



# Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2015

ТРУДЫ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ



Нижний Новгород  
2015



Российская академия наук  
Институт прикладной физики РАН  
Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований  
Российская ассоциация нейроинформатики  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Национальный исследовательский университет ВШЭ  
Сургутский государственный университет ХМАО-Югры  
Нижегородская государственная медицинская академия  
ЗАО «Нижегородское агентство наукоемких технологий»

# **НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ – 2015**

**ТРУДЫ  
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Нижегород  
ИПФ РАН  
2015

## Программный комитет конференции

### *Председатель:*

**Анохин Константин Владимирович** (НИЦ «Курчатовский институт», ИНФ им. П.К. Анохина, Москва)

### *Заместители председателя:*

**Александров Юрий Иосифович** (Институт психологии РАН, Москва)

**Сергеев Александр Михайлович** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Черниговская Татьяна Владимировна** (СПГУ, Санкт-Петербург, НИЦ «Курчатовский институт», Москва)

### *Члены программного комитета:*

**Антонец Владимир Александрович** (ННГУ, ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Величковский Борис Митрофанович** (НИЦ «Курчатовский институт», Москва)

**Гурбатов Сергей Николаевич** (ННГУ, Н. Новгород)

**Григорьева Вера Наумовна** (НГМА, Н. Новгород)

**Дорожкин Александр Михайлович** (ННГУ, Н. Новгород)

**Дунин-Барковский Виталий Львович** (ЦОНТ НИИСИ РАН, Москва)

**Жданов Александр Аркадьевич** (ИТМиВТ РАН, Москва)

**Еськов Валерий Матвеевич** (СурГУ ХМАО-Югры, Сургут)

**Иваницкий Алексей Михайлович** (ИВНДиНФ РАН, Москва)

**Казанцев Виктор Борисович** (ННГУ, Н. Новгород)

**Кибрик Андрей Александрович** (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва)

**Крылов Андрей Константинович** (Институт психологии РАН, Москва)

**Подладчиков Любовь Николаевна** (НИИ НК ЮФУ, Ростов-на-Дону)

**Полевая Софья Александровна** (ННГУ, НГМА, Н. Новгород)

**Парин Сергей Борисович** (ННГУ, Н. Новгород)

**Ратушняк Александр Савельевич** (КТИ ВТ СО РАН, Новосибирск)

**Редько Владимир Георгиевич** (ЦОНТ НИИСИ РАН, Москва)

**Станкевич Лев Александрович** (СПИИ РАН, Санкт-Петербург)

**Самарин Анатолий Иванович** (НИИ НК ЮФУ, Ростов-на-Дону)

**Филатова Ольга Евгеньевна** (СурГУ ХМАО-Югры, Сургут)

**Чернавский Дмитрий Сергеевич** (ФИ РАН, Москва)

**Чернавская Ольга Дмитриевна** (ФИ РАН, Москва)

**Шахов Борис Евгеньевич** (НГМА, Н. Новгород)

**Щербаков Виталий Иванович** (НГПУ им. К. Минина, Н. Новгород)

**Яхно Владимир Григорьевич** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

## *Оргкомитет конференции*

**Сергеев Александр Михайлович** (ИПФ РАН, Н. Новгород) – *председатель*

**Яхно Владимир Григорьевич** (ИПФ РАН, Н. Новгород) – *зам. председателя*

**Парин Сергей Борисович** (ННГУ, Н. Новгород) – *зам. председателя*

**Нуйдель Ирина Владимировна** (ИПФ РАН, Н. Новгород) – *ученый секретарь*

**Антонец Владимир Александрович** (ННГУ, ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Беллюстин Николай Сергеевич** (НИРФИ, Н. Новгород)

**Баевский Юрий Евгеньевич** (НИУ ВШЭ, Н. Новгород)

**Воловик Михаил Григорьевич** (НижНИИТиО Минздравсоцразвития, Н. Новгород)

**Казанцев Виктор Борисович** (ННГУ, Н. Новгород)

**Ковальчук Андрей Викторович** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Полевая Софья Александровна** (ННГУ, НГМА, Н. Новгород)

**Соколов Максим Евгеньевич** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Тельных Александр Александрович** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

**Шемагина Ольга Владимировна** (ИПФ РАН, Н. Новгород)

### Редакционная коллегия:

*В.А. Антонец, Н.Н. Кралина, И.В. Нуйдель, С.Б. Парин, С.А. Полевая, А.М. Сергеев, В.Г. Яхно*

Конференция организована при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований  
(грант № 15-02-20274, договор № Ор 15-02-20274\15 от 08.04.2015)

Электронный адрес оргкомитета: [nuidel@appl.sci-nnov.ru](mailto:nuidel@appl.sci-nnov.ru)  
Веб-сайт конференции: <http://www.nd-cogsci.iapras.ru/2015/>

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i> .....	6
<i>Аверкина Л.А.</i> Дискурс как социальная деятельность .....	9
<i>Александров И.О., Максимова Н.Е.</i> Оценка согласованности гетерохронных процессов дифференциации различных составляющих структуры знания .....	12
<i>Алексеев А.К.</i> О ценной информации в задачах усвоения данных наблюдений .....	16
<i>Антонец В.А., Яхно В.Г.</i> Методологические проблемы интеграции гуманитарных и естественно-научных подходов в изучении процессов мышления .....	19
<i>Антонец В.А., Алешин К.Н., Харитонов А.А., Чевачин А.А.</i> Фонетика речи: акустико-моторная динамическая система? .....	23
<i>Бахчина А.В., Серова М.С., Синеокова Т.Н., Буланов Н.А., Полевая С.А.</i> Билингвальный тест Струпа как способ отображения лингвистических функций мозга .....	27
<i>Бахчина А.В., Демарева В.А., Синеокова Т.Н.</i> Поиск вегетативных коррелятов лингвистических характеристик устной речи на материале диалогов на иностранном языке студентов языкового вуза .....	30
<i>Бахшиев А.В., Смольников Б.А., Леонтьев В.А., Гунделах Ф.В., Мусиенко П.Е.</i> Разработка и моделирование внешней системы поддержания динамической устойчивости человека с нарушением функции поддержания равновесия .....	33
<i>Беллюстин Н.С., Савельев В.Ю., Сизов Ю.А.</i> О закономерностях эволюционной динамики систем, формирующих когнитивные элементы .....	37
<i>Белоусов К.И.</i> Когнитивное моделирование исследовательской деятельности научных коллективов .....	39
<i>Берестин Д.К., Шакирова Л.С., Романчук А.Л., Козлов А.С., Черников Н.А.</i> Квазиаттракторы морфометрических параметров организма человека как пример эволюции complexity .....	41
<i>Бронфельд Г.Б.</i> Сохранение, передача и использование знаний на основе технологии «прямого наложения знаний» .....	45
<i>Великова С.</i> Оптимизация когнитивной нейротерапии при помощи электроэнцефалографии .....	48
<i>Витяев Е.Е.</i> Обнаружение «естественных» понятий .....	51
<i>Вохмина Ю.В., Еськов В.В., Горбунов Д.В., Шадрин Г.А.</i> Хаотическая динамика параметров электроэнцефалограмм .....	55
<i>Гай В.Е., Утробин В.А.</i> Информационная модель слухового восприятия .....	58
<i>Голубев А.М., Дорошева Е.А.</i> Модификация метода мотивационных индукторов Ж. Ньютона .....	61
<i>Громов К.Н., Радченко Г.С., Федотчев А.И., Корсакова-Крейн М.Н.</i> ЭЭГ корреляты ступени переориентации тональной схемы в контролируемых музыкальных стимулах и фрагментах классических произведений .....	64
<i>Грубов В.В., Храмов А.Е., Короновский А.А., Ситникова Е.Ю.</i> Перемежаемость в поведении таламо-кортикальных осцилляторных паттернов на ЭЭГ крыс с предрасположенностью к абсанс-эпилепсии .....	68
<i>Дегтерев А.А., Бурцев М.С.</i> Исследование динамики развития спонтанной пачечной активности модели сети нейронов с долговременной синаптической пластичностью .....	71
<i>Дмитриева Л.А., Зорина Д.А., Куперин Ю.А., Мuryшкина А.И., Сметанин Н.М.</i> Развитие и применение методов мультифрактального анализа для исследования ЭЭГ в состоянии фона и медитации .....	75
<i>Дмитриева Л.А., Зорина Д.А., Куперин Ю.А., Чепилко С.С.</i> Изучение EMD-разложений сигналов ЭЭГ методом локальных показателей разбегания на реконструированных аттракторах .....	78
<i>Дорожкин А.М.</i> О проблемах, возникающих при попытках интеграции гуманитарных и естественно-научных подходов к изучению когнитивных процессов .....	81
<i>Драницына А.А.</i> О необходимости разработки гипотезы о квантово-механической модели процесса работы полимераз и рибосом при синтезе биополимеров ДНК/РНК и белков .....	83
<i>Евтушенко А.И.</i> Асимптотическое упорядочивание поведения слабосвязанной системы автономных агентов на основе модели зеркальных нейронов .....	86
<i>Еськов В.В., Семерез О.Б., Блинов А.В., Эльман К.А.</i> Использование нейроэмуляторов в разрешении неопределенности 1-го типа при анализе кардиоинтервалов .....	91
<i>Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И.</i> Параметры квазиаттракторов при анализе нелинейных процессов в генерации биопотенциалов .....	95

<i>Еськов В.М., Даянова Д.Д., Вохмина Ю.В., Пахомов А.А.</i> Влияние вариаций параметров нейросети на стохастическую устойчивость тремора .....	98
<i>Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Еськов В.В.</i> Хаотическая динамика параметров гомеостаза – особый тип нелинейных систем .....	101
<i>Запара Т.А., Проскура А.Л., Вечкапова С.О., Ратушняк А.С.</i> Нейронные сети и молекулярные системы, контролирующие эффективность межнейронных связей.....	105
<i>Зорина З.А., Смирнова А.А., Обозова Т.А.</i> Сравнительный анализ высших когнитивных способностей птиц: эксперименты в лаборатории и в природе .....	108
<i>Иваницкий Г.А.</i> Информативная ЭЭГ .....	112
<i>Казиминова Е.Д.</i> Подбарьерный переход в аппарате мышления .....	115
<i>Калинина С.Я., Антонец В.А., Григорьева В.Н.</i> Результаты выполнения мануальных тестов на программно-аппаратном комплексе «Hand-tracker» .....	117
<i>Комарова М.В., Комольцев И.Г., Тишкина А.О.</i> Применение многомасштабного корреляционного анализа к обработке электрических сигналов с поверхности мозга животных при исследовании посттравматической эпилепсии .....	119
<i>Королева М.Е., Бахчина А.В., Хоборов С.В., Парин С.Б., Полевая С.А.</i> Вегетативное обеспечение процесса социального взаимодействия в ситуации монолога и диалога .....	123
<i>Корсакова-Крейн М.Н.</i> «Овеществленное» сознание и восприятие музыки .....	125
<i>Крылов А.К.</i> Моделирование динамики научения при формировании и реорганизации навыка.....	129
<i>Левенец Я.В., Пантелева С.Н., Резникова Ж.И., Рябко Б.Я.</i> Применение нового метода, основанного на колмогоровской сложности, к анализу биологических «текстов» на примере охотничьих стереотипов мелких млекопитающих .....	132
<i>Лобов С.А., Дудник А.В., Виллакорта-Атиенза Х., Макаров В.А.</i> Управление верхней конечностью робота с помощью когнитивной модели, основанной на компактном внутреннем представлении.....	136
<i>Лосик Г.В., Килин С.Я., Кульчицкий В.А.</i> Векторный принцип кодирования в мозге образной информации .....	137
<i>Макаренко Н.Г.</i> Обучение гомологиям из облака точек .....	141
<i>Макаров В.А.</i> Компактное внутреннее представление когнитивных процессов .....	143
<i>Максимова Н.Е., Александров И.О., Турубар Д.С.</i> Топологические свойства семантической сети, представляющей структуру знания: неоднородность и безмасштабность .....	144
<i>Малафеев А.Ю., Дружков К.А.</i> На пути к автоматическому определению интолерантности высказываний в политическом дискурсе и СМИ.....	147
<i>Непомнящих В.А., Осипова Е.А., Панкова Н.А.</i> Спонтанная организация исследовательского поведения рыб.....	149
<i>Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Добрин А.В.</i> Нелинейные методы анализа кардиограммы ребенка, записанной в нейтральном и эмоциональном состояниях .....	152
<i>Никонов Ю.В.</i> О моделировании многослойных сетей коннектома – когнитивной на примере этанол-зависимой функциональной системы.....	155
<i>Нуйдель И.В., Соколов М.Е.</i> Исследование механизмов переходных процессов от режимов нормальной обработки сигналов к режимам эпилептиформной активности.....	159
<i>Павловская М.А., Айдаркин Е.К.</i> Вызванная ритмическая активность мозга человека в условиях сенсорной маскировки .....	163
<i>Парин С.Б.</i> Трехкомпонентная теория механизмов стресса .....	166
<i>Парина И.С.</i> Фразеологизмы: теоретические представления vs. корпусные исследования .....	170
<i>Петухов А.Ю., Полевая С.А.</i> Моделирование динамики информационных образов в социуме методом коммуникативного поля .....	173
<i>Подладчиков Л.Н., Колтунова Т.И., Шапошников Д.Г., Ломакина О.В.</i> Индивидуальные особенности траекторий осмотра эмоционально значимых изображений.....	177
<i>Полевая С.А., Парин С.Б., Некрасова М.М., Елисеев М.Е., Крупа В.В., Шишалов И.С., Еремин Е.В.</i> Картирование острого стресса и стрессогенных событий у водителей в контексте обучения и профессиональной деятельности .....	179
<i>Продиус П.А., Нужица Н.С., Мухина И.В.</i> Нейрофизиологические особенности категоризации конкретных и абстрактных слов с негативным и нейтральным праймом .....	183
<i>Пряхин В.Ф.</i> О мировоззренческих аспектах исследований в области искусственного интеллекта.....	185

<i>Ратушняк А.С., Проскура А.Л., Запара Т.А.</i> Анализ молекулярной структурно-функциональной архитектуры нейрона как базового элемента когнитивных систем .....	187
<i>Рахилина Е.В.</i> Лингвистический эксперимент: in vivo vs. in vitro .....	190
<i>Редько В.Г., Непомнящих В.А., Осипова Е.А., Шарипова Т.А., Бесхлебнова Г.А.</i> Моделирование когнитивных способностей рыб, осваивающих лабиринты .....	191
<i>Редько В.Г.</i> Моделирование когнитивной эволюции – перспективное направление междисциплинарных исследований.....	195
<i>Романова Т.В.</i> Моделирование языкового сознания на основе данных когнитивного эксперимента.....	198
<i>Руннова А.Е., Грубов В.В., Храмов А.Е., Короновский А.А., Куровская М.К.</i> Экспериментальное исследование и моделирование восприятия бистабильных объектов .....	201
<i>Савченко А.В., Милов В.Р.</i> Последовательный иерархический подход в задаче классификации аудиовизуальной информации.....	203
<i>Савченко Л.В.</i> О применении нечетких решений для повышения точности распознавания изолированных слов русского языка.....	207
<i>Савчук Л.В., Полевая С.А., Федотчев А.И., Циркова М.М.</i> Психофизиологические маркеры синдрома дефицита внимания с гиперактивностью у школьников младшего школьного возраста.....	211
<i>Сварник О.Е.</i> Латентные изменения состояния системы памяти о навыке .....	213
<i>Ситникова Е.Ю., Грубов В.В., Короновский А.А., Храмов А.Е.</i> Ритмы головного мозга: абсанс-эпилепсия и сонные веретена.....	216
<i>Созинов А.А., Гринченко Ю.В., Казымаев С.А., Александров Ю.И.</i> Показатели стабильности и динамики мозгового обеспечения нового поведения.....	220
<i>Соколов И.С.</i> Кластерный анализ спонтанной активности нейрональных культур <i>in vitro</i> .....	223
<i>Соколова Е.С., Тельных А.А., Беллюстин Н.С.</i> Исследование динамики конвективных ячеек в атмосфере Земли по независимым критериям анализа радиолокационного изображения.....	225
<i>Твердислов В.А.</i> Хиральный дуализм как системный фактор иерархического структурообразования в биологических системах .....	227
<i>Уфимцева Н.В.</i> Ассоциативная база данных как модель обыденного языкового сознания .....	228
<i>Федотчев А.И., Бондарь А.Т.</i> Механизмы генерации электрической активности мозга, нелинейные взаимодействия ЭЭГ ритмов и регуляция состояний ЦНС.....	230
<i>Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Григоренко В.В., Сидоренко Д.А.</i> Теория функциональных систем П.К. Анохина с позиций нелинейной динамики и теории самоорганизующегося хаоса .....	234
<i>Филатов М.А., Поскина Т.Ю., Сидоренко Д.А., Стрельцова Т.В.</i> Моделирование динамики параметров памяти человека в норме и при патологии.....	238
<i>Фортунатов А.Н., Фортунатов Н.М.</i> Искусство как сверхсложная система .....	241
<i>Фортунатова В.А.</i> Концентрированные модели как ресурс реновации гуманитарного знания в современных условиях .....	244
<i>Хапов И.В., Комольцев И.Г., Габова А.В., Кузнецова Г.Д.</i> Анализ частотно-временной динамики эпилептических разрядов разного типа с помощью модифицированного преобразования вейвлет .....	248
<i>Цукерман В.Д., Кулаков С.В., Золотухин В.В.</i> Реляционная эпизодическая память в логдинамическом мозге.....	251
<i>Чеберева О.Н.</i> Архитектура как информация .....	255
<i>Чернавская О.Д., Чернавский Д.С., Никитин А.П., Щепетов Д.С.</i> Естественно-конструктивистский подход к моделированию мышления: интерпретация эмоций в искусственной когнитивной системе.....	259
<i>Чернавский Д.С., Чернавская О.Д., Карп В.П., Никитин А.П.</i> Естественно-конструктивистский подход к моделированию мышления: сопоставление с другими подходами и экспериментом .....	263
<i>Черниговская Т.В., Прокопья В.К.</i> Интерпретация контекста как характеристика нелинейности структуры ментальной грамматики: экспериментальное исследование референции .....	266
<i>Эйнгорин М.Я.</i> К математическим основам памяти живых систем.....	269
<i>Яхно В.Г.</i> Взгляд на теорию управления живыми системами.....	271
Авторский указатель .....	275

# Оценка согласованности гетерохронных процессов дифференциации различных составляющих структуры знания

И.О. Александров, Н.Е. Максимова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт психологии РАН (Москва)

Структура знания (СЗ) в определенной предметной области фиксирует все множество информационных моделей взаимодействия носителя компетенции с данной предметной областью. Информационные модели взаимодействий фиксируются как компоненты СЗ, представленные группами нейронов, специализированных относительно конкретного акта поведения, реализующего цикл взаимодействия [1]. Компоненты СЗ находятся друг с другом в отношениях различного типа, которые определяют порядок их актуализации, связывают их в устойчиво воспроизводящиеся последовательности, обеспечивают повторные актуализации компонентов, определяют постоянную совместную актуализацию компонентов или запрещают ее. Отношения компонентов СЗ реализуются как взаимодействия между ними, фиксируются как информационные модели в суборганизации компонентов и поэтому могут воспроизводиться и обеспечивать закономерную динамику состава наборов актуализированных компонентов СЗ при решении конкретных задач в предметной области индивидом, носителем компетенции [2].

В исследованиях СЗ, фиксирующей компетенцию в стратегической антагонистической игре двух партнеров с полной информацией и нулевой суммой, а также структуры опыта у животных, обучавшихся сложному пищедобывательному поведению, установлено, что в формировании структуры особую роль играют процессы дифференциации трех типов [3].

Предковая форма для формирования СЗ как целостной организации, компоненты которой фиксируют множество информационных моделей взаимодействия индивида как члена диады с предметной областью, это популяция преспециализированных нейронов, продуктов неонейрогенеза, сопоставимых с нейронами первичного ассортимента [1, 4, 7]. Дифференциация-I – процесс порождения протокомпонентов из популяции преспециализированных нейронов, инициирующийся при вхождении в новую предметную область. Компоненты СЗ, представленные группами специализированных нейронов, образуются как продукт дифференциации-II, из протокомпонентов. Группа нейронов, имеющих общую специализацию относительно определенного цикла взаимодействия с предметной областью, носитель информационной модели этого взаимодействия, проходит дифференциацию-III – процесс образования суборганизации компонента СЗ. Продукт дифференциации этого типа – формирование у различных подгрупп нейронов, образующих компонент СЗ, дополнительных специализаций, которые фиксируют особый род информационных мо-

делей, обеспечивающих взаимодействия между компонентами. В многочисленных дифференциациях третьего типа формируется сложная суборганизация компонента, содержащая множество моделей, обеспечивающих его многообразные взаимодействия с другими компонентами.

Порождение СЗ в процессах трех типов дифференциации не может быть описано как последовательность этапов. Можно предположить, что это эволюционный гетерохронный процесс системогенеза, в котором ветвящиеся траектории формирования протокомпонентов, компонентов СЗ и суборганизации компонентов должны быть согласованы как для дифференциаций одного и того же типа, так и для дифференциаций различных типов, как на кратких интервалах времени, так и на всем протяжении формирования компетенции. Для проверки этого предположения необходимо (1) определить порядок прохождения компонентами СЗ различных вариантов дифференциации-III и (2) оценить степень согласования всех вариантов дифференциации составляющих СЗ на протяжении формирования компетенции.

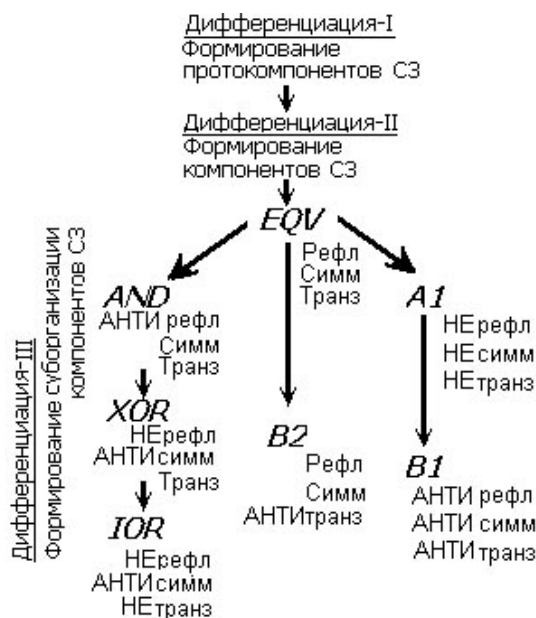
**Методика.** Анализировали количественные описания СЗ в стратегической игре двух партнеров с полной информацией и нулевой суммой (крестики-нолики на поле  $15 \times 15$ ), построенные по алгоритмам, описанным в [1, гл. 7], для 465 участников исследования (244 женщины, 221 мужчина; характеристики распределения возраста:  $min = 6,5$  лет,  $quart I = 16$ ,  $med = 19$  лет,  $quart III = 27,5$  лет,  $max = 85$  лет). Описания СЗ каждого испытуемого строили для 300 актов игры (совершенных в нескольких играх – от 5 до 70). В анализ включены характеристики процесса порождения составляющих СЗ, формирующихся в трех типах дифференциации: 1) протокомпонентов, 2) компонентов СЗ, 3) суборганизации компонентов СЗ, которая обеспечивает взаимодействия различного типа между компонентами. Для идентификации различных типов взаимодействий использовали логико-алгебраическую аксиоматику отношений [6]. О типах отношений компонентов СЗ и эмпирических свойствах соответствующих им взаимодействий см. [1, 3]. Заметим, что в данном сообщении описание отношений уточнено. Взаимодействие между компонентами, дифференцировавшимися из одного протокомпонента, по свойствам рефлексивности, симметричности и транзитивности характеризуется как отношение эквивалентности (*EQV*). Постоянство совместной актуализации компонентов СЗ обеспечивает антирефлексивное, симметричное и транзитивное отношение *AND*. Отношение *XOR* (исключительное *ИЛИ*), антирефлексивное, симметричное и нетранзитивное,

накладывает запрет на совместную актуализацию компонентов. Отношение *IOR* (неисключительное *ИЛИ*), антирефлексивное, несимметричное и нетранзитивное, допускает необязательную совместную актуализацию компонентов. Последовательность актуализации компонентов определяет нерефлексивное, несимметричное, нетранзитивное отношение следования (отношение нестрогого порядка, *A1*). Устойчиво воспроизводящиеся последовательности, т. е. стратегии, определяются отношениями строгого порядка (*B1*), антитранзитивными, антирефлексивными, антисимметричными. Отношение *B2*, рефлексивное, симметричное, антитранзитивное, обеспечивает повторные актуализации компонентов, «петли».

Для оценки согласованности процессов формирования протокомпонентов, компонентов *C3* и отношений различного вида между компонентами строили функции кросскорреляции (ФКК) между кривыми, отображающими эти процессы. Для того чтобы повысить вес периодических составляющих в кривых, отображающих формирование компонентов и взаимодействий между ними, устраняли линейную составляющую нарастания их количества. Для этого применяли процедуру линейного регрессионного анализа. ФКК строили со сдвигом от одного до 100 актов игры. Скольжение такого окна по эпохе анализа 300 актов игры позволяет рассматривать значения ФКК в диапазоне от -100 до +100 актов от нулевого смещения. Расчеты выполнены в пакете SPSS 11.2. Статистические гипотезы  $H_0$  отвергали при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Для введения разнообразных вариантов дифференциации-III, в которых формируется суборганизация компонентов *C3*, обеспечивающая взаимодействия между ними, в единый контекст онтогенеза структуры знания, использованы логико-алгебраические свойства отношений. В качестве основы для определения порядка принято проверенное в эмпирическом исследовании предположение о том, что наиболее ранний по времени формирования тип отношений – «эквивалентность» связывает группу компонентов, дифференцировавшихся из одного протокомпонента [3]. Изменение свойств отношения эквивалентности – рефлексивности, симметричности и транзитивности, могут вести только к сужению степеней свободы взаимодействия компонентов – к *нерефлексивности*, *несимметричности*, *нетранзитивности* и далее к наиболее строгим и избирательным отношениям – *антирефлексивным*, *антисимметричным*, *антитранзитивным*, например к отношению строгого порядка. Для семи типов отношений, связывающих компоненты *C3*, расположенных по порядку минимального снижения степеней свободы, построена дендрограмма с тремя ветвями (рис. 1), общий корень которых – отношение *EQV*. Одна из ветвей содержит отношения *AND*, *XOR* и *IOR*, относящиеся к группе синхронических отношений, определяющих состав наборов одновременно актуализирующихся компонентов. Другая ветвь содержит

диахронические отношения *A1* и *B1* (см. [1]). Особая ветвь содержит отношение *B2*. Анализ построенной схемы показывает, что каталог выявленных отношений между компонентами может быть незавершенным, поскольку при соблюдении правила минимального изменения свойств в выделенных траекториях логические позиции для нескольких типов отношений определены, но не заполнены.



**Рис. 1.** Схема процесса дифференциации составляющих структуры знания. Показан порядок формирования отношений между компонентами *C3*, как различных вариантов дифференциации-III. Обозначения отношений: *EQV* (эквивалентность), *AND* (логическое «И»), *XOR* (исключительное «ИЛИ»), *IOR* (неисключительное «ИЛИ»), *A1* (отношение нестрогого порядка), *B1* (отношение строгого порядка), *B2* (отношение, образующее петли). Обозначения свойств отношений: «Рефл» – рефлексивность, «Симм» – симметричность, «Транз» – транзитивность; префиксы «НЕ~», «АНТИ~»

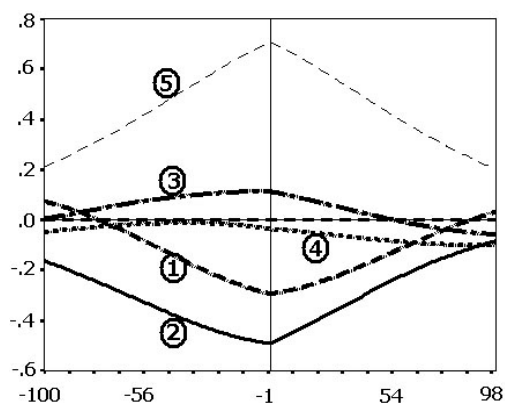
Поскольку порождение протокомпонентов и компонентов *C3* не прекращается на всем протяжении формирования компетенции, прохождение всех трех дифференциаций разными протокомпонентами (от порождения до формирования дифференцированной организации дочерних компонентов) перекрывается во времени. События дифференциации-III, обеспечивающие возможность компонента вступать с другими компонентами во взаимодействия различных типов, протекают у одного и того же компонента *C3* по трем траекториям одновременно (см. рис. 1). Даже по отношению к определенному дифференцирующему компоненту эти процессы гетерохронны. Поскольку установлено, что каждая конкретная модель взаимодействия между компонентами формируется синхронно на паре взаимодействующих компонентов [1], все стадии этих гетерохронных процессов должны быть согласованы.

Проанализированы 72 ФКК, что составляет полный перебор сочетаний кривых, отображающих формирование составляющих *C3* в процессах дифференциации (см. рис. 1). Форма ФКК варьи-



рвала в весьма широких пределах: с максимумом положительной или отрицательной корреляции при нулевом сдвиге с симметричным убыванием коэффициентов с увеличением сдвига (ФКК 2 и 5 на рис. 2), или без выраженных пиковых значений с максимумами/минимумами, смещенными относительно нулевого сдвига и асимметричными трендами при сдвиге разной направленности (см. рис. 5). Поскольку зона неотличимости коэффициентов корреляции от нуля узка, а тренд их изменения в этой зоне сохраняется, можно рассматривать ФКК на всей эпохе анализа, включая и диапазон 95% недоуверности. Положительные значения ФКК указывают на синергию сопоставляемых процессов, отрицательные – на реципрокность, величина сдвига между экстремумами – на отсроченный характер связи между процессами.

На рис. 2 показано семейство ФКК, построенное для кривой формирования отношения *XOR* с кривыми формирования продуктов трех типов дифференциации. Связь формирования отношения *XOR* (дифференциация-III) с процессами дифференциации-I и II (формированием протокомпонентов и компонентов СЗ) реципрокна, причем выраженность этих соотношений в нулевом сдвиге достигает значений  $-0,294$  и  $-0,491$ , и симметрично снижается к границам эпохи анализа (рис. 2, ФКК 1 и 2).

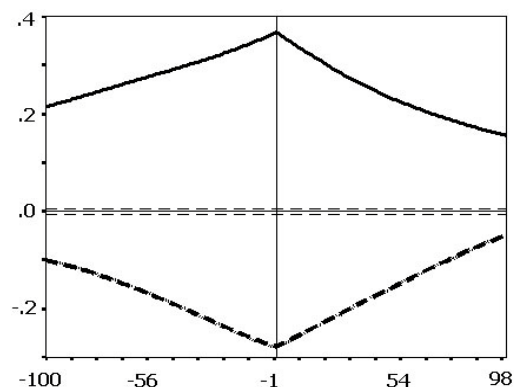


**Рис. 2.** Функции кросскорреляции кривой формирования отношения *XOR* с кривыми формирования протокомпонентов (1), компонентов СЗ (2), отношений *EQV* (3), *AND* (4) и *IOR* (5). По оси абсцисс – сдвиг, по оси ординат – значения ФКК. Горизонтальные линии в области нуля – 95% интервал неотличимости коэффициентов корреляции от нуля

Соотношение процесса формирования отношения *XOR* с порождением отношений *EQV*, наиболее раннего продукта дифференциации-III, и *AND*, также расположенного ближе к корню древа дифференциаций, чем *XOR* (см. рис. 1), иное. Эти функции невелики по амплитуде (абсолютные величины коэффициентов не превышают 0,115) и асимметричны – переходят в отрицательные величины в зоне положительных сдвигов (см. рис. 2, ФКК 3 и 4). ФКК для *XOR* и *IOR* (рис. 2, ФКК 5) симметрична, с максимальным положительным коэффициентом корреляции (0,709) в позиции с нулевым сдвигом. Характеристики этой кривой в

основных деталях сходны с ФКК между процессами порождения протокомпонентов (дифференциация-I) и компонентов СЗ (дифференциация-II), достигающей в максимуме значения 0,848, также близких друг к другу по положению на древе дифференциаций (см. рис. 1).

Форма ФКК, характерная для дифференциаций, непосредственно следующих друг за другом на дендрограмме (см. ФКК 5 на рис. 2), воспроизводится для отношений *EQV* и нестрогого порядка *A1* (см. их положение на древе, рис. 1); эта функция показана на рис. 3 (сплошная линия).



**Рис. 3.** Функции кросскорреляции для кривых формирования отношений нестрогого порядка, следования *A1* (сплошная линия) и строгого порядка, образующим стратегии *B1* (штриховая), относительно кривой формирования отношения *EQV*. Обозначения как на рис. 2

ФКК для дифференциаций, отделенных друг от друга на дендрограмме одной вершиной, порождающих отношения *EQV* и строгого порядка *B1* (рис. 3, штриховая линия), обладает выраженным сходством с ФКК между процессами, отдаленными на древе дифференциаций (см., например, ФКК 1 и 2 на рис. 2).

Эти результаты показывают, что дифференциации, непосредственно следующие друг за другом на дендрограмме, связанные логически, находятся в синергических отношениях. По-видимому, степень синергии снижается, если во времени между ними реализуются другие дифференциационные события, при этом синергия может сменяться реципрокными отношениями. Важно, что в форме этих ФКК выражен градиент снижения как синергии, так и реципрокности, при этом они охватывают всю эпоху анализа.

В двух случаях отмечено, что формы ФКК для процессов дифференциации, непосредственно следующих друг за другом на дендрограмме, сходны с ФКК соотношения дифференциаций, отдаленных друг от друга на древе (на рис. 4, см. 1 и 2). Это может означать, что описание процессов дифференциации в двух ветвях дендрограммы (рис. 1, средняя и правая ветви) неполно. Возможно, что между дифференциациями, порождающими отношение *EQV* и *B2*, а также в интервале между порождением отношения *A1* и *B1*, разворачиваются еще не выявленные варианты дифференциаций.

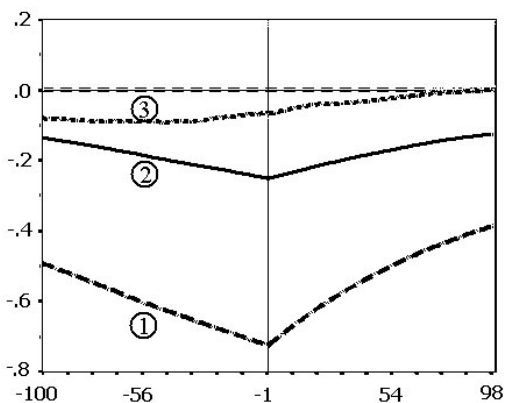


Рис. 4. Функции кросскорреляции между процессами формирования отношения  $B1$  относительно  $A1$  (1), отношения  $B2$  относительно  $EQV$  (2), отношения  $EQV$  относительно дифференциации компонентов  $C3$  (3). Обозначения как на рис. 2

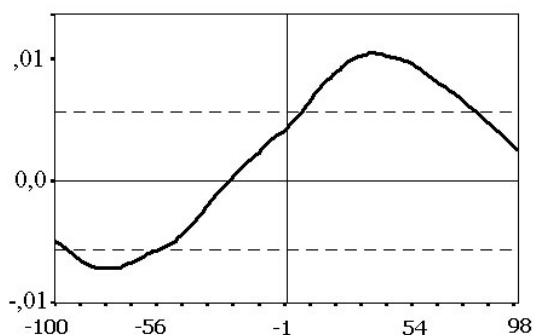


Рис. 5. Функция кросскорреляции между процессами формирования отношения  $IOR$  и  $B2$ . Обозначения как на рис. 2

Необычная форма ФКК, соотносящая порождение компонентов  $C3$  и отношение  $EQV$  (см. рис. 3, 4), без выраженного максимума, асимметричная, градуально нисходящая в зоне положительных сдвигов. В этой форме ФКК проявляется низкий и прогрессивно снижающийся уровень связи между процессами дифференциаций I и II. Это может объясняться принципиальным различием процессов дифференциации, порождающих компонентный состав  $C3$  и образующих суборганизацию компонентов. В процессах дифференциации-I и II предковые формы не сохраняются, в то время как в многочисленных преобразованиях дифференциации-III (обогащения субструктуры компонента  $C3$  моделями различных типов взаимодействий между компонентами) компонент сохраняет свою специфику как носитель информационной модели взаимодействия с предметной областью [3].

Для формы ФКК, связывающих процессы дифференциации-III, относящиеся к разным ветвям дендрограммы (см. рис. 1), характерна низкая амплитуда, выраженная асимметрия и ограничен-

ные зоны значимых коэффициентов корреляции (см. рис 5).

Эти особенности ФКК указывают на невысокий уровень связи процессов формирования синхронических и диахронических отношений, а также на то, что образование синхронических отношений опережает формирование диахронических отношений. Это временное расхождение было выявлено в работе [5].

## Выводы

1. Упорядоченные отношения между компонентами  $C3$  на основании их логико-алгебраических свойств образуют древо, корень которого представляет отношение  $EQV$ , три ветви древа соответствуют порождению синхронических ( $AND$ ,  $XOR$ ,  $IOR$ ), диахронических отношений, (связывающих компоненты  $C3$  в последовательности  $A1$ ,  $B1$ ,  $B2$ ) и отношений, обеспечивающих повторную актуализацию компонентов  $C3$ .

2. Анализ функций кросскорреляции показывает, что согласованность между процессами дифференциации, в которых формируются компоненты  $C3$  и отношения между ними, соответствует положению этих процессов на древе, описывающем последовательность и гетерохронию их дифференциаций; различные формы согласования этих процессов реализуются на всем протяжении формирования  $C3$ .

Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 14-06-00155а.

## Литература

1. Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М. : Институт психологии РАН, 2006.
2. Александров И.О., Максимова Н.Е. Закономерности формирования нового компонента структуры индивидуального знания // Психол. журн. 2003. Т. 24. № 6. С. 55–76.
3. Александров И.О., Максимова Н.Е. Процесс дифференциации: содержание концепта и возможности операционализации в психологических исследованиях // Дифференциально-интеграционная теория развития. Кн. 2. М. : Языки славянской культуры, 2014. С.87–138.
4. Александров Ю.И. Системогенез и смерть нейронов // Нейрохимия. 2004, Т. 21. № 1. С. 5–14.
5. Максимова Н.Е., Александров И.О., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В. Типология интуитивного-рационального и формирование структуры индивидуального знания // Психол. журн. 2001. Т. 22, №1. С. 43–60.
6. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. М. : Наука, 1997.
7. Edelman G.M. Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection. N.Y. : Oxford University Press, 1989.