; C_6 – грабежи; C_7 – кражи; C_9 – хулиганство; C_{12} – преступления, совершенные организованными преступными группами; C_{13} – преступления несовершеннолетних.

S_5 – число вакантных рабочих мест; S_6 – численность безработных, получающих пособие по безработице; S_7 – стоимость набора из 25 основных продуктов питания; S_{10} – количество митингов; S_{21} – отношение потребительских расходов к денежным доходам; S_{27} – отношение потребительских расходов к стоимости набора из 25 основных продуктов питания; S_{45} – отношение численности граждан, ищущих работу, к числу требуемых работников. STR_1 – ввод в действие объектов жилья.

* Окончание. Начало в № 6/2020.

F_1 – число убыточных предприятий; F_{1t} – прирост убыточных предприятий; F_5 – удельный вес прибыльных предприятий; F_6 – общее количество филиалов кредитных организаций; F_{6t} – прирост общего числа филиалов кредитных организаций; F_{7t} – кредиты коммерческих банков предприятиям, организациям и населению (прирост); 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_1 – поступление налогов и сборов в бюджетную систему РФ (всего); FIN_{1t} – просроченная кредиторская задолженность предприятий (прирост); FIN_3 – задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ (всего); FIN_4 – задолженность по налогам и сборам в бюджетную систему РФ (в федеральный бюджет); FIN_5 – сальдо прибылей и убытков предприятий; FIN_9 – удельный вес убыточных 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.

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

URG_{15} – величина прожиточного минимума в расчете на душу населения; URG_{15t} – прирост величины прожиточного минимума в расчете на душу населения.

PTR_1 – оборот розничной торговли на рынке товаров; PTR_{3t} – прирост объема платных услуг населению.

D_1 – доля прироста сбережений населения во вкладах; D_3 – просроченная задолженность по заработной плате; D_5 – миграционный прирост населения; D_7 – число умерших в возрасте до года; D_{07} – коэффициент младенческой смертности; D_{11} – индекс физического объема промышленной продукции с учетом малых предприятий.

I_6 – рейтинг преступлений экономической направленности.

Из исходного массива эмпирических данных о социальной напряженности сформировано эмпирическое описание одного конкретного региона РФ. Из этого эмпирического описания методами ФОС получены базовые элементы онтологического знания о системе «Социальная напряженность в регионе» [4]–[8]: 38 локальностей – представление системы во всех ее собственных качествах (качественных определенностях); 76 стереотипов – представление системы во всех ее стереотипах поведения; 152 эталона состояний – представление системы во всех эталонах состояний ее собственных качеств; 23 модели SWI первого типа; 2 модели SWI второго типа; 32 модели SWI третьего типа.

Ранее в статье, посвященной вопросам теории взаимодействия по модели переключения, был введен символический образ модели SWI [1]. В актуальных формах модели число синглетов, участвующих во взаимодействии от каждой локальности, может равняться единице или быть больше единицы, они могут охватить целиком все ядро локальности-участника или только какую-то часть ядра.

Первый тип модели SWI. На рис. 1 представлена модель $SWI/C_{13}-D_{11}$, включающая полное ядро локальности C_{13} (7 синглетов) и часть ядра локальности D_{11} (6 из 11 синглетов). Локальности-участники этой модели представлены особой вершиной и базами синглетов. Связи особой вершины с вершинами всех баз локальности на рисунке не отображаются в целях упрощения графического образа модели (рис. 1, б). Характер любой парной связи раскрывает таблица сопряженности, в которой числами представлены частоты встречаемости в интервалах изменчивости показателей для установленных квантилей, а символ «*» задает качественный вид их взаимозависимости. Характерной особенностью общего бокового ребра (C_{13}, D_{11}) модели служит явно немонотонной характер парной связи между особыми вершинами локальностей (рис. 1, а). Парные связи, представленные другими (не общим) боковыми ребрами синглетов, имеют более монотонный вид. Особая вершина одной локальности в модели переключения играет роль вершины базы в другой локальности этой модели. Вторые вершины баз всех синглетов полной модели переключения принадлежат в локальности C_{13} фактору 1, а в локальности D_{11} – фактору 2. В модели SWI особые вершины лежат в

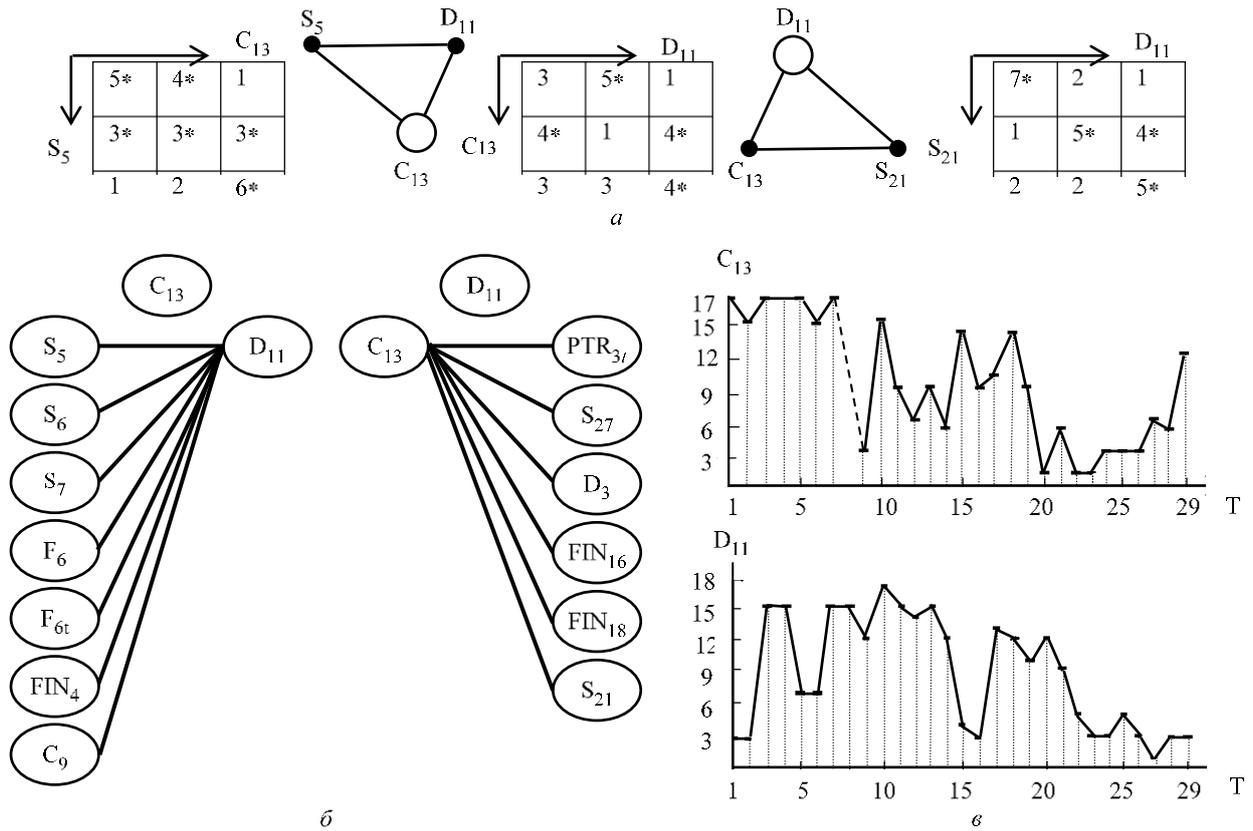


Рис. 1

одном факторе, а вторые вершины баз – в другом. (Все вторые вершины баз синглетов в модели попарно связаны *дополнительными* ребрами.) Изменчивость особых вершин в этой модели иллюстрирует рис. 1, в, где штриховая линия обозначает переход при пропуске данных в исходном описании системы.

В табл. 1 для каждого актуального состояния исследуемой социальной системы определены все формы проявления модели SWI/C₁₃-D₁₁, получившие формальное определение в [1].

Код состояния системы: год (первые четыре цифры) и месяц года (5-я и 6-я цифры). Состояниям системы, упорядоченным в соответствии с календарем, присвоены порядковые номера. Формы модели SWI/C₁₃-D₁₁ задаются символами (Y), (N), (B) [1]. Форма (Y) возникает при смене знака на общем боковом ребре, чем обеспечивается согласованность структуры. Идея модели переключения при этом выражена *предельно полно (состояние слитности)*. Форма (N) возникает при смене знака на боковых ребрах (не на общем ребре) и вынужденно – на дополнительном ребре. Участники взаимодействия сохраняют свои качества в *состоянии разделенности*. Форма (B) возникает при блокировке базы одного из

участников модели, в результате чего реализуется *одночастичное взаимодействие*.

Участниками взаимодействия являются актуальные типы эталонов состояния собственных качеств системы. Каждый конкретный тип эталона состояния представлен кодом [1]: имя особой вершины локальности (C₁₃ или D₁₁); тип эталона (1 – HR, 2 – HL, 3 – LR, 4 – LL); число (мера близости формы воплощения эталона к идеалу), нет числа – эталон не верифицирован.

Среда проявления модели SWI состоит из двух областей [1]. Область 1 включает показатели C₇ и INV₁, образующие согласованные структуры отношений на общем боковом ребре синглетов модели. Область 2 содержит показатели, образующие согласованные структуры с боковым ребром, противоположным общему ребру (всего 35 показателей (вершины баз участников взаимодействия и дополнительные вершины), из них в табл. 1 представлены лишь 3 вершины баз участников: S₆, S₇, D₃). Коды показателей в среде проявления: k – факт вхождения показателя в ядро локальности 1-го участника; 1(2)/ – принадлежность показателя первому (второму) фактору 1-го участника; символическое обозначение показателя; /1(2) – принадлежность показателя первому

Таблица 1

Код состояния	Форма модели SWI/C ₁₃ -D ₁₁	Участники взаимодействия		Показатели области 1		Показатели области 2		
		Эталон 1-го участника	Эталон 2-го участника	2/C ₇ /1	2/INV ₁ /1k	k ₁ /S ₆ /2	k ₁ /S ₇ /2	1/D ₃ /2k
200201	N	C ₁₃ -1	D ₁₁ -4 (2.97)	1L ₂	1LLL ₂	MH ₂	LLLLL ₂	ННННН ₂
200202	N	C ₁₃ -1	D ₁₁ -4 (4.07)	1L ₂	1LLLLL ₂	H ₂	LLL ₂	ННННН ₂
200203	Y	C ₁₃ -2 (0.74)	D ₁₁ -1 (2.57)	L ₂	LLL ₂	1H ₂	1LLL ₂	1ННН ₂
200204	Y	C ₁₃ -2 (1.87)	D ₁₁ -1 (2.12)	L ₂	LLL ₂	1ННН ₂	1LLL ₂	1ННН ₂
200205	B	Блокирован	D ₁₁ -4 (3.49)	LL ₂	LLL ₂	H ₂	MML ₂	ННН ₂
200206	B	Блокирован	D ₁₁ -4 (1.17)	LLL ₂	LLL ₂	H ₂	MML ₂	ННН ₂
200207	-	-	-	-	ННН	НН	LLL	ННН
200208	B	C ₁₃ -3 (1.34)	Блокирован	1ННН	1ННН	1ННН	1LLLLL	1ННН
200209	Y	C ₁₃ -2 (2.25)	D ₁₁ -1 (-1.22)	1ННН	1ННН	1ННН ₂	1LLLLL ₂	1ННН ₂
200210	N	C ₁₃ -3 (-0.12)	D ₁₁ -2	1ННННН ₂	MML	1ННН	1LLL	1ННН
200211	B	C ₁₃ -3 (0.31)	Блокирован	1ННН	MML	1ННННН	1LLL	1ННН
200212	N	C ₁₃ -3 (-0.51)	D ₁₁ -2	1НН ₂	MML	1Н	1LL	L ₂
200301	N	C ₁₃ -3	D ₁₁ -2	MML	LL	1ННН	нМв	вМн
200302	Y	C ₁₃ -2	D ₁₁ -1 (-2.42)	L ₂	LL ₂	1H ₂	нМн	1МММН ₂
200303	N	C ₁₃ -1 (-3.54)	D ₁₁ -4 (-3.96)	H	1LL ₂	H ₂	вМн	МММН ₂
200304	N	C ₁₃ -1 (-2.36)	D ₁₁ -4	ННН	НН	MH ₂	1Н	1LLL
200305	Y	C ₁₃ -2	D ₁₁ -1	1ММН	1НН	вМв	ННН	вМв
200306	B	C ₁₃ -2	Блокирован	вМ	1НН	МММЛ	ННН	МММЛ
200307	B	C ₁₃ -2	Блокирован	1ММН	1ННН	LL	H	ML
200308	N	C ₁₃ -3	D ₁₁ -2 (-0.17)	1ННН ₂	1ННН ₂	LLL ₂	ММН ₂	LLLLL ₂
200309	B	Блокирован	D ₁₁ -2	МММН ₂	НН ₂	LLLLL ₂	H ₂	LLLLL ₂
200310	Y	C ₁₃ -4 (1.02)	D ₁₁ -3	ММН ₂	ННН ₂	1LLLLL ₂	1ММН ₂	1LLL ₂
200311	Y	C ₁₃ -4 (1.44)	D ₁₁ -3 (0.42)	МММН ₂	ННН ₂	1LLL ₂	1ННН ₂	1LLL ₂
200312	Y	C ₁₃ -4 (2.64)	D ₁₁ -3 (2.16)	МММН ₂	ННН ₂	1L ₂	1ННН ₂	1LLLLL ₂
200401	Y	C ₁₃ -4 (0.21)	D ₁₁ -3	1LLL	1LLL	1LLL ₂	1ННН ₂	1L ₂
200402	Y	C ₁₃ -4 (0.94)	D ₁₁ -3	1LLL	1LLL	1LLL ₂	1ННН ₂	1L ₂
200403	Y	C ₁₃ -4 (0.63)	D ₁₁ -3	1L	1LLL	1LLL ₂	1ННННН ₂	1L ₂
200404	Y	C ₁₃ -4 (2.64)	D ₁₁ -3 (1.23)	нМв	ММН ₂	1LLLLL ₂	1ННННН ₂	1LLL ₂
200405	B	C ₁₃ -1 (2.51)	Блокирован	1LLL	MH	1LLL	1ННН	1LLL

(второму) фактору 2-го участника; k – факт вхождения показателя в ядро локальности 2-го участника. Символ « k » отсутствует, если показатель не входит в ядро локальности.

В актуальных состояниях каждый показатель принимает один из 17 возможных уровней значений: 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). Полный код уровня

значения в таблице: цифра (1 – показатель когерентен 1-му участнику, нет цифры – не когерентен); уровень значения показателя на 17-пунктной шкале; цифра (2 – показатель когерентен 2-му участнику, нет цифры – не когерентен). Пункты шкалы, превосходящие градацию 9, задают область высоких значений (Н); пункты, расположенные ниже градации 9, задают область низких значений (L). Пункт 9 (М) – область неопределенности уровня (чистая середина), проявленная

метричный. Другой участник модели сохраняет уровень значения особой вершины, но меняет стереотип поведения. В форме (B) модель взаимодействия SWI не реализует механизм переключения, а находится в *режиме перестройки*, сохраняя при этом «память» об эталонах состояний участников.

Другой пример – дублет SWI/C₂–C₅ (рис. 2). Этот дублет образуют синглет (C₂–C₅–F₁₀) от локальности C₂ и синглет (C₅–C₂–F_{8t}) от локальности C₅.

Для общего бокового ребра (C₂, C₅) характерна сложная связь. Дополнительное ребро (F₁₀, F_{8t}) проявляет положительную связь показателей.

Второй тип модели SWI. На рис. 3 приведены образы двух локальностей системы F₁ и FIN₃, взаимодействующих по модели переключения без дополнительного ребра. В модели SWI задействована только одна пара синглетов F₁–FIN₃–STR₁ и FIN₃–F₁–S₁₀ из ядер локальностей. Таблица сопряженности особых вершин локальностей характеризует сложную взаимозависимость этих показателей. Таблица сопряженности вершин S₁₀ и STR₁, не образующих дополнительное ребро модели, явно показывает отсутствие значимой взаимосвязи этих вершин. Взаимодействие локальностей F₁ и FIN₃ выражает *ключевую идею* модели SWI через соприкосновение двух собственных качеств, вследствие чего налагается *ограничение на сочетание стереотипов* поведения локальностей (табл. 2). В силу отсутствия среды проявления в данной модели, порядок переключения эталонов скрыт, проявляется *только результат* взаимодействия. Например, при изменении уровня значения вершины S₁₀ с низкого на высокий (состояние 200308) зеркально изменяется эталон участника F₁ (HR переходит в LL), а эталон участника FIN₃ меняется «по горизонтали» (LR переходит в LL).

Таблица 2

Код состояния	Эталон состояния участника		Уровень значений вершины базы	
	F ₁	FIN ₃	STR ₁	S ₁₀
200306	HR	LR	15	3
200307	HR	LR	14	4
200308	LL	LL	14	17

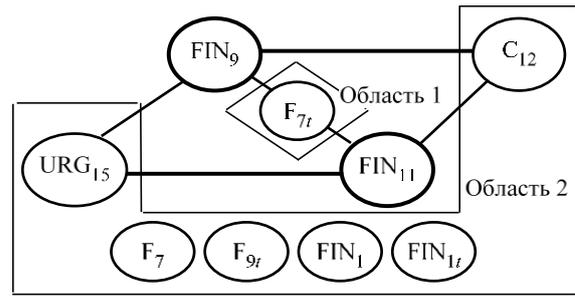


Рис. 4

На рис. 4 приведена полная модель взаимодействия SWI/FIN₉–FIN₁₁ без дополнительного ребра, но с наличием среды проявления (область 1 – один показатель (FIN_{7t}), область 2 – четыре показателя (F₇, F_{9t}, FIN₁, FIN_{1t}). Из-за отсутствия дополнительного ребра (C₁₂, URG₁₅) модель обладает следующими свойствами: вершины области 2 среды проявления статистически слабо обусловлены; ограничения на верификацию эталонов участников взаимодействия снимаются в силу того, что база любого одного участника не является боковым ребром другого участника. Актуальные состояния системы характеризуются разными формами модели взаимодействия SWI/FIN₉–FIN₁₁ (табл. 3).

В состоянии «200302» модель переключения имеет форму (N). Стереотипы поведения участников – «Right-Right». Показатель F_{7t} из области 1 отвечает эталону обоих участников. Показатели F₉, F_{9t}, FIN₁, FIN_{1t} из области 2 выбирают эталон 2-го участника. Такая ситуация предполагает в состоянии «200303» переключение эталона «LR» 2-го участника на эталон «HL». Фактически такое переключение не наблюдается. Подобная ситуация происходит при переходе из «200402» через «200403» в «200404». Объяснение этим фактам дает модель SWI/FIN₁₁–C₁₂ первого типа, которая доминирует по отношению к модели SWI/FIN₉–FIN₁₁. Результатом взаимодействия двух моделей SWI является следующий порядок переключения эталонов-участников. Во-первых, зеркально изменяется эталон локальности C₁₂ (уровень особой вершины переходит скачком из области низких значений в область высоких значений). Во-вторых, эталон локальности FIN₁₁ меняет стереотип поведения, изменяя скачком уровень особой вершины, оставаясь при этом в области низких значений. В-третьих, эталон локальности FIN₉ изменяет зеркально свой стерео-

Код состояния системы	Форма модели	Участники взаимодействия		Показатели области 1	Показатели области 2			
		Эталон 1-го участника	Эталон 2-го участника	F_{7t}	F_9	FIN_1	F_{9t}	FIN_{1t}
200302	N	$FIN_9 - 3$	$FIN_{11} - 3$ (5.70)	1MMH2	LLLL2	LLL2	LLLL2	LLL2
200303	Y	$FIN_9 - 2$ (-3.49)	$FIN_{11} - 4$ (-1.42)	вМн	1MMMН2	1MMMН2	1MMMН2	1MMMН2
200304	Y	$FIN_9 - 2$ (0.22)	$FIN_{11} - 4$ (6.31)	1MMMН	1ННННН2	1ННН2	1ННННН2	1ННН2
200305	Y	$FIN_9 - 2$ (-1.18)	$FIN_{11} - 4$ (-10.00)	1MMН	вМв	1ННН2	вМв	1ННН2
...
200401	N	$FIN_9 - 3$	$FIN_{11} - 3$ (5.66)	1ННН2	LLL2	LLL2	LLL2	LLL2
200402	N	$FIN_9 - 3$	$FIN_{11} - 3$ (5.68)	1ННН2	LLL2	LL2	LLL2	LL2
200403	B	$FIN_9 - 2$ (2.80)	-	1ННН	1ННН	1ННН	1ННННН	1ННН
200404	Y	$FIN_9 - 2$ (2.57)	$FIN_{11} - 4$ (0.23)	1ННН	1ННН2	1ННН2	1ННННН2	1ННН2

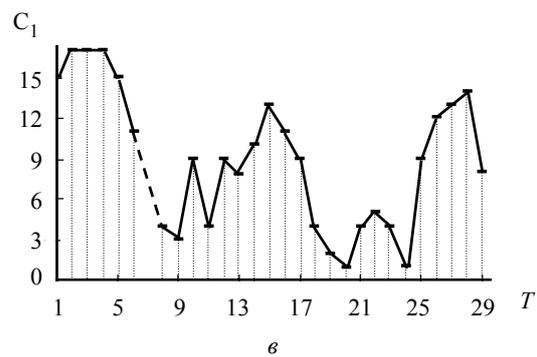
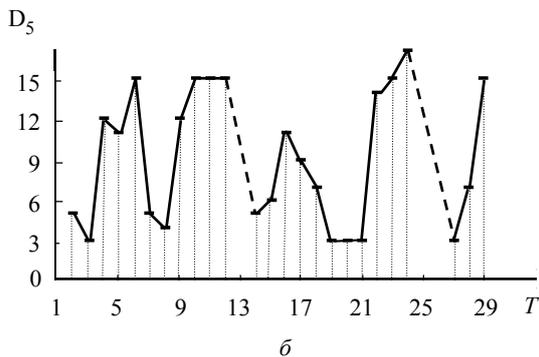
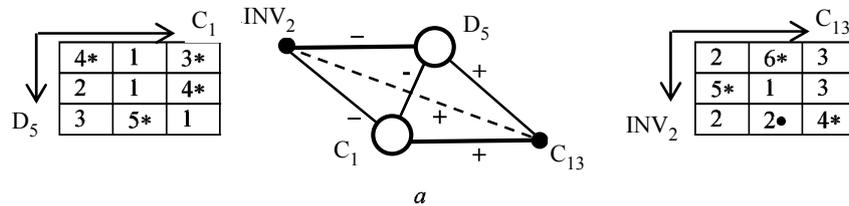


Рис. 5

тип поведения. Таким образом, взаимодействие SWI/ FIN_9 - FIN_{11} корректируется взаимодействием SWI/ FIN_{11} - C_{12} .

Третий тип модели SWI. Дублетная структура модели переключения третьего типа SWI/ C_1 - D_5 включает два псевдосинглета C_1 - D_5 - INV_2 и D_5 - C_1 - C_{13} (рис. 5, а). Дополнительное ребро (C_{13} , INV_2) в этой структуре имеет знак «+», в силу чего образуются четыре несогласованных треугольника. Вершины дублета C_1 и D_5 – псевдоособые, характер парной связи (C_1 , D_5) – немонотонный, что типично для общего бокового ребра модели переключения (таблица сопряженности для (C_1 , D_5), рис. 5, а). Связь (C_{13} , INV_2) – s положительная, слабо выраженная,

что допускает смену знака этой связи (таблица сопряженности для (C_{13} , INV_2), рис. 5, а).

В модели переключения третьего типа псевдоособые вершины наделены способностью к «скачку» – резкому переходу уровней значений показателей из области высоких (низких) величин в область низких (высоких) величин (например, переход показателя D_5 (рис. 5, б)). Именно такое поведение псевдоособых величин отображает модель переключения третьего типа (штриховые линии на рис. 5, б и в обозначают переходы из состояния в состояние при пропуске данных в исходном эмпирическом описании системы). Вершины дополнительного ребра играют роль *параметров системы* локального действия. Уровни значений вершин ребра задают знак связи на этом ребре.

В последовательности состояний системы, сохраняющих знак ребра неизменным, уровни псевдоособых вершин сохраняют свое значение.

Таблица 4

Код состояния системы	Уровни значений величин				Знак ребра (C_{13}, INV_2)
	C_1	D_5	C_{13}	INV_2	
200201	15	–	17	5	«–»
200202	17	5	15	4	«–»
200203	17	3	17	5	«–»
200204	17	12	17	10	«+»
200205	15	11	15	10	«+»
200206	11	15	17	10	«+»
200207	–	5	–	16	–
200208	4	4	3	17	«–»
200209	3	12	15	17	«+»
200210	8	15	8	6	«+»
200211	4	15	6	6	«+»
200212	8	15	8	5	«+»
200301	8	–	5	13	«–»
200302	10	5	10	13	«+»
200303	13	6	14	13	«+»
200304	11	11	10	14	«+»
200305	10	10	10	14	«+»
200306	4	7	14	15	«+»
200307	2	3	10	15	«+»
200308	1	3	1	10	«–»
200309	4	3	5	11	«–»
200310	5	14	1	8	«+»
200311	4	15	1	7	«+»
200312	1	17	3	7	«+»
200401	10	–	3	1	«+»
200402	12	–	3	1	«+»
200403	13	3	6	1	«+»
200404	14	7	5	3	«+»
200405	8	15	12	2	«–»

Смена знака на дополнительном ребре фиксирует ситуацию изменения уровня какой-то одной псевдоособой вершины (табл. 4). Например, при смене состояния «200203» на состояние «200204» знак дополнительного ребра изменяется с «–» на «+». При этом уровень показателя D_5 изменил значение 3 на значение 12 и перешел из области низких значений в область высоких значений. При наличии в описании состояния системы хотя бы одного пропуска значений возникает неопреде-

ленность. Однако если знак ребра установлен, есть основания восстановить пропущенный уровень значения одной из псевдоособых величин. В состояниях «200201», «200202» и «200203» знак ребра сохраняется. В состояниях «200202» и «200203» уровни значений каждой отдельно взятой величины принадлежат одной области значений.

Есть основания полагать, что пропущенное значение уровня показателя D_5 принадлежит области низких значений. Это положение подтверждает восстановленный уровень значения D_5 в реконструкции данного состояния системы. Другой пример, при переходе из состояния «200212» в состояние «200301» знак ребра изменяется с «+» на «–». Уровень значения D_5 не известен. Реконструкция состояния «200301» фиксирует принадлежность уровня D_5 области средних значений, что подтверждает тренд D_5 в область низких значений. Переход от состояния «200301» в состояние «200302» связан с очередной сменой знака ребра, что согласовано со сменой уровня показателя C_1 (из области низких значений в область высоких значений) и принадлежностью уровня D_5 области низких значений.

Правило, связывающее смену знака дополнительного ребра с изменением уровня значений псевдоособых, имеет исключения. Например, для группы состояний «200302»–«200307» знак ребра не изменяется. При этом дважды происходит изменение уровня псевдоособых. Для объяснения этого изменения следует учесть псевдодублет с теми же псевдоособыми вершинами (C_1 и D_5), но с другими вершинами баз (C_{13} и D_3). Рассмотрение совокупного действия группы моделей переключения третьего типа в состояниях с такими исключениями позволяет снять эту проблему.

Смена знака на дополнительном ребре фиксирует скачкообразное изменение уровня значений какой-то одной из двух псевдоособых вершин. Выбор конкретной псевдоособой осуществляют показатели из среды проявления модели (табл. 5).

В состоянии «200203» модель переключения третьего типа имеет форму (N). Показатели области 1 среды проявления когерентны. Показатели области 2 среды проявления согласны с эталоном 2-го участника. В силу этого псевдоособая вершина D_5 скачком меняет уровень, а 1-й участник взаимодействия меняет стереотип поведения, сохраняя уровень значения псевдоособой.

Таблица 5

Код состояния системы	Форма модели SWI	Участники взаимодействия		Показатели области 1		Показатели области 2			
		Эталон 1-го участника	Эталон 2-го участника	URG ₁₅	FIN ₁₁	C ₅	I ₆	FIN ₃	C ₅₉
200203	N	C ₁ -2	D ₅ -4	1LLLLL2	1ННННН2	ННН2	Н2	Н2	ННН2
200204	Y	C ₁ -1	D ₅ -1	LLL2	ННН2	1ННН2	1Н2	1ННН2	1ННН2
200208	Y	C ₁ -3	D ₅ -3	1LLL	1ННН	МН	ННН	ННН	ННН
200212	N	C ₁ -4	D ₅ -2	LL	1LL2	1НН	1Н	1ННН	1НН
200309	Y	C ₁ -3	D ₅ -3	МН2	МММЛ2	1LLL2	1LLLLL2	1LLL2	1МЛ2
200310	N	C ₁ -4	D ₅ -2	1ННН2	1LLL2	LLL2	LLL2	LLLLL2	LLLLL2

Таблица 6

Код состояния системы	Форма моделей	Участники взаимодействия		Показатели области 1		Показатели области 2	
		Эталон 1-го участника	Эталон 2-го участника	1/C ₇ /1	1/INV ₂ /1	2/C ₅ /2	2/C ₆ /2
SIM/C ₄ -INV ₁							
200203	Y	C ₄ -3 (5.16)	INV ₁ -3 (1.65)	L	L	1ННН2	1LLLLL2
200208	Y	C ₄ -2 (-1.03)	INV ₁ -2 (0.96)	1ННН2	1ННННН2	1МН2	нМн
200301	Y	C ₄ -4	INV ₁ -4	1МММЛ2	Н	1LL2	ММММЛ
200309	Y	C ₄ -1 (-1.08)	INV ₁ -1 (-0.43)	МММН	ММН	1LLL2	вМв
200401	Y	C ₄ -4 (1.57)	INV ₁ -4 (0.69)	1LLL2	1LLLLL2	нМн	1ННН2
200404	N	C ₄ -4 (2.96)	INV ₁ -1 (3.08)	1МММЛ2	1LLL2	1L2	1ННН2
SWI/S ₅ -INV ₁							
200203	Y	S ₅ -1 (5.40)	INV ₁ -3 (1.65)	1L	1L	1ННН2	1LLLLL2
200208	N	S ₅ -2	INV ₁ -2 (0.96)	1ННН2	1ННННН2	МН2	вМн
200301	N	S ₅ -4 (-1.98)	INV ₁ -4	1МММЛ2	Н	LL2	1ММММЛ
200309	Y	S ₅ -3	INV ₁ -1 (-0.43)	1МММН	1ММН	1LLL2	вМв
200401	N	S ₅ -4 (-2.72)	INV ₁ -4 (0.69)	1LLL2	1LLLLL2	вМн	ННН2
200404	Y	S ₅ -3 (1.66)	INV ₁ -1 (3.08)	МММЛ2	LLL2	1L2	1ННН2
SWI/C ₄ -URG ₁₅							
200203	Y	C ₄ -3 (5.16)	URG ₁₅ -3 (5.24)	L2	L2	1ННН2	1LLLLL2
200208	N	C ₄ -2 (-1.03)	URG ₁₅ -4 (-3.93)	1ННН2	1ННННН2	1МН	нМв
200301	N	C ₄ -4	URG ₁₅ -2	1МММЛ2	Н	1LL	ММММЛ2
200309	Y	C ₄ -1 (-1.08)	URG ₁₅ -1 (0.52)	МММН2	ММН2	1LLL2	вМв
200401	N	C ₄ -4 (1.57)	URG ₁₅ -2 (-2.03)	1LLL2	1LLLLL2	нМв	1ННН
200404	N	C ₄ -4 (2.96)	URG ₁₅ -2 (-2.59)	1МММЛ2	1LLL2	1L	1ННН

В состоянии «200309» модель переключения третьего типа имеет форму (Y). Показатели области 2 среды проявления когерентны. Показатели области 1 среды проявления согласованы с эталоном 2-го участника. Показатель D₅ «скачком» переходит из области низких в область высоких значений, а 1-й участник меняет стереотип поведения и сохраняет уровень значения.

Вершины дополнительного ребра в псевдодублетах могут играть роль параметров системы глобального действия. Эти вершины могут войти в среду проявления какой-либо модели вза-

имодействия для двух локальностей системы, но в каких-то состояниях системы уровни их значений не подчиняются эталонам участников взаимодействия. В таких моделях эти вершины проявляют себя как управляющие параметры в случае, если изменение их уровней значений по каким-то причинам приводит к эффекту, выражающемуся в изменении формы модели взаимодействия. Пример проявления параметров глобального действия для трех фрагментов моделей двухчастичных взаимодействий и шести состояний системы приведен в табл. 6.

Фрагмент модели взаимодействия по подобию SIM/C₄-INV₁ явно указывает на наличие и роль таких показателей. В модели подобия все показатели среды проявления должны быть когерентны. В качестве параметров выступают показатели C₇ и INV₂. В табл. 6 приведены два состояния системы («200203» и «200309»), в которых эти показатели не когерентны (не отвечают эталонам участников взаимодействия), и два состояния («200208» и «200401»), в которых эти показатели когерентны. В состояниях когерентности показателей C₇ и INV₂ все показатели модели подобия также когерентны. В этих же состояниях данные показатели когерентны и для моделей SWI. При этом показатели из области 2 среды проявления моделей SWI не когерентны, что характерно для формы (N) моделей такого типа. В состояниях некогерентности показателей C₇ и INV₂ в модели SIM показатели из области 2 всех моделей из таблицы когерентны. В моделях SWI показатели C₇ и INV₂ принадлежат области 1, которая в случае формы (Y) служит областью выбора модели переключения. Переход из формы (Y) в форму (N) моделей SWI происходит в состояниях «200208» и «200401».

Модели SIM служат для индикации проявления действия показателей, способных играть роль глобальных параметров системы. Эффект их вли-

яния обнаруживают модели SWI. В формах (Y) и (N) таких моделей они нарушают правило перекрестной симметрии при выборе участника взаимодействия. Нарушение правила состоит в том, что параметры выбирают участника, сохраняющего уровень значения особой вершины, а не участника, изменяющего «скачком» уровень.

Модель переключения в трехчастичном взаимодействии. На рис. 6 приведена модель ADD с особой вершиной FIN₉, полученная на дублете SWI/S₅-INV₁ [1], [10]. Базой синглета третьего участника модели служит дополнительное ребро (F₁₀, URG_{15t}) дублета. Это ребро имеет хорошо выраженную положительную связь (таблица сопряженности на рис. 6).

Каждое ребро модели помечено знаком статистической связи (положительная связь «+»; отрицательная связь «-»). Механизм блокировки третьего участника взаимодействия через модель ADD иллюстрирует табл. 7. В ней для отдельных актуальных состояний системы приведены: формы дублета SWI; эталонные формы всех участников взаимодействия; уровни значений вершин синглета третьего участника модели ADD. Дублет SWI/S₅-INV₁ актуализируется во всех формах (Y), (B), (N), возможных для модели SWI.

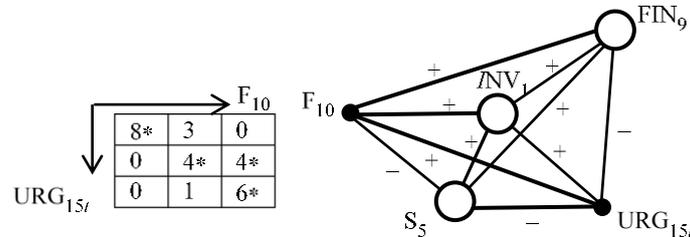


Рис. 6

Таблица 7

Код состояния системы	Форма модели SWI	Участники взаимодействия			Показатели области 1	Показатели области 2	
		Эталон 1-го участника	Эталон 2-го участника	Эталон 3-го участника		1/FIN ₉ /1	2/F ₁₀ /2
200206	Y	S ₅ -1 (2.71)	INV ₁ -3 (3.59)	FIN ₉ -1 (7.48)	HHH2	1LL2	1LLL2
200207	B	-	INV ₁ -2 (2.82)	FIN ₉ -1 (-0.54)	1HH2	LLL2	LLLLL2
200302	N	S ₅ -4 (-1.46)	INV ₁ -4 (-4.55)	-	1LLL2	1L	MMMHH2
200304	Y	S ₅ -3 (-0.35)	INV ₁ -1 (-4.08)	FIN ₉ -2 (0.22)	1HHH	1HHH2	1HHH2
200308	B	S ₅ -2 (0.28)	-	FIN ₉ -3	1MMML	1MH	1H
200309	Y	S ₅ -3	INV ₁ -1 (-0.43)	FIN ₉ -2 (-4.74)	1MMMHH	1HHH2	1MH2
200312	Y	S ₅ -3 (1.64)	INV ₁ -1 (3.43)	FIN ₉ -3 (2.93)	LLL2	1MMH2	1HHH2
200404	Y	S ₅ -3 (1.66)	INV ₁ -1 (3.08)	FIN ₉ -2 (2.57)	1MMH	1HHH2	1HHHHH2

Уровни значений показателей дополнительного ребра отвечают знаку статистической связи («+») во всех актуальных состояниях, кроме состояния «200302», в котором уровни величин F_{10} и URG_{15} принадлежат разным областям (области низких (L) и области высоких (H) значений соответственно). Именно в этом состоянии блокируется третий участник взаимодействия. В остальных состояниях системы этот участник верифицируется.

Теория двухчастичных внутрисистемных взаимодействий собственных качеств открытых систем по модели «Переключение», возникающих в условиях неравновесных ограничений и метастабильности, опубликована в [1]. Эмпирическая актуализация теории взаимодействия по переключению проведена в рамках проекта «Социальная напряженность в округах и регионах России» на реальных данных за период с января 2002 по май 2004 гг. [2]–[4]. Результаты актуализации представлены на примере социальной системы региона РФ «Санкт-Петербург». Систему этого региона характеризуют 38 моделей собственных качеств, 76 моделей эталонов поведения собственных качеств и 152 модели эталонов состояния собственных качеств. Взаимодействия по переключению в данной системе представляют 23 модели SWI первого типа, 2 модели SWI второго типа, 32 модели SWI третьего типа. Для сравнения, взаимодействия по подобию в этой же самой системе представляют 38 моделей SIM первого типа, 22 модели SIM второго типа (без дополнительного ребра), 89 моделей SIM третьего типа (псевдоподобия) [13], [14]. В целом для региона взаимодействия по переключению описывают 57 моделей, взаимодействия по подобию – 149 моделей.

Каждый тип взаимодействия по модели «Переключение» проявляется в разных формах, теоретически обоснованных в [1]. Каждая форма определяет конкретное состояние, в котором уровни значений всех вершин модели определены знаковой разметкой ее ребер и значениями атрибутов ее синглетов-участников.

Согласно этой теории, для взаимодействия по модели переключения первого типа характерны:

- слитность синглетов-участников модели (для формы (Y) – предельно полная слитность, для формы (N) – неполная слитность);

- изменение «скачком» уровня High на Low (или Low на High) значения особой вершины ка-

кого-то одного участника модели, выбранного самой системой, при сохранении уровня значения другого участника;

- зеркально симметричное изменение значений атрибутов общей ориентации участников (Left на Right, Right на Left);

- режим перестройки (для формы (B)), в котором не реализуется никакой механизм переключения и сохраняется «память» о состояниях синглетов-участников.

Эмпирическая актуализация взаимодействий по модели первого типа подтвердила эти теоретические положения. Результаты актуализации проиллюстрированы примером полного анализа модели $SWI/C_{13}-D_{11}$, проявившейся в формах (Y), (N) и (B) соответственно в 12, 8, и 8 состояниях социальной системы региона (см. табл. 1).

Модель переключения второго типа не имеет дополнительного ребра, вершины баз синглетов-участников могут не лежать в одном общем факторе, взаимная изменчивость вершин моделью не регулируется. Согласно теории [1], порядок изменчивости при взаимодействии по этой модели определяют условия «соприкосновения» синглетов. В социальной системе региона все взаимодействия по модели второго типа эмпирически актуализированы:

- модель SWI/F_1-FIN_3 не имеет среды проявления, порядок изменчивости актуальных значений атрибутов скрыт;

- модель SWI/FIN_9-FIN_{11} имеет среду проявления, модель актуализирована в формах (Y), (N) и (B); порядок изменчивости актуальных значений атрибутов, предопределенный теорией этой модели, корректируется моделью переключения первого типа $SWI/FIN_{11}-C_{12}$, играющей доминирующую роль в рассматриваемых состояниях системы.

Теория внутрисистемного взаимодействия по модели «Переключение» третьего типа утверждает [1]:

- дополнительное ребро связывает вершины псевдобаз, которые играют роль локальных (глобальных) параметров системы, наделенных особой смысловой активностью;

- совместная изменчивость псевдобаз модели детерминирует уровни значений ее псевдоособых вершин; среда проявления модели формирует механизм детерминации и реализует его по схеме модели первого типа;

– главный механизм модели переключения первого и третьего типов – переход от формы (Y) к форме (N) (и обратно), сопровождающийся сохранением (ослаблением) свойства слитности участников; условия перехода в модели первого типа определяют глобальные механизмы системы; условия перехода в модели третьего типа задают глобальные механизмы системы и параметры локального действия (вершины псевдобаз).

– при сохранении знака дополнительного ребра уровни псевдоособых вершин не изменяются.

Перечисленные положения теории внутрисистемного взаимодействия по модели «Переключение» третьего типа эмпирически актуализированы в социальной системе региона. Результаты актуализации проиллюстрированы примерами анализа взаимодействия по этой модели:

– правило, связывающее смену знака на дополнительном ребре со «скачком» уровня значения одной из двух псевдоособых вершин, подтверждено актуальным поведением модели SWI/C₁–D₅ (см. табл. 4); отклонения от этого правила объяснены фактами совместного действия моделей переключения третьего типа (см. табл. 4);

– правило, связывающее выбор псевдоособой (C₁ или D₅), изменяющей «скачком» уровень своего значения, с «когерентностью величин» в областях проявления модели SWI/C₁–D₅, подтверждено актуальным поведением этой модели (см. табл. 5);

– правило действия показателей, способных играть роль глобальных параметров системы, актуализировано в социальной системе региона и проиллюстрировано примерами анализа шести состояний системы для моделей SIM/C₄–INV₁, SWI/S₅–INV₁, SWI/C₄–URG₁₅ (см. табл. 6).

Согласно теории [1], взаимодействие по модели переключения первого типа при условии сильной связи на дополнительном ребре и вхождения особой вершины третьего участника в среду проявления модели переходит в трехчастичное взаимодействие по модели «Присоединение» (ADDitioN–ADD). Такое трехчастичное взаимодействие по переключению актуализировано в социальной системе региона, исследовано и проиллюстрировано на примере всех состояний системы для модели ADD с особой вершиной FIN₉, полученной на базе дублета SWI/S₅–INV₁ с дополнительным ребром F₁₀–URG_{15t} (см. табл. 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «Переключение» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 6. С. 61–71.

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) / ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН. М., 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 // Научно-технические 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. L., Fomin B. F. Cognition of ontology of Open Systems // Procedia Computer Science J. Elsevier B. V., 2017. Vol. 103. P. 339–346.

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.

7. 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-Conf. «WMSCI 2010», Orlando, Florida, USA, June 29th–July 2nd, 2010. P. 244–249.

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. Реконструктивный анализ сложных систем по эмпирическим данным. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1997 (Препринт № 1).

10. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Симметрии, взаимодействия в локальностях, компоненты поведения сложных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1998 (Препринт № 2).

11. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.

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

13. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «Подобия» (Теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 7. С. 70–79.

14. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «Подобия» (Актуализация) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 8. С. 18–31.

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

INTRA-SYSTEM INTERACTIONS BASED ON THE MODEL «SWITCHING» (ACTUALIZATION)

Intra-system two-particle interactions between the system's own qualities according to the switching model occur under conditions of non-equilibrium constraints and metastability. The types and forms of interactions corresponding to the complete switching model are considered. These are: interaction when the model participants are extremely complete and incomplete; interaction when a single participant is blocked and a one-part interaction is implemented; three-part interaction according to the joining model; interaction that forms a consistent variability of all model values based on global (local) mechanisms that are directly controlled by the parameters of the pseudo-switching model. The main mechanism of interaction on switching is described, which explains the change in the «jump» level of the value of a special vertex of one participant while maintaining the level of the value of another participant. It is shown that the difference between the main types of switching interaction is insignificant in cases of blocking one of the model participants and the associated decay of the two-particle interaction.

Open systems, physics of open systems, intrinsic qualities of systems, models of two-particle interactions, switching interaction, types and forms of switching interaction

УДК 004+37.04

И. С. Никифоров
Компания «Би.Си.Си» (Санкт-Петербург)

П. И. Падерно
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Выбор обучающих технологий с учетом расхода ресурсов и личностных особенностей обучаемых

Рассмотрен комплекс вопросов, связанных со сравнением и выбором обучающих технологий, направленных на совершенствование некоторой характеристики. Проведен анализ возможных случаев зависимости расходов ресурса от времени обучения, числа обучающихся и др. Предложен критерий сравнительной оценки технологий, связывающий расход ресурса с интенсивностью изменения значений характеристики при использовании конкретной обучающей технологии. Рассмотрены два типа задач выбора технологий обучения для случаев, когда задано значение характеристики, которое должно быть достигнуто без ограничений по времени и с ограничениями по времени. Проведено решение задач выбора обучающих технологий для этих типов задач, с целью минимального расхода ресурса для экспоненциального или гиперболического (общего вида) закона изменения характеристики. Получен комплекс соотношений (аналитических зависимостей), позволяющих выбрать оптимальные технологии как для одной технологии, так и для двух последовательно выполняемых технологий. Проведенный комплекс исследований и разработанная методика (подход) являются методической основой для решения широкого класса задач оптимизации процесса обучения. Приведенные аналитические зависимости могут быть положены в основу разработки комплекса программно-информационных средств, реализующих информационную и процедурную поддержку выбора образовательных технологий, обеспечивающих минимальный расход ресурса при решении задач совершенствования характеристики в конкретных условиях (ограничениях). При этом процесс поиска оптимальных обучающих технологий может быть достаточно просто алгоритмизирован. Полученные результаты являются важным шагом в разработке системы интеллектуальной поддержки решения оптимальных задач, связанных с выбором необходимых технологий обучения, в зависимости от индивидуальных особенностей обучаемого и сформулированных задач обучения.

Обучающие технологии, интенсивности, ресурсы, критерии, задачи, ограничения, аналитические выражения, оптимальный выбор

В настоящее время в связи с цифровизацией практически всех областей экономики и ее про- никовением в социальные сферы [1] встает вопрос о поддержке управления траекторией специ-