



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
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., Мурышкина 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

Топологические свойства семантической сети, представляющей структуру знания: неоднородность и безмасштабность

Н.Е. Максимова¹, И.О. Александров¹, Д.С. Турубар²

Институт психологии РАН, Москва

²Высшая школа психологии (институт), Москва

Семантические сети – конструкт, открывающий возможности формального и количественного описания психологических структур [6]. Семантическую сеть можно описать как упорядоченное множество вершин, представляющее конструкты, образующие психологическую структуру, например, значения [6], или сущности из предметной области [5], или компоненты структуры знания (СЗ), которые фиксируют информационные модели взаимодействий индивида с предметной областью [1, 4]. Вершины сети связаны ориентированными дугами, представляющими множество отношений между конструктами. Одно из важнейших свойств семантических сетей – распределение степеней вершин, составляющих сеть, т. е. количества дуг, заходящих в определенную вершину и исходящих из нее [7]. Результаты исследований (см. [8, 9]) позволили утверждать, что для случайно формирующихся сетей характерно распределение степеней вершин по случайному закону, а мода распределения является масштабом данной сети. Предполагалось, что у развивающихся, самоорганизующихся, эволюционирующих сетей степени вершин распределены по степенному закону, они не имеют определенного масштаба, *безмасштабны (scale-free)* [10]. Сопоставление свойств масштабированных и безмасштабных сетей привело к заключению, что последние более устойчивы, избирательны в отношении объединений и включения новых компонентов, могут приобретать фрактальные размерности (см. [8, 9, 10]). Открытым остается вопрос о свойствах масштабированности или безмасштабности неоднородных сетей, образованных различными типами отношений между вершинами [5], качественно различными вершинами, а также сетей, содержащих локальные подсети с особыми свойствами.

Цель данной работы состоит в том, чтобы охарактеризовать свойства психологических структур, формирующихся в процессе приобретения компетенции, которые могут быть описаны как семантические сети, в терминах масштабированности или безмасштабности организации, оценить совместимость безмасштабности и неоднородности семантических сетей, а также масштабированность или безмасштабность качественно специфичных составляющих психологической структуры.

Характеристики организации семантической сети определяли для структуры знания в стратегической игре двух партнеров. СЗ представляет собой множество компонентов, которым соответствуют группы нейронов, специализированных относительно определенных актов игры как циклов взаимодействия с предметной областью и фиксирующих информационные модели этих разнообразных взаимодействий. Компоненты СЗ связаны

отношениями семи типов (см. [1, 2]) в группы – домены (предположительно связанные с семантической игрой), ординарные стратегии, которые в терминах теории графов определяются как простые маршруты, и метастратегии, которые образуются в результате пересечения множеств маршрутов на графе игры. Таким образом, семантическая сеть, описывающая СЗ, неоднородна.

В качестве фактора, определяющего неоднородность сети, рассматривали отношение эквивалентности, связывающее компоненты, дифференцировавшиеся из одного протокомпонента [2] в группы. Компоненты, включенные в такую группу, актуализируются совместно, независимо от того, какому компоненту принадлежит дуга полустепени захода в актуальном маршруте перемещения по сети [1, 2]. Поэтому эти группы следует описывать как единые образования, «псевдовершины», образующиеся при стягивании некоторого множества вершин (см. [3. С. 172]), а сети, содержащие единичные вершины и псевдовершины, – как неоднородные.

Предполагали, что распределения степеней вершин сетей, построенных только из одиночных вершин или включающих также псевдовершины, либо будут аппроксимироваться степенными функциями с разными показателями и одинаковым качеством, либо качество аппроксимации будет меньшим для сетей, неоднородных за счет включения псевдовершин; для ординарных стратегий и метастратегий более правдоподобна одна и та же альтернатива первой гипотезы.

Методика

В исследовании участвовали 98 человек (56 женщин, 42 мужчины, в возрасте от 16 до 27 лет, медиана возраста 20 лет), которые формировали компетенцию в стратегической игре двух партнеров в «крестики-нолики» на поле 15×15. Каждая пара продолжала игру, пока не совершала 300 ходов (от 11 до 30 игр). Регистрировали координаты ходов на игровом поле. Для каждого испытуемого строили описание СЗ: перечисление компонентов, отношений между ними, групп компонентов, образованных отношениями различного типа [1]. СЗ описывали как неоднородную семантическую сеть [5], используя отношения следования между компонентами, отношения, образующие устойчивые последовательности компонентов (стратегии), отношения, образующие повторные актуализации компонентов (петли и циклы), а также отношения, связывающие группу компонентов, имеющих общего онтогенетического предка (единый для группы протокомпонент).

На семантической сети, описывающей СЗ в целом (всем множестве компонентов и отношений

между ними), выделяли связные подмножества вершин со степенями больше единицы. Эти подмножества (сети с вершинами со степенями > 1) разделяли на два типа. К первому типу отнесли сети, содержащие единственный маршрут, не имеющих общих вершин с другими маршрутами; их рассматривали как «ординарные стратегии» (ОС), устойчиво воспроизводящиеся в протоколе игр последовательности компонентов («линейные», не включающие петли и циклы, или «циклические», допускающие повторные актуализации компонентов). Второй тип – сети, представляющие метастратегии (МС), которые содержат два или большее количество маршрутов, пересекающихся и имеющих общие вершины. Организацию МС описывали как ориентированный граф в терминах вершин (представляющих компоненты СЗ), дуг с весом > 1 (представляющих отношения, образующие стратегии (см. [1]), простых маршрутов (последовательностей вершин без повторов), петель и циклов [7]. Анализировали организацию графов для совокупной выборки ОС и МС, отдельно для выборок ОС, всей совокупности МС и для максимальных МС (всего 98, по одной для СЗ каждого испытуемого). Критерии определения максимальной МС (в порядке значимости): 1) количество маршрутов, 2) количество пересечений маршрутов, 3) количество петель и циклов, 4) количество вершин.

Для каждого из перечисленных наборов ОС и МС, отдельно для ОС и МС, строили по два варианта семантической сети. В первом варианте неоднородную сеть преобразовывали в однородную, содержащую только простые вершины; для этого псевдовершины расщепляли на простые вершины. Второй вариант описания сети, содержащий два вида вершин – простые и псевдовершины, сохранял свойство неоднородности по разнообразию вершин.

Для каждой ОС и МС, описанных как однородная или неоднородная сеть, строили распределения степеней вершин, аппроксимировали их форму степенной функцией $f(k) = a \cdot k^b$. Использовали процедуру нелинейной регрессии (SPSS 11.2). Для сравнения качества моделей применяли величину 95 % доверительного интервала, оценку стандартной ошибки, коэффициент детерминации $R^2 = 1 - \text{Residual SS} / \text{Corrected SS}$.

Результаты и их обсуждение

Сопоставление характеристик степенных функций, аппроксимирующих распределения степени вершин для совокупного набора ОС и МС (рис. 1), выборок МС (рис. 2) и максимальных МС (рис. 3), показывает, что соответствие распределения степенному закону определяется достаточно надежно только для преобразования сети в однородную: во всех случаях коэффициент R^2 для аппроксимаций для сетей, описанных как неоднородные образования, ниже, чем для их однородной модификации. Оценки стандартной ошибки (*st. err.*) во всех случаях снижаются при преобразовании сети в однородную (ср. А и Б на рис. 1–4).

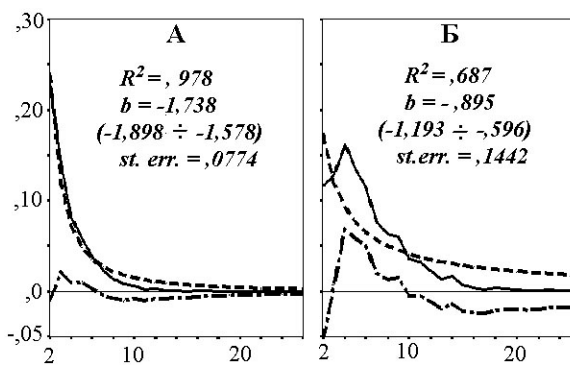


Рис. 1. Степенные функции для всей выборки метастратегий и ординарных стратегий. А – описание структуры знания как однородной; Б – неоднородной сети. По оси абсцисс – степени вершин, по оси ординат – плотность вероятности распределения степеней вершин. Сплошная линия – эмпирическое распределение; пунктирная – аппроксимирующая функция $f(k) = a \cdot k^b$, штрихпунктирная – остатки. R^2 – коэффициент детерминации, b – оценка показателя степенной функции, в скобках – 95 % доверительный интервал, *st. err.* – оценка стандартной ошибки

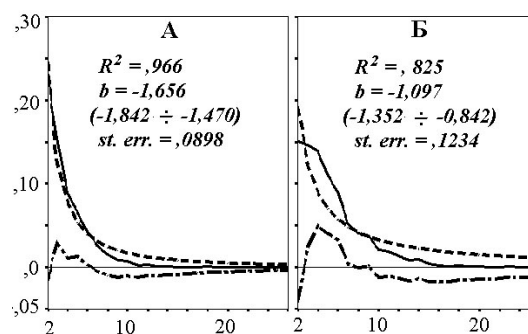


Рис. 2. Степенные функции для всей выборки метастратегий. Все обозначения, как на рис. 1

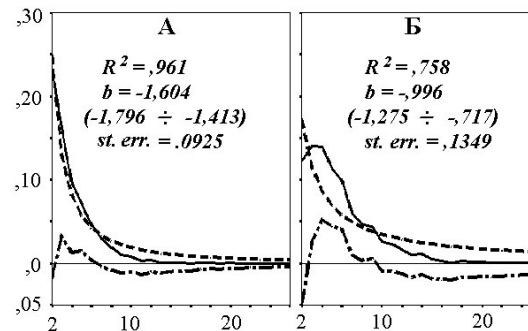


Рис. 3. Степенные функции для выборки максимальных метастратегий. Все обозначения, как на рис. 1

Отмеченные соотношения характеристик аппроксимаций наиболее выражены при разделении выборки вершин максимальных метастратегий на одиночные (рис. 4, А) и псевдовершины (рис. 4, Б). Эти распределения описывают не смешанные сети (включающие как одиночные, так и «стянутые», псевдовершины), а искусственно «ректифицированные» подмножества вершин, только одиночных (рис. 4, А) или только псевдовершин (рис. 4, Б). Заметим, что удаление из сети либо одиночных вершин, либо псевдовершин может разрушить вершинную связность сети [3]. Однако анализировали не свойства сетей, возможно утративших вершинную связность после удаления вершин

какого-либо типа, а распределения степеней подмножества вершин и псевдовершин исходного графа. Из всех вариантов аппроксимации распределения степеней вершин рассмотренных неоднородных сетей наибольшее отклонение от степенной функции получено для подмножества псевдовершин (рис. 4, Б; ср. с фрагментами Б на рис. 1, 2, 3).

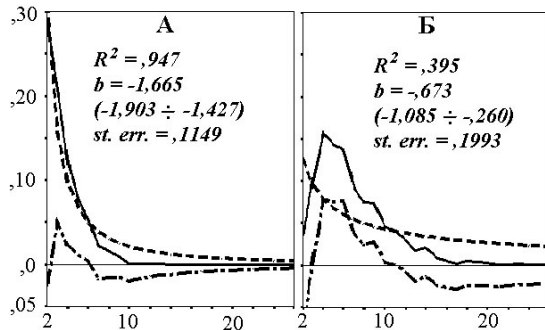


Рис. 4. Степенные функции для выборки максимальных метастратегий: А – только для одиночных вершин, Б – только для псевдовершин. Остальные обозначения, как на рис. 1

Учитывая значения доверительного интервала для ректифицированной однородной сети, однородность которой достигнута искусственно, через расщепление псевдовершин (см. рис 4, А), значение степени b не отличается от значений этого коэффициента, полученного для однородных «естественных» сетей (ср. значения показателя степенной функции b и диапазоны доверительных интервалов на фрагментах А рисунков 1, 2, 3 и 4). Эти значения достоверно снижены относительно величины коэффициента, считающегося типичным для безмасштабных сетей [8]. Тем не менее результаты аппроксимации достаточно надежно характеризуют распределения степеней вершин в однородных сетях как степенные, что позволяет отнести их к классу безмасштабных.

Распределения степеней псевдовершин (фрагменты Б на рис. 1, 2, 3 и 4) не описываются степенными функциями. Это следует из сниженных значений коэффициента R^2 , высоких значений стандартной ошибки и визуально определяемого локального пика распределения, который соответствует степени псевдовершин, равной четырем (см. рис. 3 и 4). На этом основании можно было бы сделать вывод о том, что сети, неоднородность которых определяется включением псевдовершин, не относятся к классу безмасштабных, однако это заключение вступает в противоречие с результатами аппроксимации распределений вершин для обычных стратегий (см. рис. 5).

Эти результаты показывают, что оригинальная форма распределения степеней вершин и псевдовершин, составляющих обычные стратегии (рис. 5, Б), достаточно хорошо описывается степенной функцией и не имеет пиков, аналогичных отмеченным на распределениях для метастратегий (рис. 2, 3, 4, фрагменты Б).

Заметим, что показатель степенной функции b весьма высок – как для оригинального представления обычных стратегий, включающего псевдовершины (рис. 5, Б), так и при их расщеплении

на одиночные вершины (рис. 5, А), значения показателя степени выходят за пределы -3 .

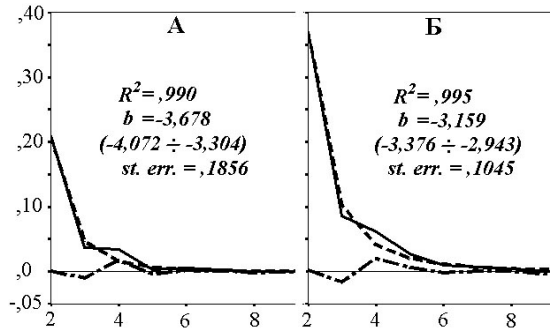


Рис. 5. Степенные функции для всей выборки обычных стратегий. Показана только начальная часть оси абсцисс. Все обозначения, как на рис. 1

Таким образом, безмасштабность как свойство семантической сети не следует связывать с ее однородностью, по крайней мере с однородностью, определенной отсутствием вершин особой природы (в рассмотренном случае – псевдовершин).

Псевдовершины образуются как при развитии метастратегий, так и при формировании обычных стратегий. При этом обычные стратегии формируются как безмасштабные. По-видимому, масштабирование сетей, описывающих метастратегии, можно связать с особой ролью вершин-концентраторов в функционировании метастратегий; с местом, которое занимают в организации метастратегий циклы, а также дуги, образующие петли; со спецификой траекторий эволюции семантической сети.

Рассмотренные характеристики семантических сетей расширяют возможности формального и количественного описания психологических структур, процессов их формирования и сравнения их организации у взаимодействующих индивидов.

Работа выполнена при поддержке РФГНФ, проект № 14-06-00082а.

Литература

1. Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Институт психологии РАН, 2006.
2. Александров И.О., Максимова Н.Е. Процесс дифференциации: содержание концепта и возможности операционализации в психологических исследованиях // Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2. М.: Языки славянской культуры, 2014. С. 87–138.
3. Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании. Новосибирск: Наука, 1999.
4. Максимова Н.Е., Александров И.О. Компоненты психологического взаимодействия и возможность их операционализации // Человек, субъект, личность в современной психологии: материалы конференции / отв. ред. А.Л. Журавлев, Е.А. Сергиенко. Т. 3. М.: Институт психологии РАН, 2013. С. 161–164.
5. Оситов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997.
6. Петренко В.Ф. Психосемантика сознания. М.: Изд-во МГУ, 1988.
7. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.
8. Barabási A.-L. The Architecture of Complexity // IEEE Contr. Syst. 2007. V. 27, № 4. P. 33–42.
9. Barabási A.-L. Scale-Free Networks: A Decade and Beyond // Science. 2009. V. 325. P. 412–413.
10. Dorogovtsev S.N., Mendes J.F.F. Evolution of Networks // Advances in Physics. 2002. V. 51, № 4. P. 1079–1187.