

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО КОМПОНЕНТА СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ¹

© 2003 г. И. О. Александров*, Н. Е. Максимова**

*Кандидат психол. наук, старший научный сотрудник ИП РАН, Москва; nialeks@psychol.ras.ru

**Кандидат психол. наук, старший научный сотрудник, там же; nemaks@psychol.ras.ru

Цель работы состояла в том, чтобы установить характеристики латентного этапа формирования нового компонента структуры индивидуального знания (СИЗ) в определенной предметной области: условий инициации, длительности, стадий, динамики состава актуализированного набора составляющих СИЗ. В исследовании формирования компетенции в стратегической игре с полной информацией для двух партнеров принимали участие 287 человек (мужского и женского пола, девяти возрастных групп). Для каждого игрока строили формальное описание СИЗ. Анализировали 783 последовательности из 7 актов, представляющих новый и следующий за ним акт, а также 5 актов, предшествующих новому. По динамике времени выбора хода, факторных оценок множества дескрипторов СИЗ, оценке разнообразия актуализированных компонентов СИЗ выделили интервал – окрестности акта "–3". На этом интервале вероятность актуализации нового компонента градуально возрастает и достигает максимума непосредственно перед реализацией нового акта игры. Инициация формирования нового компонента сопровождается состоянием неопределенности актуализированной совокупности компонентов и составляющих СИЗ. Показано, что новые компоненты СИЗ, составляющие группу на основе содержательной общности, последовательно дифференцируются из их общего генетического предшественника (протокомпонента), с которым их связывает отношение порождения. Латентный период формирования нового компонента СИЗ включает три стадии: 1) инициация формирования, связанная с возникновением локальной проблемной ситуации на игровом поле; 2) актуализация в составе наборов компонентов СИЗ, реализующих ранее сформированные акты игры, при этом соответствие компонента точному положению в континууме поведения не определено; 3) актуализация при первой реализации нового акта, когда отношения нового и предшествующего актов становятся определенными.

Ключевые слова: научение, развитие, индивидуальное знание, структура, компонент, протокомпонент, отношение порождения, дифференциация, нейрогенез, проблемная ситуация, стратегическая игра.

Отбросив абстракцию дефинитивности психологических структур, процессов и состояний, можно утверждать, что во всех областях психологии в той или иной степени затрагиваются вопросы, связанные с приобретением и модификацией опыта, знаний, навыков. Это утверждение может быть проиллюстрировано сопоставлением современных определений научения, понимаемого, например, как процесс изменения репертуара поведения, деятельности, формирования и фиксации их адаптивных модификаций в структуре опыта или знания, увеличения эффективности и продуктивности (см. обзор [4]), и памяти как "способности живой системы фиксировать факт взаимодействия со средой (внешней или внутренней), сохранять результат

этого взаимодействия в форме опыта и использовать его в поведении" [19, с. 79]. Почти точное совпадение этих определений указывает не столько на пересечение областей исследования научения и памяти, сколько на фундаментальность вопросов о формировании, модификации, сохранении и актуализации психологических структур. Можно добавить, что даже такие специализированные понятия, как "имплицитный", "эксплицитный", "процедурный", "декларативный" и др., в равной степени применимы и к памяти, и к процессам научения (сравните [34 и 27, 45 и 43, 29 и 30]).

В приведенных определениях следует отметить родство ключевых для исследований научения и памяти концептов: "формирование", "фиксация", или "сохранение". Они очерчивают понятийное поле важнейшего для исследовательских областей научения и памяти общего вопроса – о компонентах структуры опыта и процессах их формирования. Для исследований памяти актуально установление структурных характеристик

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-06-8021 а); Российского научного гуманитарного фонда (гранты № 03-06-00021а; 02-06-00011а); Совета по грантам Президента РФ для поддержки ведущих научных школ России (НШ-1989.2003.6).

следа памяти, а для научения – выделение и описание свойств компонента опыта.

Нерешенность этого вопроса можно связать с традицией описания процесса научения в терминах изменения количества совершаемых ошибок, вероятности ответа, времени, затрачиваемого на выполнение (решение) задачи, различных оценок продуктивности (см. например, [25, 36, 41, 42]). Такие описания, как и приведенное обобщенное определение научения, – феноменологические. В них не указывается, формирование и модификация каких именно внутренних структур и процессов ведет к наблюдаемым изменениям репертуара поведения, к изменению эффективности и продуктивности поведения и деятельности. Также остается неясным, происходит ли изменение эффективности за счет формирования новых компонентов структуры или оптимизации организации компонентов, сформированных ранее.

Неразработанность представлений о компонентах психологической структуры затрудняет применение в исследованиях научения эволюционной концепции, которая является методологической основой современных представлений о развитии в полной версии. Так как формирование структурно фиксированных альтернатив и последующий отбор на их множестве представляют собой неизбежные стадии любого эволюционного процесса (см. [11]), то описать развитие и формирование нового невозможно, не указав, в каких формах, доступных модификации, фиксируются его продукты.

В современных нейронауках доминируют селектогенетические и эпигенетические представления (см. обзор [4]). Селективные концепции научения противостоят инструктивным, которые исходят из предположения, что внешние воздействия являются основным фактором, определяющим формирование новых навыков, поведенческих актов, а также объединений нейронов, лежащих в их основе (см. [24, 40]). Согласно селективным теориям научения, в основе мозгового обеспечения навыков, умений, знаний лежит активность нейронов, отобранных из множества клеток по их характеристикам, определенным эпигенетически в ходе онтогенеза. События в окружающей среде не формируют новые свойства у этих нейронов, а способствуют отбору из их числа тех, которые могут обеспечить новые для индивида формы поведения [24].

Показано, что даже весьма краткое (порядка 1–2 с) предъявление ситуации, обладающей признаками новизны или содержащей потенциал обогащения индивидуального опыта, ведет к экспрессии непосредственных ранних генов в нейронах [38], т.е. тех генов, которые инициируют долговременные изменения фенотипа клетки. Представляется, что изменения начинаются в нейронах,

обладающих свойствами, соответствующими требованиям формирующегося поведения. Важно, что лишь часть нейронов, экспрессирующих ранние гены, проявляют связь с новым поведением, – это те нейроны, которые прошли процесс селекции [20]. Процессы селекции, как и другие эволюционные закономерности, описывают ветвящимися траекториями развития, причем моментам собственно порождения нового – бифуркациям – соответствуют ситуации неопределенности [18, 23, 31]. Нейрогенез не прекращается и у взрослых организмов [32], но темп его существенно снижается [26, 33].

Заметим, что нейрональные эффекты научения оценивают в терминах трансформации биохимических, морфологических и других свойств отдельных нейронов, а поведенческие эффекты, в соответствии с отмеченной традицией, – феноменологически – в терминах увеличения эффективности, снижения количества ошибок и временных затрат на решение задач. Прямое сопоставление этих описаний, избегающее использования представлений о психологических структурах, ведет к имплицитно или явно редуccionистским решениям проблемы научения (см. например, [35]).

Приведенные результаты нейрогенетических исследований представляют характеристики ранних этапов процесса селекции нейронов, которые, по нашему предположению, входят в состав формирующихся компонентов структуры опыта [20, 35, 38], а психологические исследования научения описывают эффекты уже сложившихся психологических структур, когда собственно процесс научения уже реализован (см. [37]). Актуальное направление исследований научения состоит в том, чтобы установить характеристики процессов формирования нового компонента структуры опыта, протекающих во временном интервале между этими, относительно изученными, этапами научения.

Таким образом, для решения вопроса о компонентах структуры опыта и процессах их формирования необходимы (1) теоретическое определение и операционализация таких конструктов, как психологическая структура и ее компоненты, и (2) разработка методических процедур, открывающих доступ к основным составляющим психологической структуры, процессам ее формирования, модификации и актуализации.

Представления о психологических структурах, которые возможно применить для решения проблем научения, операционализированы для структуры знания в определенной предметной области на основе системно-эволюционного подхода Анохина–Швыркова (см. [5, 7, 9, 22]). В рамках этого подхода поведение рассматривается как процесс информационно-энергетического взаимодействия организма с окружением; оно реализуется как

последовательность актов, т.е. целостных циклов взаимодействия, необходимыми характеристиками которых являются результаты и способы их достижения, а также обстановка, в которой осуществляются взаимодействия. Информационные модели циклов взаимодействий [17] формируются по принципам генеза функциональных систем, фиксируются как группы нейронов со сходной поведенческой специализацией и представляют собой компоненты структуры индивидуального опыта (СИО).

СИО фиксирует уникальную историю взаимодействий индивида с миром, т.е. всю совокупность информационных моделей взаимодействий индивида с окружением, сформированных в онто- и филогенезе. Общее происхождение компонентов СИО является одним из оснований ее целостности (системности). Компоненты структуры как модели взаимодействий обладают свойствами предметной отнесенности к миру. Ранее совершенные взаимодействия могут воспроизводиться в результате актуализации компонентов, представляющих модели этих взаимодействий, т.е. структура обладает активностью [17]. В основе реализации актов поведения лежит одновременная актуализация компонентов структуры опыта, сформированных на разных стадиях индивидуального развития; актуализация и формирование СИО представляют две неразрывные стороны единого процесса актуалгенеза.

Эти положения были реализованы в исследовании структуры индивидуального знания в определенной предметной области – относительно изолированной (обособленной) подсистемы СИО – структуры индивидуального знания (СИЗ) [5]. Установлено, что базовые компоненты СИЗ фиксируются как образования, представляющие вновь сформированные акты взаимоотношения индивида с предметной областью. Моменты первой реализации сформированных компонентов СИЗ могут быть определены по изменениям индивидуального репертуара актов. Базовым компонентам соответствуют группы нейронов со сходной специализацией относительно актов репертуара.

Показано, что на множестве базовых компонентов СИЗ выделяются группы, обладающие общностью условий и способов реализации актов взаимоотношения индивида с предметной областью. Обосновано предположение, что компоненты, объединенные в такую группу, формируются из общего "протокомпонента", представленного множеством преспециализированных нейронов, потенциальных предшественников родственных групп специализированных нейронов [4, 5].

Между базовыми компонентами выделены логические отношения "И" (AND), "исключительное ИЛИ" (IOR), определяющие объединение базовых компонентов в группы, и пересече-

ние групп; а также отношение "исключительное ИЛИ" (XOR), которое фиксирует демаркации между группами. Отношения между компонентами СИЗ связывают их в специфические группы – стратегии, которые фиксируют устойчивые способы достижения отдаленных целей деятельности. Наборы одновременно актуализированных компонентов СИЗ и их объединений характеризуются количеством компонентов и объединений различных типов, энтропийными оценками состава; изменения этих характеристик проявляются в длительности выбора определенного акта [2, 5].

Важно заметить, что СИЗ обладает основными свойствами психологической структуры; актуалгенез, т.е. процесс перевода психологической структуры из одних состояний в другие, можно рассматривать как обобщенное описание психологических процессов.

Исходя из положений системно-эволюционного подхода и результатов эмпирических исследований, сформулирована *теоретическая гипотеза* данной работы: новый компонент структуры опыта/знания формируется эпигенетически на интервале, предшествующем реализации этого компонента в составе актуализированной совокупности компонентов, представляющей новый акт репертуара как способ разрешения неопределенности ситуации выбора, когда ни один из сформированных ранее компонентов СИЗ и ассоциированных с ним стратегий не имеет преимущества при селекции альтернативных вариантов.

В процессе формирования на латентном этапе новый компонент проходит несколько стадий дифференциации: от неопределенного состояния к определенному.

Особенности латентного процесса формирования нового компонента проявляются во временных и содержательных характеристиках актуалгенеза СИЗ как в отдельных актах игры, так и на всем континууме поведения.

Цель исследования состояла в том, чтобы установить характеристики латентного этапа формирования нового компонента СИЗ – длительности, условий его инициации, особенностей стадий этого процесса, динамики состава актуализированного набора составляющих СИЗ на его протяжении.

В исследовании верифицировали следующие *исследовательские гипотезы*:

Гипотеза 1. Динамика состава актуализированного набора составляющих СИЗ в процессе формирования нового компонента проявляется в градуальном увеличении времени выбора хода (ВВХ) на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Альтернативное положение: ВВХ не изменяется закономерно на этом интервале.

Таблица 1. Характеристики возрастных групп участников исследования

Группы	Возраст			Количество	Пол	
	минимум	максимум	медиана		жен.	муж.
I	6.5	7.8	7.0	18	7	11
II	7.9	9.4	8.8	21	5	16
III	9.7	10.3	10.1	22	9	13
IV	12.2	13.6	12.7	20	10	10
V	14.3	16.8	16.1	51	9	42
VI	16.9	18.7	17.4	52	14	38
VII	18.8	20.3	19.0	45	28	17
VIII	21.5	27.5	22.0	52	23	29
IX	33.5	59.5	40.2	6	2	4

Гипотеза 2. Инициация формирования нового компонента СИЗ связана с затруднениями в достижении этапных целей игры при использовании сформированных ранее составляющих СИЗ (компонентов и стратегий); это может выражаться в снижении селективной ценности альтернатив, конкурирующих в процессе принятия решения, т.е. в уменьшении разнообразия актуализированных стратегий и количества компонентов, входящих в их состав.

Альтернативные положения: (1) на протяжении последовательности актов, предшествующих реализации нового акта, разнообразие и количественные характеристики актуализированных составляющих СИЗ не изменяются; (2) изменяются вне связи с латентным процессом формирования нового компонента.

Гипотеза 3. Вероятность формирования (степень актуализации) нового компонента СИЗ градуально возрастает к моменту его первой реализации в составе нового акта репертуара.

Альтернативные положения: (1) вероятность (степень) актуализации нового компонента СИЗ равна нулю на интервале, предшествующем его первой реализации как акта игры; (2) снижается к моменту его первой реализации; (3) не изменяется на всем интервале его формирования.

Гипотеза 4. Новые компоненты СИЗ, составляющие группу, которая обладает содержательной общностью (возможностью реализации компонентов в сходных поведенческих ситуациях), дифференцируются из их общего генетического предшественника ("протокомпонента") последовательно.

Альтернативное положение: все члены такой группы дифференцируются из протокомпонента одновременно.

Общие характеристики выборки и методики. Выборку составили последовательности из семи актов, представляющих новый и следующий

за ним акт, а также пять актов, предшествующих новому, зарегистрированные в процессе формирования компетенции в стратегической игре с полной информацией для двух партнеров. Данная методика позволяет фиксировать протокол игры в координатах игрового поля, моменты совершения ходов каждым из игроков и время выбора хода [5].

В исследовании решали следующие *задачи*:

1. Дать описание СИЗ для каждого испытуемого.
2. Оценить динамику ВВХ на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.
3. Оценить тесноту связи ВВХ и дескрипторов СИЗ, характеризующих (1) состав актуализированных базовых компонентов СИЗ и (2) состав актуализированных стратегий, для выборки актов игры, из которой исключены первые реализации новых компонентов.
4. Выявить факторную структуру актуализированных составляющих СИЗ (базовых компонентов и их групп) на протяжении последовательности актов, предшествующих реализации нового акта.
5. Сопоставить динамику факторов, описывающих актуализированные составляющие СИЗ, с динамикой ВВХ на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.
6. Оценить вероятность и степень актуализации нового компонента СИЗ на интервале его латентного формирования по регрессионным моделям ВВХ, включающим или не включающим гипотетическую актуализацию нового компонента.
7. Оценить динамику количества новых актов игры в репертуаре испытуемых разных возрастных групп.

МЕТОДИКА

1. Участники исследования. В опытах принимали участие 287 человек девяти возрастных групп (см. табл. 1). I–VI группы составили учащиеся двух московских школ, VII и часть VIII – студенты московских вузов, часть VIII и IX – преимущественно сотрудники научно-исследовательских институтов.

2. Процедура исследования. Участникам исследования предлагали освоить игру в "крестики и нолики" на поле 15 x 15 в компьютерном варианте: два партнера играли друг с другом, используя два устройства "мышь", при этом ход игры в графической форме отображался на дисплее. Пять человек играли с компьютером. Опыт продолжался 1–1.5 ч; за это время игроки успевали сыграть от 7 до 36 игр, от 5 до 66 ходов в каждой, так, чтобы каждый игрок совершил всего 300 ходов. У одного человека в 99 играх было зарегист-

рировано 1456 ходов. В процессе игры регистрировали координаты каждого хода на игровом поле и время, затраченное на выбор хода каждым игроком. Все участники исследования отрицали регулярный опыт игры в крестики и нолики" на поле 15 x 15, шашки и шахматы. Лишь один из игроков обладал высокой компетенцией в стратегических играх, являясь кандидатом в мастера спорта по шахматам.

3. Реконструкция СИЗ. Использовали специально разработанные алгоритмы, которые позволяли перечислить компоненты СИЗ, охарактеризовать отношения между ними и описать группы компонентов. Детальное описание процедур анализа игры и реконструкции СИЗ см. в [5].

3.1. О компонентном составе СИЗ судили по репертуару актов игры – единиц анализа поведения игрока. Индивидуальные протоколы актов игры для каждого игрока получали в результате анализа координат последовательных ходов игрока и его оппонента на игровом поле. Акт игры выделяли как интервал между двумя последовательными ходами оппонента. Описание акта игры было основано на формальной оценке трех ситуаций на игровом поле: после 1) первого хода оппонента, 2) собственного хода игрока, 3) ответного хода оппонента. Для каждой ситуации определяли количество цепочек из 2, 3, 4 и 5 знаков у игрока и оппонента, которые можно было бы построить на следующем шаге игры, если не учитывать ответные действия оппонента. Акты игры с одинаковыми оценками трех ситуаций приписывали к определенному типу. Перечисление актов игры всех типов, включенных в репертуар игрока, составило *каталог актов игры (КАИ)*. Перечисление актов игры, имеющих одинаковые оценки только по двум ситуациям на игровом поле (после первого хода оппонента и после собственного хода), составило *каталог групп типов актов (КГА)*, не связанных с ситуацией, которая создается в результате ответного хода оппонента. Акты игры соответствуют определению хода в шахматной игре, а группы актов, различающихся по ответному ходу оппонента, – "полуходу" [1]. Каталог КАИ ставили в соответствие базовые компоненты СИЗ, а каталогу КГА – группы базовых компонентов, выделенных по общности ситуации и действия игрока [5].

3.2. На основании сопоставления наборов альтернатив, из которых происходит выбор определенного хода, предпочтений и запретов, проявляющихся в конкретных ситуациях принятия решения, были выделены взаимоотношения между базовыми компонентами СИЗ. Эти отношения определяют демаркации между наборами компонентов, ограничивают или запрещают одновременную актуализацию некоторых из этих наборов. Оценивали количество пар актуализированных в

ситуации выбора компонентов, находящихся в отношениях 1) логического "И" (AND), определяющего обязательную одновременную актуализацию различных компонентов, представляющих акты игры; 2) неисключительного (IOR), или 3) исключительного логического "ИЛИ" (XOR).

3.3. По повторяющимся реализациям определенных последовательностей актов игры судили о количестве и компонентном составе стратегий, составляющих репертуар игрока и представляющих собой группы базовых компонентов, актуализирующихся как единое целое [5].

3.4. Для игровых ситуаций, предшествующих ходу оппонента (постановке знака на игровом поле), инициирующего акт игры, с помощью специальных программ оценивали характеристики актуализированной совокупности компонентов СИЗ, исходной для выбора определенного хода. Эту совокупность описывали набором из 12 переменных, которые характеризуют количество актуализированных базовых компонентов, групп базовых компонентов по каталогу КГА, количество и состав стратегий, распределение стратегий по альтернативам, включенным в множество, на котором осуществляется выбор. В набор были включены только такие переменные, для которых, если они прямо или косвенно оценивают количество актуализированных базовых компонентов (каталоги КАИ и КГА), возможно изменять значения в соответствии с гипотезами об актуализации формирующихся новых компонентов СИЗ.

4. Время выбора хода игрока (ВВХ) оценивали как интервал между нажатием кнопки "мышь" при постановке знака оппонентом и нажатием кнопки игроком с точностью до 10 мс.

5. Диагностика реализации новых актов. Составляли два списка новых актов игры, содержащих указания на моменты их первой реализации. Первый из них строили для каталога КАИ: в нем отмечены моменты первой реализации актов определенного типа, которые использовали как показатели формирования новых базовых компонентов СИЗ. Второй список строили для каталога КГА: он содержал указания на моменты первой реализации групп актов, обладающих исходной общностью как для акта ситуации, так и действий игрока, что рассматривали как проявление начала формирования новой группы базовых компонентов СИЗ.

6. Моделирование. Предполагалось:

- построить регрессионную модель ВВХ на основании эмпирически определенных характеристик;
- ввести в эмпирическую регрессионную модель ВВХ коэффициенты коррекции, исходя из системы альтернативных гипотез о латентной актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов, пред-

шествующих первой реализации нового акта игры и определить такое расположение этих коэффициентов, которое позволяет достигнуть наивысшего качества модели ВВХ;

- выявить характеристики латентного этапа формирования компонента СИЗ – длительности, особенностей динамики состояния формирующегося компонента и состава актуализированного набора составляющих СИЗ, а также условий инициации этапа, – на основании сопоставления динамики ВВХ, распределения коэффициентов коррекции в моделях ВВХ и динамики состава актуализированных компонентов СИЗ.

Для верификации системы гипотез о характеристиках процесса формирования компонента СИЗ применили процедуру множественной линейной регрессии, в которой в качестве зависимой переменной использовали ВВХ, а независимых – факторные оценки, полученные при анализе характеристик СИЗ (см. 6.2). Выбор этих переменных обоснован существованием связи между количеством актуализированных компонентов СИЗ и ВВХ, показанной для данной методики [2], или, в терминах характеристик среды и поведения, связи между количеством альтернативных форм ответа и временем реакции (см. обзор [39]). Полагали, что сопоставление моделей ВВХ, построенных на независимых переменных, скорректированных в соответствии с альтернативными гипотезами о количестве актуализированных компонентов СИЗ, позволит отвергнуть некоторые из них и отобрать одну или несколько наиболее правдоподобных.

6.1. Анализировали последовательности из семи актов игры, включающие реализацию нового акта, пять предшествующих и один последующий. Эту последовательность обозначали:

$$-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, \text{ где}$$

"0" обозначает новый акт, знаки "-" – акты, предшествующие новому, а "1" – акт, следующий за новым. У 256 испытуемых было выделено 783 такие последовательности (от 1 до 10 у каждого); 31 испытуемый, у которых не было найдено последовательностей такой длины, были распределены по возрастным группам равномерно. После исключения актов, ВВХ для которых выходило за принятые пределы (см. 6.2), количество реализаций для каждого из актов последовательности "-5... -1" составило от 745 до 762. Общее количество актов, вошедших в анализ, составило 4522, а с включением акта, следующего за новым, – 5268.

6.2. Формирование переменных. В качестве зависимой переменной использовали ВВХ. Значения ВВХ меньше 500 мс и больше 28 000 мс из анализа исключали. Распределение значений ВВХ, попавших в эти границы, приводило к нормальному виду, используя процедуру аппроксимации нормального распределения, предложенную Тьюки:

значения переменных пересчитываются по формуле

$$(r-1/3)/(w+1/3),$$

где r – ранг, а w – сумма весов значений (статистический пакет SPSS). Для того чтобы устранить зависимость ВВХ от номера хода в игре и предшествующего игрового опыта, использовали множественную линейную регрессию нормализованных значений ВВХ для независимых переменных "номер хода в игре" и "количество совершенных актов игры". Эти процедуры применяли не к значениям ВВХ, включенным в отобранные последовательности актов игры, а ко всей выборке ВВХ ($N = 83221$). Линейную регрессию применили, поскольку повышение порядка полиномов не приводило к существенному улучшению результатов. При моделировании использовали значения остатков, полученных в результате регрессионного анализа; эти значения обозначили r ВВХ.

В качестве независимых переменных использовали оценки, полученные в результате факторного анализа характеристик, описывающих составляющие СИЗ и их актуализацию (см. 3.4). Факторы выделяли методом главных компонент, использовали косоугольное вращение $Protax$. Факторные оценки набора переменных СИЗ были рассчитаны для актов "-5 ... 0". Разработанные алгоритмы не позволяют реконструировать характеристики актуализированных наборов СИЗ для акта 1, следующего после реализации нового акта.

6.3. Построение моделей. Регрессионные модели строили для выборки последовательностей из пяти актов игры, предшествующих новому акту, и нового акта (последовательность "-5, -4, -3, -2, -1, 0").

Строили две группы моделей. Первая была предназначена для верификации гипотез об актуализации формирующегося компонента СИЗ в последовательности актов "-5 ... 0" и локализации этого события в последовательности. Для коррекции моделей первой группы использовали коэффициенты 0 и 1, – их введение для определенного акта последовательности означало соответственно актуализацию или неактуализацию гипотетического компонента СИЗ. Использовали 41 неповторяющееся сочетание возможных положений коэффициентов в последовательности актов.

Задача построения второй группы моделей состояла в том, чтобы уточнить значения коэффициентов коррекции, позиции которых были определены при оценке моделей первой группы. В этом случае использовали дробные коэффициенты с шагом 0.1. В качестве контрольных использовали модели, в которых порядок изменения коэффициентов, по сравнению с оцениваемой моде-

лю, был (1) инвертированным во времени, (2) случайным (определялся по таблице случайных чисел), (3) равномерно распределенным в зоне низких (близких к нулю) или высоких значений, (4) коэффициенты коррекции имели отрицательные значения.

6.4. Оценка и сопоставление моделей. Качество построенных моделей оценивали по всем основным стандартным критериям: по величинам коэффициента детерминации R^2 и уточненного R^2_{adj} , результатам теста ANOVA – величине критерия F, доверительным интервалам коэффициентов при независимых переменных, характеристикам распределения остатков (по критерию Колмогорова–Смирнова и графикам). Критерий Дарбина–Уотсона не использовали, так как он применим только к тем случаям, когда регрессия строится для всего ряда (см. [12]), а в данной работе выборка представлена более чем 700-ми короткими последовательностями.

Сопоставляли пары регрессионных моделей времени выбора, одна из которых была построена по данным, полученным эмпирически, а другая – скорректирована в соответствии с какой-либо конкретной гипотезой об актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов игры, предшествующей реализации нового акта. Для сравнения качества сопоставляемых моделей использовали критерий Вильямса–Клута (см. [21]) – оценку знака коэффициента b для регрессионной прямой, проходящей через начало координат, для зависимости

$$(M1_{rBBX} - M2_{rBBX}) = b \times (rBBX - (M1_{rBBX} + M2_{rBBX})/2),$$

Где BBX – зависимая переменная, $M1_{rBBX}$ – значения, рассчитанные по стандартной модели $M1$, $M2_{rBBX}$ – по скорректированной модели $M2$, $rBBX$ – нормализованная оценка BBX , учитывающая вклад номера хода в игре и общее количество совершенных ходов. Согласно этому критерию, регрессионная модель $M2$ лучше, чем модель $M1$, если коэффициент b достоверно положителен, т.е. нижняя доверительная граница распределения его значений положительна.

Возможность сопоставления моделей с помощью критерия Вильямса–Клута обеспечивалась тем, что в них использованы матрицы с одинаковым количеством строк и столбцов; выборка независимых переменных в сравниваемых моделях идентична; различие состоит только в величинах коррекционных коэффициентов. Именно оценка эффекта введения коррекционных коэффициентов служила основанием для верификации гипотез об актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности ак-

тов игры, предшествующей реализации нового акта.

7. Статистические гипотезы (гипотезы H_0 с очевидными формулировками не приведены).

7.1. О связи $rBBX$ и характеристик актуализированной совокупности СИЗ.

Гипотеза H_1^1 : коэффициент корреляции $rBBX$ с дескрипторами СИЗ, которые учитывают количество актуализированных компонентов СИЗ для всей выборки актов, отличается от нуля.

7.2. Об изменении $rBBX$ в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта.

Гипотеза H_1^2 : значения $rBBX$ градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Гипотеза H_0^2 : средняя величина $rBBX$ для последовательных актов постоянна, или изменяется в последовательности актов не направленно.

7.3. О динамике характеристик СИЗ и ее связи с изменением $rBBX$.

Гипотеза H_1^3 : значения некоторых характеристик СИЗ градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Гипотеза H_0^3 : средние величины некоторых характеристик СИЗ для последовательных актов постоянны, или изменяются в последовательности актов случайным образом.

Гипотеза H_1^3 : коэффициенты корреляции между некоторыми характеристиками СИЗ и значениями $rBBX$ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, отличаются от нуля.

Гипотеза H_1^3 : коэффициент множественной корреляции $rBBX$ и факторных оценок дескрипторов СИЗ отличается от нуля преимущественно за счет показателей количества актуализированных базовых компонентов.

7.4. Об особенных моментах динамики характеристик СИЗ и связи этих моментов с изменением $rBBX$.

Гипотеза H_1^4 : в динамике некоторых характеристик СИЗ в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры, выделяются минимумы или максимумы.

Гипотеза H_1^4 : эти особые точки совпадают с началом изменения BBX , или предшествуют им.

7.5. О величинах коэффициентов коррекции и их распределении в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта.

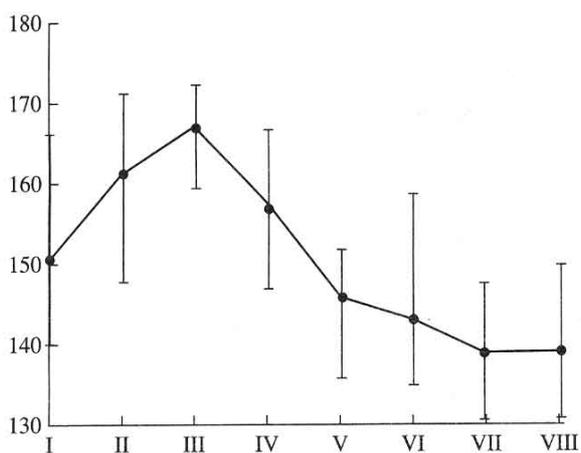


Рис. 1. Количество базовых компонентов СИЗ, сформированных у испытуемых восьми возрастных групп за 256 ходов игры. По оси абсцисс: группы I–VIII (количество испытуемых в группах см. табл. 1); по оси ординат: количество компонентов (медианы, отмечены значения первого и третьего квартиля).

Гипотеза $H_1^{5'}$: при введении корректирующего коэффициента, равного единице, в характеристики актов, удаленных от реализации нового акта, критерий Вильямса–Клута (см. 6.4) отрицателен, а близких к его реализации – положителен.

Гипотеза $H_1^{5''}$: наибольшие **положительные** значения критерия Вильямса–Клута достигаются при градуальном **увеличении** коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта.

Гипотеза $H_1^{5'''}$: наибольшие **отрицательные** значения критерия Вильямса–Клута наблюдаются при градуальном **уменьшении** коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта.

Гипотеза $H_0^{5'}$: при случайном распределении величин коррекций, дающих лучшие модели, по последовательности актов игры, критерий Вильямса–Клута не отличается от нуля.

Гипотеза $H_0^{5''}$: при равномерном распределении константного коэффициента коррекции по последовательности актов игры критерий Вильямса–Клута не отличается от нуля.

7.6. Об объеме репертуара и количестве базовых компонентов в разных возрастных группах.

Гипотеза H_1^6 : у испытуемых младших возрастных групп количество базовых компонентов больше, чем у старших.

8. Статистические процедуры и критерии. Применяли: 1) факторный анализ – выделение факторов методом главных компонент с последующим косоугольным вращением по Promax; 2) множественный регрессионный анализ; 3) кри-

терий χ^2 ; для оценки матриц, содержащих низкие частоты, использовали точный критерий Фишера; 4) коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), устойчивый к отклонению распределенных переменных от нормальности; для нормально распределенных данных – коэффициент корреляции Пирсона; 5) для сравнения значений коэффициентов корреляции использовали z -преобразование Фишера [15, с. 170–172]; 6) точные непараметрические тесты: медианный, Джонкхира–Терпстра, Крускалла–Уоллеса; для оценки доверительных интервалов уровня достоверности применяли процедуру Монте-Карло; 7) ANOVA с проверкой гомогенности дисперсий сравнимых выборок по тесту Левена и множественными сравнениями (post-hoc анализом) по Шеффе; 8) для оценки нормальности распределений использовали точный тест Колмогорова–Смирнова. Гипотезы H_0 отвергали при $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. *Соотношение rBBX и количества актуализированных компонентов СИЗ.*

Выявлены достоверные связи между BBX и переменными, характеризующими СИЗ в игровой ситуации, предшествующей ходу оппонента (постановке им знака на игровом поле) для всей выборки актов, зарегистрированных у всех испытуемых, исключая первые реализации актов определенного типа (новые акты). Объем выборки составил 23456 актов. Для переменных, которые прямо или косвенно характеризуют количество актуализированных базовых компонентов СИЗ, коэффициент r_s был распределен на интервале от 0.113 до 0.133. Для переменных, не отражающих состав базовых компонентов, диапазон значений r_s составил от -0.103 до 0.036 , причем для характеристик стратегий значения коэффициентов были отрицательными. Сравнение граничных значений коэффициентов корреляции (0.113 и 0.036) с использованием z -преобразования Фишера, продемонстрировало их достоверное различие ($t = -8.39$, $df = 23456$, $p < 10^{-5}$). Таким образом, BBX более тесно связано с переменными, характеризующими состав актуализированных базовых компонентов, чем других составляющих СИЗ. Полученные результаты позволяют отвергнуть гипотезу 7.1 H_0^1 и утверждать, что BBX связано с количеством актуализированных компонентов СИЗ.

2. *Формирование новых компонентов СИЗ у испытуемых разных возрастных групп.*

Количество новых базовых компонентов СИЗ, которое сформировано на протяжении 256-и актов игры у испытуемых восьми возрастных групп, показано на рис. 1 (девятая группа исключена из-за малочисленности, см. табл. 1).

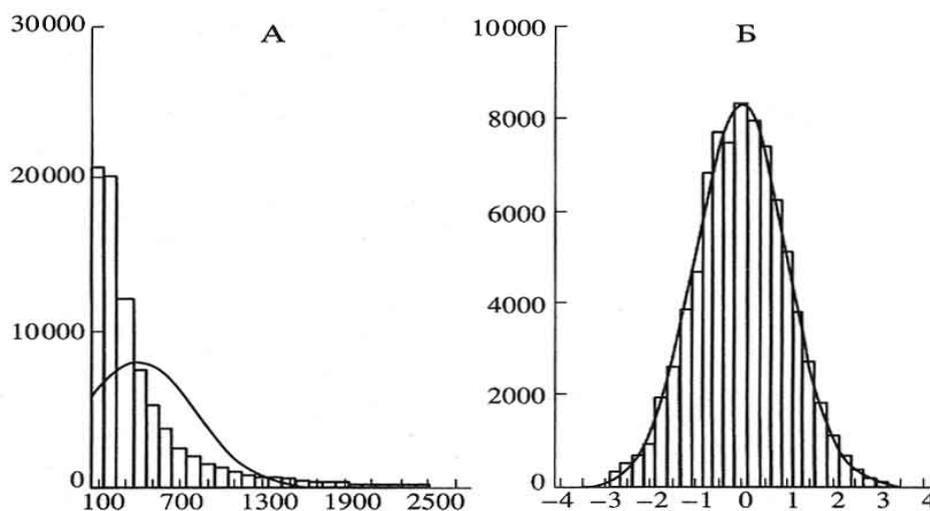


Рис. 2. Распределения значений ВВХ до (А) и после (Б) процедуры нормализации. Плавная линия – кривая нормального распределения; по оси абсцисс: центральные значения для бинов гистограмм; по оси ординат: количество случаев; время представлено на А в мс $\times 10$, на Б – в единицах дисперсии.

В группах I–III (возраст 6–10 лет) количество этих компонентов не различается (точный медианный тест, оценка по Монте-Карло, $\chi^2 = 5.32$; $df = 2$; границы 99% доверительного интервала оценки достоверности: $0.067 < p < 0.080$). Для групп V–VIII (14–27 лет) различий также не выявлено ($\chi^2 = 4.06$; $df = 3$; границы 99% доверительного интервала: $0.249 < p < 0.272$). Для групп III–V (10–14 лет) найдено снижение количества формирующихся компонентов ($\chi^2 = 27.08$; $df = 2$; границы 99% доверительного интервала: $10^{-6} < p < 0.00046$). Таким образом, оценки для испытуемых 6–10 и 14–27 лет представляют статистически достаточно однородные группы и составляют соответственно 161 (95% доверительный интервал: 154–162 компонента) и 142 (95% доверительный интервал: 139–149 компонента). Изменение количества формируемых компонентов происходит в возрасте 10–14 лет.

Таким образом, мы отбрасываем гипотезы 7.6 H_1^6 о равенстве количества базовых компонентов СИЗ у испытуемых разных возрастных групп.

Количество базовых компонентов, составляющих одну группу (КГА), возрастает на интервале формирования компетенции. Темп увеличения объема групп компонентов растет с возрастом испытуемых. Так, медианное значение объема группы достигает величины 2 у испытуемых групп VIII–IX к 240 акту; у испытуемых групп V–VII – к 280 акту; у младших испытуемых (группы I–IV) это значение не достигается на протяжении 300 актов. Максимальное количество компонентов, составляющих группу, не превышало шести. У испытуемого, который совершил 1456 ходов, т.е. в ~ 4.8 раза больше, чем остальные испытуе-

мые, максимальный объем группы также составил шесть компонентов.

3. Динамика ВВХ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта.

Оригинальное распределение значений ВВХ (рис. 2, А) существенно отклоняется от нормального (критерий Колмогорова–Смирнова, $Z = 57.35$, $p < 10^{-9}$). После процедуры нормализации отличие распределения ВВХ от нормального несколько снижается ($Z = 2.22$, $p < 10^{-6}$), хотя по значениям параметров распределение мало отличается от нормального: среднее -2.3×10^{-15} , дисперсия 0.99997, асимметрия -0.028 , эксцесс 0.028 (рис. 2, Б). Возможно, что при больших объемах выборки даже весьма малые абсолютные отклонения параметров служат основанием отвержения гипотезы H_0 .

Применение множественной регрессии показало, что нормализованные величины ВВХ связаны с номером хода в игре (положительная связь, $\beta = 0.148$, $t = 43.07$) и с количеством совершенных ходов в играх (отрицательная связь, $\beta = -0.097$, $t = -28.38$). Коэффициент множественной корреляции $R = 0.171$; $df_{regr} = 2$, $df_{resid} = 83218$; $F = 1248.6$; $p < 10^{-9}$. Распределение остатков для этой регрессионной модели показало высокую степень соответствия нормальному распределению (критерий Колмогорова–Смирнова, $Z = 0.781$, $p = 0.575$). При дальнейшем анализе использовали остатки ВВХ, полученные в результате регрессионной процедуры ($r\text{-ВВХ}$).

Для того, чтобы оценить степень искажения переменных в результате применения процедуры нормализации и множественного регрессионного

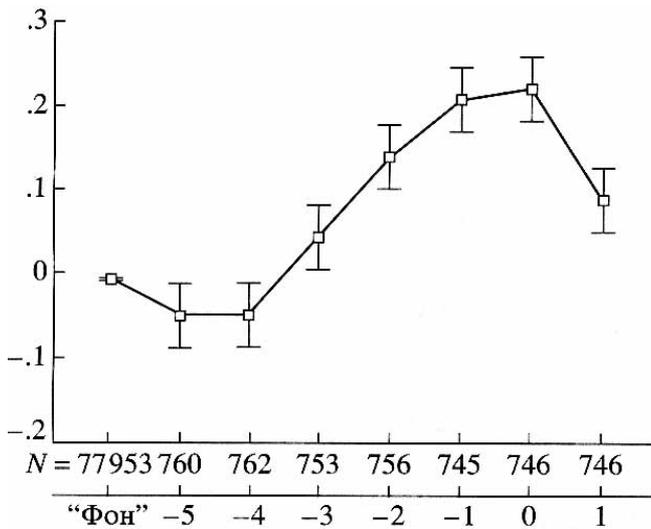


Рис. 3. Изменение $rVBX$ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта.

По оси абсцисс: акты последовательности, "0" – новый акт, "-5...-1" – акты, предшествующие новому, "1" – акт, следующий за новым; "фон" – акты, не включенные в последовательность; N – объем выборки. По оси ординат: время (среднее и стандартная ошибка среднего) в единицах дисперсии.

анализа, рассчитали коэффициент корреляции Спирмена для оригинальных значений VBX и $rVBX$: $r_s = 0.985$, $N = 83221$; $p < 10^{-7}$.

Скорректированные величины VBX продемонстрировали связь с возрастом испытуемых (медианный тест, $\chi^2 = 1212.2$, $df = 8$, $p < 10^{-7}$), неотличимую от связи, рассчитанной для оригинальной выборки VBX (медианный тест, $\chi^2 = 1127.9$, $df = 8$, $p < 10^{-7}$).

Для актов, вошедших в состав последовательностей, распределение исходных значений VBX отличалось от нормального ($Z = 22.324$, $p < 10^{-8}$), а нормализованное и скорректированное ($rVBX$) – не отличалось (в первом случае – $Z = 1.11$, $p = 0.170$; во втором – $Z = 1.17$, $p = 0.131$).

Выборки $rVBX$ для каждого акта в последовательности не отклонялись от нормальности (критерий Колмогорова–Смирнова, оценка по Монте-Карло, минимальное значение нижней границы 99% доверительного интервала – 0.273, верхней границы – 0.854). Дисперсии распределений $rVBX$ для всех актов последовательности не показали достоверных различий, наибольшее значение F -критерия составило 1.109; для $p = 0.05$ и $df = 1000$ критическое значение $F = 1.12$. Тест Левена, как необходимый контроль при дисперсионном анализе, также показал, что дисперсии групп $rVBX$ гомогенны. Таким образом, выборки $rVBX$ для актов, включенных в последовательность, распределены достаточно близко к нормальности и обладают гомогенной дисперсией (гомоскедастичны), и, следовательно, могут быть использо-

ваны в процедуре ANOVA, а также для построения регрессионных моделей.

Дисперсионный анализ показал значимую связь значений $rVBX$ и положения акта в последовательности: $F = 8.22$; $df = 6$; $p = 7.05 \times 10^{-6}$. Динамика $rVBX$ в последовательности актов показана на рис. 3. Множественные сравнения по Шеффе показали, что минимальные значения $rVBX$ соответствуют "фону" и актам "-5" и "-4", а максимальные – актам "-1" и "0", для этих сопоставлений $p < 0.001$. Более либеральный критерий Бонферрони противопоставил актам "-5" и "-4" (минимальные значения $rVBX$) акты "-2", "-1" и "0" (максимальные значения), а акту "0" – акты "-5", "-4", "-3" (для всех сравнений, не включающих акт "-3", $p < 0.011$; для акта "-3" $p = 0.025$). Эти результаты показывают, что в начале последовательности (акты "-5", "-4") $rVBX$ стабильно и не отличается от "фона", увеличивается в акте "-3" (по критерию Бонферрони, но не по Шеффе), достигает максимума в актах "-2", "-1", и "0", а затем снижается до уровня, неотличимого статистически от "фона".

Анализ "сырых" значений VBX при помощи непараметрического критерия Джонкхира–Терпстра (оценка по Монте-Карло) показал, что для группы актов "-5, -4, -3" и "фона" различий в VBX нет ($p = 0.731$, 99% доверительный интервал $0.719 \div 0.742$); для актов "-2", "-1", "0" различия VBX также отсутствуют ($p = 0.146$, 99% доверительный интервал $0.137 \div 0.155$), а для последовательности актов "-3, -2, -1" отмечено увеличение VBX ($p = 0.008$, 99% доверительный интервал $0.006 \div 0.011$). VBX в акте "1" отличается как от "фона" ($p = 0.004$, 99% доверительный интервал $0.002 \div 0.006$), так и от максимальных значений VBX в акте 0 ($p = 0.010$, 99% доверительный интервал $0.007 \div 0.012$). Разница медианных оценок VBX между группами актов "-5, -4" и "-2, -1, 0" составляет 540 мс, а между минимумом (акты "-5, -4") и максимумом (акт "0") – 850 мс.

Значения $rVBX$ в последовательностях актов, предшествующих первой реализации актов, включенных в КАИ или в КГА, не различались (t -тест; для всех актов последовательности: $t < 1.7$, $df = 760$, $p > 0.08$).

Анализ показал, что гипотезу 7.2, H_0^2 следует отвергнуть: значения VBX градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта.

4. Факторный анализ переменных, характеризующих актуализацию СИЗ.

Анализовали 12 дескрипторов СИЗ (см. табл. 2), характеризующих количество актуализированных базовых компонентов (V01), стратегий (V02), компонентов, включенных в стратегии (V03), отношений XOR и AND (V11, V18, V19), ко-

Таблица 2. Факторный анализ характеристик актуализации составляющих СИЗ. Факторные веса получены в результате ко-соугольного вращения по Promax

Обозначения	Переменные, характеризующие актуализацию составляющих СИЗ	Факторы и их веса		
		Содержание переменных:	F I	F II
V01	количество базовых компонентов	886		
V02	количество стратегий	849		
V03	количество компонентов, включенных в стратегии	854		
V11	количество отношений XOR			
V12	количество КГА, составляющих альтернативы	850		
V13	количество КГА, включенных в стратегии	844		
V14	максимальная длина стратегий		884	
V15	минимальная длина стратегий		780	
V16	средняя длина стратегий		960	
V17	энтропия распределения стратегий по альтернативам			739
V18	нормированная оценка количества отношений XOR			
V19	нормированная оценка количества отношений AND			

Примечание. В матрице представлены факторные веса, превышающие 0.7. Нули и запятые опущены.

личество КГА, составляющих альтернативы при выборе хода и включенных в состав стратегий (V12, V13), нормированную энтропию распределения стратегий по альтернативам выбора (V17), длину стратегий (V14–V16).

Детерминант исходной матрицы данных положителен ($D = 1.79 \times 10^{-6}$); критерий Кайзера–Мелкина–Олькина = 0.702; тест сферичности Бартлетта удовлетворителен ($\chi^2 = 62081.9$, $df = 66$; $p < 0.00001$). Выделено три фактора, объясняющих 73.65% дисперсии: F I – 43.56%; F II – 19.29%; F III – 12.79%.

Фактор F I характеризует актуализацию составляющих СИЗ – базовых компонентов (КАИ и КГА), а также стратегий; фактор F II – длину актуализированных стратегий; фактор F III – распределение актуализированных стратегий по альтернативам, составляющим выбор игрока.

Распределения полученных факторных оценок для всех актов последовательности после их нормализации показали достаточную степень сходства с нормальным распределением: критерий Колмогорова–Смирнова, $Z \leq 1.037$; $p \geq 0.232$.

5. Динамика дескрипторов СИЗ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта.

Изменение значений факторных оценок на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры, показано на рис. 4. Дисперсионный анализ и оценка динамики при помощи множественных сравнений по Шеффе показали, что максимальные значения F I соответствуют актам "–4", "–3", "–2", а минимальные – актам "–5" и "0" (для этих сравнений $p < 0.0014$). Значения фактора F II максимальны в актах "–5", "–4", "–3", а затем монотонно

снижаются, достигая минимума в акте 0 (при сравнении с актами "–5 ÷ –2" $p \leq 1.95 \times 10^{-6}$, а с актом "–1" $p = 0.025$). Значения фактора F III минимальны в актах "–5" и "–4", а затем монотонно увеличиваются и достигают максимума в актах "–1" и "0" ($p \leq 0.016$).

Значения факторов в последовательностях актов, предшествующих первой реализации, включенных в КАИ или в КГА, не различались (меди-

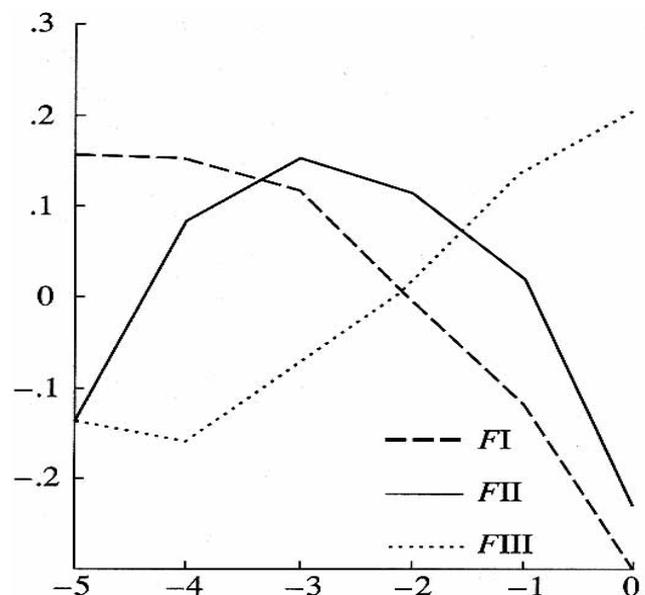


Рис. 4. Динамика факторных оценок характеристик набора актуализированных составляющих СИЗ в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры. По оси абсцисс: последовательность актов, обозначения как на рис. 3; по оси ординат: средние значения факторных оценок. Справа – обозначения факторов на графике.

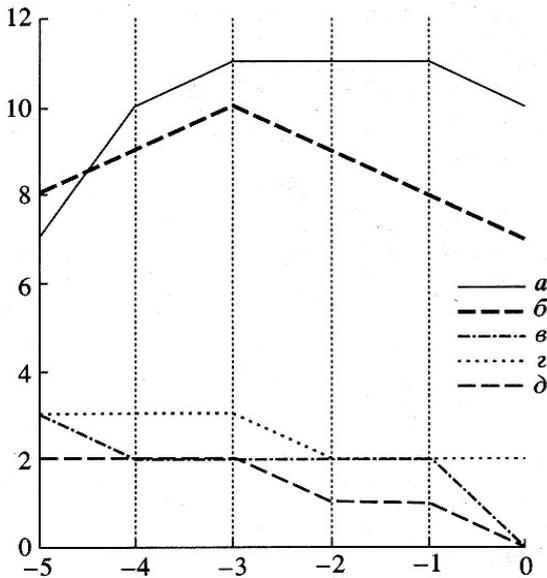


Рис. 5. Количество актуализированных компонентов СИЗ и характеристики ассоциированных с ними стратегий в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры. По оси абсцисс: последовательность актов, обозначения актов как на рис. 3; по оси ординат (во всех случаях – медианные значения): *a* – количество компонентов, представляющих альтернативы принятия решения; *b* – количество компонентов СИЗ, включенных в состав стратегий; *v* – максимальная длина стратегий, отобранных в процессе принятия решения; *z* – максимальная длина актуализированных стратегий для всего множества; *d* – количество стратегий, отобранных при выборе хода.

анный тест, $\chi^2 < 3.20$, $df = 2$, $p > 0.88$). Факторы F1 и F11 показали достоверную положительную связь с *r*VBX (корреляция Спирмена, $df = 4522$, для F1: $R = 0.104$, $p = 1.9 \times 10^{-12}$; для F11: $R = 0.065$, $p = 1.06 \times 10^{-5}$), а фактор F1 – отрицательную ($R = -0.099$, $p = 2.58 \times 10^{-11}$).

В последовательности актов игры, предшествующих реализации нового акта, отмечено, что к акту "–3" по сравнению с "–5" происходит увеличение количества актуализированных компонентов СИЗ, конкурирующих в принятии решения (рис. 5, *a*; $\chi^2 = 58.27$; $df = 1$; $p = 2.27 \times 10^{-14}$), количества актов, включенных в стратегии (рис. 5, *b*; $\chi^2 = 14.87$; $df = 1$; $p = 0.0001$); при этом снижается длина актуализированных стратегий (рис. 5, *v*; $\chi^2 = 18.49$; $df = 1$; $p = 1.7 \times 10^{-5}$). На протяжении последующих актов ("–2" и "–1") при сохранении количества актуализированных базовых компонентов наблюдается снижение количества компонентов, включенных в стратегии (рис. 5, *b*; $\chi^2 = 49.45$; $df = 1$; $p = 2.02 \times 10^{-12}$), длины стратегий – как всего их набора, на котором совершается выбор (рис. 5, *z*; $\chi^2 = 13.56$; $df = 1$; $p = 0.0002$), так и стратегий, реализованных после принятия решения (рис. 5, *d*; $\chi^2 = 569.9$; $df = 1$; $p < 10^{-10}$).

Сопоставление оценок энтропии распределений количества компонентов СИЗ, представляю-

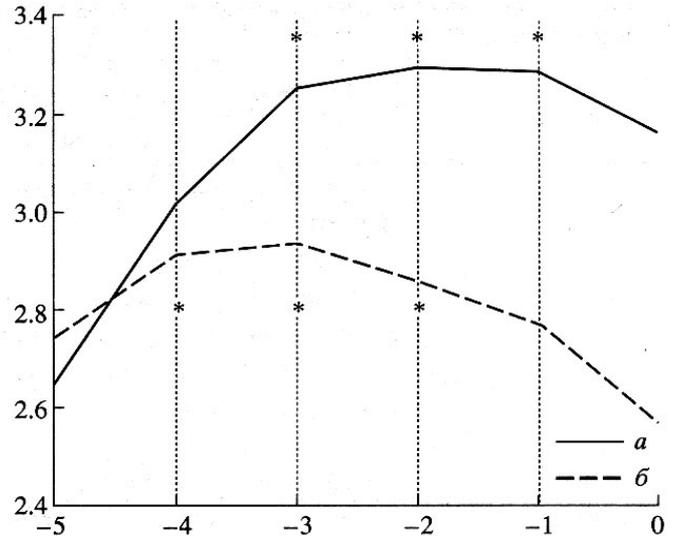


Рис. 6. Энтропийные оценки разнообразия компонентов СИЗ.

По оси ординат – энтропия (медианы). Звездочками помечены максимальные значения оценок энтропии (критерий Джонкхир-Терпстра). Компоненты СИЗ, представляющие альтернативы принятия решения – *a*, включенные в состав стратегий – *b*. По оси абсцисс – последовательность актов, обозначения как на рис. 3.

щих альтернативы принятия решения и компонентов, включенных в стратегии (рис. 6), показало, что в первом случае энтропия достигает максимума в актах "–3 ÷ –1", а во втором – в актах "–4 ÷ –2" (критерий Джонкхир-Терпстра; во всех случаях $p < 0.018$). Совпадение максимумов оценок энтропии распределений для этих показателей СИЗ соответствует актам "–3" и "–2".

Полученные результаты дают основание отвергнуть все варианты гипотез H_0 7.3 и 7.4: значения дескрипторов СИЗ проявляют направленные изменения в последовательности актов, предшествующих реализации нового акта; экстремальные моменты в динамике дескрипторов СИЗ или совпадают с началом интенсивного изменения VBX или предшествуют ему.

6. Связь *r*VBX и факторных оценок дескрипторов СИЗ.

Сопоставление характеристик регрессионной модели *r*VBX, построенной для всех актов последовательности, и моделей, построенных для актов "–5" и "–4" (табл. 3), показывает, что в сравниваемых случаях величины коэффициентов множественной корреляции и значения коэффициентов при переменных (сравнение по границам 95% доверительного интервала) не различаются достоверно.

Характеристики моделей, построенных для отдельных актов (табл. 3), существенно изменяются в последовательности, начиная с акта "–3": коэффициент при переменной F11 (распределение стратегий по альтернативам выбора) не отли-

Таблица 3. Характеристики регрессионных моделей r ВВХ, построенных для всей последовательности актов в целом, а также для каждого из актов последовательности

Модель для:	R	ANOVA ($df = 3$)		Коэффициенты при переменных					
				F I		F II		F III	
		F	$p \leq$	β	p	β	p	β	p
всех актов	.18	52.28	10^{-9}	.17	10^{-6}	-.11	10^{-6}	.08	10^{-6}
акта -5	.23	13.57	10^{-8}	.19	10^{-7}	-.13	.003	.09	.045
акта -4	.22	12.44	10^{-8}	.20	10^{-7}	-.11	.010	.11	.019
акта -3	.15	5.48	.001	.12	.003	-.10	.028	.05	.278
акта -2	.13	4.32	.005	.11	.006	-.12	.012	-.001	.858
акта -1	.17	7.30	7×10^{-5}	.18	10^{-6}	-.05	.317	.09	.056
акта 0	.17	7.28	7×10^{-5}	.19	10^{-6}	-.09	.028	.07	.070

Примечание: жирным шрифтом выделены коэффициенты при переменных, не отличающиеся от нуля.

чается от нуля. Изменения моделей для актов "-3" и "-2" не ограничиваются исключением FIII из модели, коэффициенты при FI также снижаются, хотя доверительные интервалы этих коэффициентов для разных моделей пересекаются. Модель для акта "-1" включает только переменную FI (см. табл. 3).

На протяжении последовательности отмечено достоверное изменение коэффициента множественной корреляции R: его значение для модели r ВВХ акта "-2" в сравнении с коэффициентами корреляции моделей актов начала последовательности ("-5" и "-4") достоверно снижено (z-преобразование Фишера, $t = 1.93$ для сравниваемых выборок объемом 760, 762 и 756, $p < 0.05$).

Таким образом, возможно отвергнуть гипотезу 7.3, H_0^{3*} , поскольку коэффициент множественной корреляции ВВХ и факторных оценок дескрипторов СИЗ отличается от нуля преимущественно за счет показателей количества актуализированных базовых компонентов.

7. Моделирование-1: положение коэффициентов коррекции в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта.

В табл. 4 представлены оценки различных гипотез об актуализации нового компонента СИЗ в последовательности актов игры. Эти данные обобщены в гистограммах, показанных на рис. 7. Часть данных, использованных при построении гистограмм, приведена в табл. 4. В гистограммы включены также результаты моделирования со случайным распределением коэффициентов по актам. Распределение коэффициентов по актам последовательности для случаев, когда гипотеза H_0 о сходстве эмпирической и скорректированной моделей не отвергалась (табл. 4, последняя колонка, "0"; рис. 7, А), не отличалось от равномерного (точный критерий Колмогорова-Смирнова, процедура Монте-Карло, $Z = 1.34$; $0.40 < p \leq 0.51$),

а для случаев отвержения гипотезы H_0 – отличалось – (рис. 7, Б: $Z = 2.26$; $10^{-7} < p \leq 0.00046$; рис. 7, В: $Z = 2.15$; $10^{-7} < p \leq 2 \times 10^{-5}$). Снижение качества моделей отмечено при коррекции характеристик актуализированной совокупности составляющих СИЗ в начале последовательности актов (медиан-

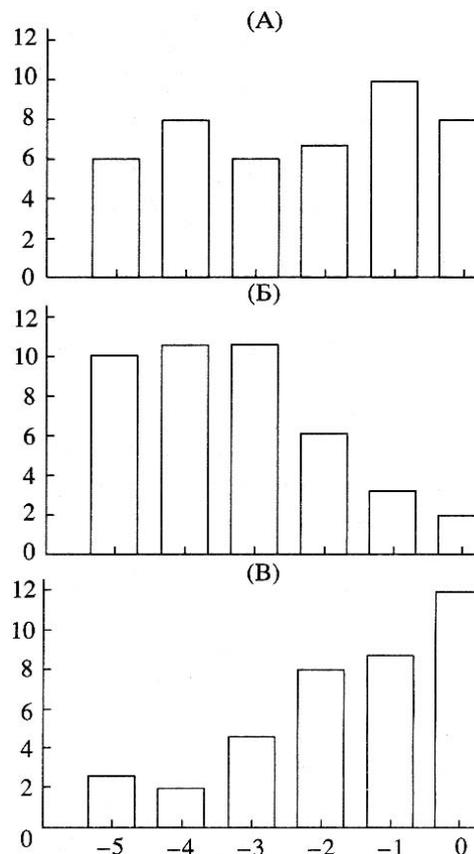


Рис. 7. Распределение в последовательности актов коэффициентов коррекции, не изменяющих (А), снижающих (Б) и повышающих (В) качество моделей. Обозначения по оси абсцисс как на рис. 3 и 4; по оси ординат – количество случаев.

Таблица 4. Эффективность коррекции регрессионных моделей $rBVX$ при различном распределении единичных коррекционных коэффициентов в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры

№ модели	Положение коэффициентов коррекции						Сравнение эмпирической и скорректированной моделей $rBVX$					
							нестандартизованный коэффициент В		t -тест	p	улучшение (+) ухудшение (-) модели	
	оценка В	95% доверительный интервал: границы										
-5		-4	-3	-2	-1	0		нижняя	верхняя			
1	1											
2		1					-4.14	-6.20	-2.07	-3.93	8.6×10^{-5}	-
3			1				-1.75	-3.90	0.39	-1.60	.109	0
4				1			0.28	-1.87	2.42	0.26	.256	0
5					1		1.42	-0.59	3.42	1.38	.179	0
6						1	3.26	1.51	5.02	3.64	2.7×10^{-4}	+
7	1	1					-3.75	-5.28	-2.23	-4.82	1.5×10^{-6}	-
8		1	1				-3.33	-4.94	-1.72	-4.06	5.0×10^{-5}	-
9			1	1			-0.83	-2.51	0.85	-0.97	.334	0
10				1	1		1.30	-0.32	2.91	1.58	.115	0
11					1	1	2.92	1.49	4.35	3.99	6.5×10^{-5}	+
12/31	1	1	1				-3.77	-5.16	-2.37	-5.29	1.3×10^{-7}	-
13		1	1	1			-2.57	-4.08	-1.05	3.33	.001	-
14			1	1	1		0.17	-1.34	1.69	0.23	.822	0
15/34				1	1	1	3.06	1.69	4.43	4.38	1.2×10^{-5}	+
16/26	1	1	1	1			-3.63	-5.09	-2.16	-4.85	1.3×10^{-6}	-
17		1	1	1	1		-1.82	-3.36	-0.29	-2.33	.020	-
18/30			1	1	1	1	3.07	1.61	4.54	4.11	4.0×10^{-5}	+
19	1	1	1	1	1	1	76.81	-156.7	310.4	0.64	.519	0
20	1	1	1	1	1		-3.71	-5.41	-2.02	-4.30	1.7×10^{-5}	-
21	1	1	1	1		1	-2.23	-4.23	-0.24	-2.20	.028	-
22	1	1	1		1	1	-1.27	-3.26	0.72	-1.25	.212	0
23	1	1		1	1	1	0.94	-1.09	2.98	0.91	.364	0
24	1		1	1	1	1	3.27	1.40	5.20	3.40	.001	+
25		1	1	1	1	1	1.72	-0.18	3.61	1.77	.077	0
26/16	1	1	1	1			-3.63	-5.09	-2.16	-4.85	1.3×10^{-6}	-
27	1	1	1			1	-2.09	-3.67	-0.51	-2.59	.010	-
28	1	1			1	1	-0.16	-1.75	1.42	-0.20	.839	0
29	1			1	1	1	2.56	1.04	4.07	3.31	.001	+
30/18			1	1	1	1	3.07	1.61	4.54	4.11	4.0×10^{-5}	+
31/12	1	1	1				-3.77	-5.16	-2.37	-5.29	1.3×10^{-7}	-
32	1	1				1	-1.10	-2.60	0.40	-1.44	.150	0
33	1				1	1	1.78	0.35	3.20	2.44	.015	+
34/15				1	1	1	3.06	1.69	4.43	4.38	1.2×10^{-5}	+

Примечание: "0" в последней графе обозначает, что гипотеза H_0 о нулевом значении коэффициента В не отвергнута (качество скорректированной и эмпирической модели не различается); "+" и "-" – гипотеза H_0 отвергнута, коэффициент В положителен или отрицателен (соответственно, скорректированная модель лучше (+) или хуже (-) эмпирической). В качестве стандартной принята модель "для всех актов последовательности", описанная в табл. 3.

Горизонтальными линиями разделены группы моделей, построенные по единому принципу. Модели, повторяющиеся в разных группах (например, 12/31), приведены, чтобы показать связь положения коэффициентов и качества моделей. Модели со случайным распределением коэффициентов по актам последовательности не приведены.

Таблица 5. Отбор наиболее эффективных коэффициентов коррекции

№ модели	Положение и значения коэффициентов коррекции						Сравнение лучшей модели (15/34, табл. 4) и моделей rBBX, скорректированных дробными коэффициентами					
							нестандартизованный коэффициент В		t-тест	p	Изменение качества модели	
	оценка В	95% доверительный интервал: границы										
-5		-4	-3	-2	-1	0		нижняя	верхняя			
1	0	0	0	0	0	.8	-1.82	-3.43	-0.20	-2.21	.027	-
2	0	0	0	.4	1.4	1.6	1.86	-0.27	3.74	1.93	.053	0
3	.1	.1	.3	1.3	1.4	1.6	8.17	4.65	11.69	4.55	3.5 × 10⁻⁶	+
4	.1	.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.92	-0.20	4.03	1.78	.075	0
5	.5	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	-2.24	-4.33	-0.15	-2.10	.036	-
6	1.6	1.4	1.3	.3	.1	.1	-1.63	-2.25	-1.00	-5.10	3.5 × 10 ⁻⁷	-
7	1.3	.1	.3	1.6	1.4	.1	-1.91	-2.94	-0.88	-3.62	.00029	-
8	1.4	.3	.1	1.6	.1	1.3	-1.36	-2.41	-0.30	-2.51	.012	-
9	.1	.1	.1	.1	.1	.1	-3.06	-4.43	-1.69	-4.38	1.2 × 10 ⁻⁵	-
10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-3.06	-4.43	-1.69	-4.38	1.2 × 10 ⁻⁵	-
11	-1	-1	-3	-1.3	-1.4	-1.6	-1.64	-2.27	-1.02	-5.16	2.6 × 10 ⁻⁷	-

Примечание: обозначения как в табл. 4. Для сравнения в качестве стандарта принята модель 15/34, табл. 4. Лучшая модель (3) выделена жирным шрифтом; модели 1 и 2 показывают минимум, а 4 и 5 – максимум допустимых коррекций. Модель 6 – инвертированный порядок коррекций, 7 и 8 – случайное распределение коэффициентов, 9 и 10 константные коррекции, 11 – отрицательные значения коррекций.

ное значение – акт "-3"), для улучшенных моделей (медианное значение положения коррекции – акт "-1"), для моделей, не изменяющих качества, медианное положение коррекций совпадает с актом "-2". Точный критерий Джонкхира–Терпстра показал высокую степень различия между расположением коррекционных коэффициентов для улучшения и ухудшения моделей (рис. 7, Б и В; $p = 6.4 \times 10^{-6}$), а также между распределениями коэффициентов, не изменяющих качество моделей и снижающих его ($p = 0.006$).

Следует отметить, что приведенные оценки даны для всех рассмотренных расположений коэффициентов, включая их одновременное приписывание начальным и конечным актам последовательности. Результаты моделирования показывают, что лучшие модели (см. табл. 4, № 15/34, 18/30) получены при коррекции характеристик СИЗ для актов "-2", "-1", "0", а наихудшие (№ 2, 7, 12/31, 16/26, 20) – при коррекции для актов "-5", "-4", "-3". Смещение таких полярных коррекций приводит к получению моделей, не отличающихся по качеству от эмпирической (например, модели № 22, 23, 28). Приведенные выше статистические оценки сходства распределений коэффициентов (равных единице) по актам последовательности, а также результаты, приведенные в табл. 4, показывают, что лучшим моделям соответствуют коррекции количества актуализированных компонентов для актов "-2", "-1", "0".

8. Моделирование–2: уточнение значений коэффициентов коррекции для лучшей модели rBBX; контрольные модели rBBX.

Значения коэффициентов коррекции, максимально увеличивающие качество лучшей модели, рассчитанной для значений коэффициентов равных единице (табл. 4, модель 15/34), показаны в табл. 5, модель 3. Коэффициенты коррекции в этой модели имеют дробные значения, они отличаются от нуля для всех актов последовательности. Для актов "-2", "-1" и "0" значения коэффициентов превышают единицу.

Показано, что при ограничении коррекций актами, непосредственно предшествующими новому ("-1" и "-2") и снижении значений коэффициентов коррекции (табл. 5, см. модель 2), качество модели снижается; если коррекции вносятся только в параметры СИЗ для акта "0", то модель становится достоверно хуже. Симметричные изменения качества модели отмечены, если коррекции вносятся в акты начала последовательности (табл. 5, акты "-5" и "-4"; модели 4 и 5).

Модели, в которых порядок коэффициентов, соответствующий актам последовательности, инвертировали (табл. 5, модель 6; эта операция топологически эквивалентна инверсии знака коэффициентов, см. модель 11), или изменяли случайно (модели 7 и 8), снижали качество моделей. Приписывание коэффициентам равных значений, маленьких (0.1, модель 9) или больших (2.0, модель 10), одинаково снижало качество моделей.

Таблица 6. Сопоставление моделей для последовательностей актов, завершающихся одним новым актом (А, $n = 391$), двумя последовательными новыми актами (Б, $n = 387$) и для суммы выборок А и Б (В, $n = 778$)

Модели	Положение и значения коэффициентов коррекции						Сравнение эмпирической и скорректированной моделей r ВВХ					
							нестандартизованный коэффициент В		t -тест	p	Изменение качества модели	
	оценка В	95% доверительный интервал: границы										
-5		-4	-3	-2	-1	0		нижняя	верхняя			
А	.1	.1	.2	.5	.8	.9	5.19	2.59	7.79	3.90	9.5×10^{-5}	+
Б	.1	.1	.5	1.0	1.3	1.5	2.46	.77	4.15	2.86	.004	+
В	.1	.1	.3	1.3	1.4	1.6	8.17	4.65	11.69	4.55	3.5×10^{-6}	+

Примечание: обозначения как в табл. 4. Модель В приведена в табл. 4, № 15/34.

Сравнение моделей для последовательностей, которые завершаются либо одним новым актом (в позиции "0"), за которым следует старый акт ("1"), либо двумя новыми актами ("0" и "1"), а также их сопоставление с лучшей моделью для всего массива данных, приведено в табл. 6. Хотя точность моделирования принципиально снижается при уменьшении объема данных вдвое, можно отметить, что в ситуации формирования одного нового акта (модель А), по сравнению с ситуацией формирования двух новых актов (Б) и со "смешанной" ситуацией (В), коэффициенты коррекции снижаются, и в момент, предшествующий первой реализации акта приближаются к единице. Значения коэффициентов для моделей Б и В трудно различимы. Специально отметим относительно низкий уровень достоверности модели Б до сравнению с моделями А и В.

Результаты построения множественных регрессионных моделей r ВВХ позволяют отвергнуть множество гипотез H_0 , поскольку лучшие модели соответствуют градуальному увеличению коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта, а худшие – его уменьшению.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное исследование позволило охарактеризовать латентный период формирования нового компонента СИЗ, предшествующий первой реализации нового акта игры. Оценки изменения ВВХ, динамики характеристик актуализированных наборов компонентов и составляющих СИЗ, а также результаты моделирования дают основания для точной локализации особого интервала для формирования нового компонента – "2" – "3" акты, предшествующие реализации нового акта игры.

1. *Закономерности изменения ВВХ и его связь с составом актуализированных составляющих СИЗ.* ВВХ начинает возрастать за 3 акта до первой реализации нового акта игры и достигает максимума при его реализации. После этого ВВХ

уменьшается и приближается к средней величине времени выбора (рис. 3). Этот результат продемонстрирован при применении процедуры ANOVA с post-hoc сравнением r ВВХ в последовательных актах; проведен контроль нормальности распределения зависимых переменных и гомогенности дисперсий сравниваемых выборок. Специально отметим, что эта закономерность (1) для различных подвыборок последовательностей не утрачивает статистической значимости; (2) не служит проявлением динамики ВВХ, связанной с приближением к эндшпилю, или с общей тенденцией снижения темпа игры при приобретении компетенции, поскольку эти факторы специально контролировали. К этим же актам последовательности приурочены экстремальные значения или начало интенсивных изменений характеристик актуализированных наборов СИЗ (рис. 4–6).

Анализ соотношений между ВВХ и количественными характеристиками СИЗ (как парных корреляций, так и множественных регрессионных моделей) показал, что ВВХ наиболее тесным образом связано с количеством актуализированных компонентов СИЗ. Выявленную связь можно сопоставить с известными соотношениями времени принятия решения или времени реакции с количеством альтернатив (см. обзор [39]), поскольку в игре одновременно актуализированные компоненты СИЗ выступают как конкурирующие альтернативы при выборе хода [2, 5].

2. *Условия инициации формирования нового компонента СИЗ.* Установленная сопряженность ВВХ и количества актуализированных компонентов СИЗ составила основу способа верификации гипотезы о том, что новый компонент СИЗ формируется на интервале, предшествующем первой реализации этого компонента в составе актуализированной совокупности компонентов, представляющей новый акт репертуара игрока. На этом основании для моделирования были использованы такие дескрипторы СИЗ, значения которых могут быть скорректированы в соответствии с гипотезами об актуализации

формирующегося компонента СИЗ в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта (статистические гипотезы $H_1^{5^*} - H_0^{5^*}$, см. раздел 7.5). Смысл применения регрессионного анализа состоял не в построении лучшей модели ВВХ – для этого следовало бы применить полный, а не сокращенный набор дескрипторов СИЗ. Поэтому точность описания ВВХ, достигнутая построенными регрессионными моделями, даже лучшими, невысока.

Оценка результатов коррекций при использовании единичных коэффициентов, означающих актуализацию формирующегося компонента на протяжении последовательности актов, предшествующих новому, позволило надежно отвергнуть модели, соответствовавшие предположению об актуализации компонента за четыре-пять актов до первой реализации нового. Напротив, стандартную (исходную) модель достоверно улучшало приписывание коэффициентов к трем актам, непосредственно предшествующим первой реализации нового (табл. 4, рис. 7). Применение равномерного и случайного (если коэффициенты приписывались не последним трем актам) расположений единичных коэффициентов коррекции в последовательности ни в одном случае не привело к улучшению моделей.

3. *Динамика вероятности и степени актуализации нового компонента СИЗ.* Моделирование с применением дробных значений коэффициентов коррекции проводили для того, чтобы уточнить оценку динамики предполагаемой актуализации формирующегося компонента. Эти результаты полностью согласуются с моделями, построенными с использованием единичных коэффициентов (сравните табл. 4 и 5), включая модели с инвертированным или случайным расположением коэффициентов в последовательности актов. Модель 3, показанная в таблице 5 (также как и модели 15/34 и 18/30 в табл. 4), была оценена как лучшая, поскольку любые изменения в величине или расположении коэффициентов ухудшали результаты моделирования. Уточненные модели показали, что вероятность актуализации нового компонента СИЗ до его первой реализации в игре на всем изученном интервале не снижается до нуля, а градуально возрастает синхронно с изменением ВВХ.

В лучшей модели значения коэффициентов коррекции для актов "0", "-1" и "-2", непосредственно предшествующих реализации нового акта, достоверно превышают единицу (табл. 5, модель 3). Смысл, который придан коэффициентам коррекции, прямо указывает на то, что в этих случаях происходит формирование более чем одного нового компонента СИЗ. Это было продемонстрировано при разделении выборки последовательностей на две группы, в первую из которых во-

шли случаи, когда после первой реализации нового акта следовала реализация "старого" акта, а во вторую – случаи последовательной реализации двух новых актов (табл. 6). Снижение объема выборки в два раза, разумеется, уменьшает точность оценки коэффициентов, но для первой подвыборки коэффициенты снизились и не превысили единицу, т.е. они описывают формирование *одного* нового компонента. Для второй подвыборки значения коэффициентов существенно не изменились. Следует обратить внимание на различие оценок результатов введения коррекций в модели: для случая с двумя (или более, чем двумя) последовательными новыми актами уровень достоверности существенно ниже, чем для модели с одним новым актом (ср. модели А и Б, табл. 6). Действительно, во втором случае происходит интерференция по крайней мере двух процессов формирования новых компонентов СИЗ, что и проявляется в меньшей определенности коэффициентов. Показанные различия в коэффициентах коррекции для сравниваемых случаев (формирование одного или двух компонентов) демонстрируют высокую чувствительность вычислительного приема верификации гипотез о латентной динамике формирования компонентов СИЗ. Следует заметить также, что предварительные оценки коэффициентов коррекции, построенные на выборке из 178 последовательностей [3], весьма близки по значениям к оценкам, полученным в данной работе.

Эти результаты позволяют не отвергать исследовательские гипотезы 1, 2, 3, 4 (см. "Введение"), которые оценены как наиболее правдоподобные.

4. *Особенности латентного этапа формирования нового компонента СИЗ.* Все примененные варианты построения моделей позволяют утверждать, что формирование нового компонента начинается в латентной форме за несколько актов до того, как он реализуется как новый акт игры. Вероятность актуализации формирующегося компонента отлична от нуля на всем исследованном интервале поведения, но степень актуализации нового компонента значительно возрастает (акт "-3"), а затем продолжает градуально увеличиваться, достигая максимума при реализации нового акта.

Таким образом, в последовательности актов, предшествующей первой реализации нового акта, выделяется особый интервал – окрестности акта "-3". Специфика этого интервала проявляется в динамике ВВХ (рис. 3) и факторных оценок множества дескрипторов СИЗ (рис. 4), в характеристиках актуализации компонентов СИЗ и стратегий (рис. 5), в разнообразии актуализирующихся наборов компонентов (рис. 6).

В окрестностях акта "-3" выявлено начало резкого снижения длины стратегий (рис. 4 и 5), особенно выраженное для стратегий, отобранных при выборе хода (рис. 5, д). Количество же актуализированных компонентов СИЗ к этому моменту достигает максимума и на протяжении актов "-2", "-1", "0" сохраняется относительно постоянным (рис. 5, а). Таким образом, для акта "-3" характерна актуализация большого количества компонентов СИЗ, ассоциированных с короткими стратегиями, т.е. все альтернативные варианты выбора хода эквивалентны. Ситуации с эквивалентными альтернативами сложнее для принятия решения, чем ситуации, в которых некоторые (единичные) альтернативы обладают преимуществом [39].

В рассматриваемом случае альтернативы, связанные с более длинными стратегиями, обладают селективным преимуществом, а включение такой альтернативы в набор актуализированных компонентов и стратегий облегчает выбор хода. Напротив, ситуация, в которой все альтернативы обладают равной селективной ценностью, трудно разрешима. Для акта "-3" отмечена не только равная селективная ценность альтернатив, но актуализированы короткие стратегии; причем на протяжении последовательности "-3=0" отмечена тенденция сокращения длительности стратегий. Поэтому саму ситуацию можно охарактеризовать как *проблемную*. Именно прогрессирующее усложнение выбора хода, развитие проблемной ситуации проявляется в градуальном увеличении ВВХ (рис. 3).

Одна из наиболее фундаментальных закономерностей научения, описанная еще в XIX в., указывает на особую роль в инициации процесса научения столкновения с проблемой, которая не разрешима средствами, сформированными ранее (см. обзоры [4, 14, 37]). В изученной ситуации начало актуализации формирующегося компонента совпадает с началом развития проблемной ситуации и ее проявлением в увеличении ВВХ. Эта сопряженность дает основание полагать, что экстренное формирование нового компонента иницируется возникновением проблемной ситуации, разрешения которой невозможно достичь за счет уже сложившегося репертуара актов игры; актуализация же нового компонента открывает дополнительную альтернативу выбора в развитии игры.

Полученные результаты хорошо соответствуют представлению о том, что моменты порождения нового характеризуются состоянием неравновесности, неустойчивости (см., например, [18, 23]: в актах "-3" и "-2" отмечены максимальные значения энтропийных оценок разнообразия актуализированных компонентов СИЗ (рис. 6). Важно, что к моменту первой реализации нового

акта значения энтропии снижаются. И. Пригожин отмечает: "В равновесном состоянии производство энтропии достигает минимального значения, в неравновесном – максимального. Неравновесная система может спонтанно эволюционировать к состоянию более высокой сложности" [18, с. 61]. Действительно, состояние СИЗ после образования нового компонента, связанного отношениями различного типа с другими компонентами, следует оценивать как более сложное, чем исходное.

Инициация формирования нового компонента сопровождается состоянием неопределенности актуализированной совокупности компонентов и составляющих СИЗ. Можно предположить, что и в двигательной активности игроков развивается (и проявляется) состояние неопределенности, например, траектории движения руки при выборе хода [2] могут существенно усложняться; этого следует ожидать в связи с результатами [28].

5. *Порождение новых компонентов СИЗ и протокомпоненты.* Неопределенность, неравновесность состояния СИЗ в интервале инициации формирования нового компонента указывает на дифференциацию как способ его порождения [18]. Представляется, что основанием к описанию процесса дифференциации компонентов СИЗ из протокомпонентов может служить существование групп компонентов, объединенных общностью ситуационных и операциональных возможностей актуализации. Такие группы ограничены по объему (см. "Результаты", 2), с предполагаемым протокомпонентом их связывает отношение, по свойствам соответствующее отношению генерации, порождения (см. [16]); такие группы участвуют в принятии решения как единое целое, их члены связаны отношениями "AND" [5]. Исходя из представления, что протокомпонент представляет собой группу преспециализированных нейронов [6], а компоненты – группы нейронов со сходными специализациями, можно полагать, что в количестве сформированных групп компонентов проявляются общие свойства нейрогенеза. Действительно, результаты показали, что количество групп компонентов (дающее оценку количеству протокомпонентов), формирующихся у испытуемых разных возрастных групп (рис. 1); соответствует данным о более интенсивном нейрогенезе у молодых животных, чем у взрослых [26, 33].

Варианты дифференциации протокомпонента в компоненты описываются с помощью теории графов. Так, для дифференциации с четырьмя конечными продуктами существует 15 возможных корневых деревьев [10]. На рис. 8 показаны несколько вариантов дифференциации клеток [13, с. 151]. Наиболее правдоподобный вариант дифференциации протокомпонента из показанных на рисунке – А – тангенциальное деление,

при котором протокомпонент последовательно порождает дочерние компоненты, сохраняя свой статус. Эта версия не противоречит ограниченному количеству возможных дифференциаций протокомпонента. Версии Б, В и Г следует отвергнуть, поскольку новый компонент, порождая следующее поколение, должен либо исчезать, либо кардинально изменять свои свойства. Против этих вариантов также говорит полученный в настоящей работе результат: первая и последующие дифференциации новых компонентов, включенных в одну группу, не различимы ни по условиям порождения, ни по временным характеристикам процесса, ни по свойствам компонентов.

Таким образом, основные события при формировании нового компонента СИЗ можно представить как последовательность стадий. Следует предположить, что предыстория формирования компонента – образование протокомпонента – инициируется экспозицией общей проблемной ситуации, в рассматриваемом случае – предъявлением инструкции, демонстрацией игры и представлением партнера. Показано, что наиболее ранние стадии нейрогенеза запускаются предъявлением новой ситуации [8, 38]. При возникновении локальной проблемной ситуации, описываемой в терминах структуры знания как сокращение длины стратегий, доступных для актуализации в данной ситуации, как развитие состояния неопределенности, протокомпонент – объединение преспециализированных клеток – порождает (дифференцирует) некоторое их подмножество, которое экстренно специализируется. Этот процесс протекает на протяжении двух–трех ходов игры (от десятка секунд до нескольких минут). Затем образующийся компонент реализуется в составе компонентов СИЗ, обеспечивающих новый акт игры.

Чтобы быть включенным в последовательность актов, новый компонент должен соответствовать исходной ситуации реализующегося акта. Это может зафиксироваться в субструктуре компонента только в интервале, близком к моменту реализации нового акта, но не за 2–3 хода до этого, поскольку в типичной игровой ситуации существует несколько вариантов ее развития, и даже при двух альтернативах при каждом выборе хода на протяжении трех актов существует восемь возможных вариантов включения акта в последовательность. Следует оценить также невозможность за 2–3 акта до первой реализации нового акта точно предсказать и способ изменения игровой ситуации, который окажется приемлемым. Таким образом, свойства, позволяющие компоненту реализоваться в определенном месте последовательности, новый компонент СИЗ приобретает в момент первой реализации. Это означает также, что существуют две формы актуализации компонентов СИЗ, возможно, качественно различные, — с

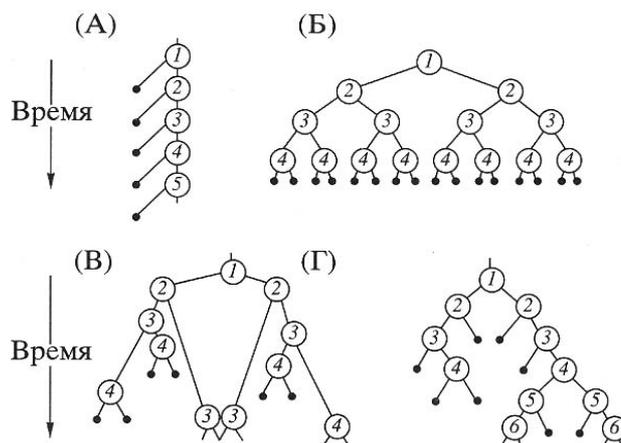


Рис. 8. Теоретически возможные варианты дифференциации. Черными точками показаны дифференцированные клетки, неспособные к дальнейшему делению, светлыми кружками – стволовые клетки [13, с. 151].

проявлением во внешнем поведении ("поверхностная структура") и скрытая ("глубинная структура").

Так как новые компоненты СИЗ формируются эпигенетически в контексте текущего поведения и, следовательно, фиксируют историю своего происхождения, их характеристики сопоставимы с некоторыми свойствами "побочных продуктов" взаимодействия индивида с миром (ср. с [17]). Это позволяет предположить, что с формированием новых компонентов СИЗ как побочных продуктов связаны не только потенциально новые способы достижения результатов, но и само возникновение локальных проблемных ситуаций.

Представляется, что результаты настоящего исследования имеют значение для объяснения широкого круга явлений, связанных с формированием нового опыта. Современные исследования показывают принципиальное единство закономерностей для всех форм научения, независимо от природы изучаемого материала (логический, символический, операциональный) и уровня научения (навык, знание, социальная компетенция) (см. например [44]).

На основании полученных в работе результатов возможно строить представление о научении в терминах формирования и модификации структуры, формирования новых компонентов структуры, дифференциации компонентов из структур-предшественников. Появляется возможность разделения процессов научения как формирования новых структур, новых компонентов структуры, и как реорганизации, оптимизации структур, сформированных ранее. Представляется, что это направление исследований открывает перспективы в преодолении феноменологизма классичес-

ких "законов научения", сформулированных в конце XIX – начале XX вв. Так, например, "закон эффекта" должен быть пересмотрен, поскольку в структуре опыта могут фиксироваться любые новые взаимодействия индивида с окружением, а не только успешные.

Процесс научения, который феноменологически выглядит как последовательность реализации новых актов репертуара поведения, представляет собой множество перекрывающихся во времени процессов формирования новых компонентов СИЗ. Из этого следует, во-первых, что из порядка реализации новых актов в поведении нельзя вывести последовательность инициации их формирования, а, во-вторых, что строго "дефинитивного" состояния СИЗ не существует. Можно утверждать, что *исчерпывающего* описания структуры индивидуального знания **не может быть дано принципиально**, поскольку СИЗ характеризуется лишь по проявлениям ее использования, в то время как новые ее компоненты формируются и вступают во взаимоотношения со сформированными ранее компонентами до того, как эти изменения окажутся доступными для наблюдателя (регистрации).

Проведенное исследование позволяет рассматривать как наиболее актуальные и фундаментальные следующие вопросы: (1) что представляют собой сформированные компоненты знания, каково их соотношение с семантикой предметной области, со структурой поведенческого континуума, с процессами нейрогенеза и поведенческой специализации нейронов; (2) каков источник многообразия этих компонентов и как они соответствуют репертуару поведения; (3) в чем состоит основа единства и специфики компонентов опыта/знания различного масштаба (например, доменных структур знания), которые формируются при научении.

ВЫВОДЫ

1. На протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры, время выбора хода (ВВХ) градуально увеличивается. Интервал возрастания ВВХ занимает 2–3 акта, предшествующих новому. На этом интервале происходит также изменение состава набора актуализированных компонентов и составляющих СИЗ: снижается количество и длина стратегий; количество базовых компонентов достигает максимума, а затем снижается.

2. Первым проявлениям формирования нового компонента соответствует возникновение затруднений в достижении этапных целей игры, образование проблемной ситуации. Для множества актуализированных компонентов СИЗ это выражается в снижении количества актуализирован-

ных стратегий и компонентов, входящих в их состав, т.е. в уменьшении селективной ценности альтернатив, конкурирующих в процессе принятия решения.

3. Построение регрессионных моделей ВВХ для актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, которые учитывали различные гипотезы о латентной актуализации формирующегося компонента СИЗ, представляющего новый акт игры, показали, что вероятность его формирования градуально увеличивается, начиная со второго-третьего акта до его первой реализации.

4. Новые компоненты СИЗ дифференцируются из своих генетических предшественников ("протокомпонентов") последовательно. Количество компонентов, которые дифференцируются из одного протокомпонента, ограничено. Каждый протокомпонент порождает группу компонентов СИЗ, которые, вследствие этого, обладают общностью ситуационных и операциональных возможностей актуализации.

5. Скрытый период формирования нового компонента СИЗ включает: (1) стадию инициации формирования, которая связана с возникновением локальной проблемной ситуации на игровом поле; (2) стадию актуализации в составе наборов компонентов СИЗ, реализующих ранее сформированные акты игры, при этом соответствие компонента точному положению в континууме поведения не определено; (3) стадию актуализации при первой реализации нового акта, когда отношения нового и предшествующего актов становятся определенными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адельсон-Вельский Г.М., Арлазоров В.Л., Битман А.Р., Донской М.В.* Машина играет в шахматы. М.: Наука, 1983.
2. *Александров И.О., Максимова Н.Е.* Познание, субъективный опыт и медленные потенциалы мозга: предварительные результаты // Психологическая познавательных процессов. Материалы III советско-финского симпозиума по психофизиологии. М., 1988. С. 32–38.
3. *Александров И.О., Максимова Н.Е.* О виртуальности компонентов индивидуального знания на ранних стадиях их формирования // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Составитель Н.В. Чудова. М.: Российская ассоциация искусственного интеллекта, 1998. С. 61–82.
4. *Александров И.О., Максимова Н.Е.* Научение // Психология XXI века / Под ред. В.Н. Дружинина. М.: Per Se, 2003. С. 238–267.
5. *Александров И.О., Максимова Н.Е., Горкин А.Г., Шевченко Д.Г., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В., Никитин Ю.Б.* Комплексное исследование струк-

- туры индивидуального знания // Психол. журнал. 1999. № 1. С. 49–69.
6. Александров Ю.И. Системная психофизиология // Психофизиология / Под ред. Ю.И. Александрова. Спб.: Питер. 2001. С. 263–324.
 7. Александров Ю.И., Греченко Т.Н., Гаврилов В.В. и др. Закономерности формирования и реализации индивидуального опыта // Журн. высшей нервной деят. 1997. Вып. 2. С. 243–260.
 8. Анохин К.В., Судаков К.В. Системная организация поведения: новизна как фактор, детерминирующий экспрессию генов в мозге при обучении // Успехи физиол. наук. 1993. Т. 24. № 9. С. 53–70.
 9. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. Избранные труды. М.: Наука, 1978.
 10. Вейр Б. Анализ генетических данных. М.: Мир, 1995.
 11. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.
 12. Кэнделл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981.
 13. Лэмб М. Биология старения. М.: Мир, 1980.
 14. Монпелье Ж. де. Научение // Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресс, Ж. Пиаже. Вып. IV. М.: Прогресс, 1973. С. 59–137.
 15. Мюллер П., Пойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике. М.: Финансы и статистика, 1982.
 16. Осиное Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997.
 17. Пономарев Я.А. Методологическое введение в психологию. М.: Наука, 1983.
 18. Пригожий И. Конец определенности. Ижевск, 2001.
 19. Ребеко Т.А. Память // Когнитивная психология: Уч. для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: Per Se, 2002. С. 79–114.
 20. Сварник О.Е., Анохин К.В., Александров Ю.И. Распределение поведенчески специализированных нейронов и экспрессия транскрипционного фактора c-Fos в коре головного мозга крыс при научении // Журн. высшей нервной деят. 2001. № 6. С. 758–761.
 21. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973.
 22. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. М.: ИП РАН, 1995.
 23. Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. Синергетический подход. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
 24. Эделмен Дж. Селекция групп и фазная повторная сигнализация; теория высших функций головного мозга // Эделмен Дж., Маунткасл В. Разумный мозг. М.: Мир, 1981. С. 68–131.
 25. Anderson J.R., Lee F.J. Does Learning a Complex Task Have to Be Complex?: A Study in Learning Decomposition. *Cognitive Psychology*. 2001. V. 42. P. 267–316.
 26. Barnea A., Nottebohm F. Recruitment and replacement of hippocampal neurons in young and adult chickadees: An addition to the theory of hippocampal learning. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1996. V. 93. P. 714–718.
 27. Berry D.C. Implicit learning: Twenty-five years on. A tutorial / Eds. Umiltà Carlo, Moscovitch Morris et al. *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series*. Cambridge, MA, USA: The Mil Press, 1994. P. 755–782.
 28. Cordier P., France M., Pailhous J., Bolon P. Entropy as a global variable of the learning process // *Human Movement Science*. 1994. V. 13(6). P. 745–763.
 29. Eichenbaum H. Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology // *Annual Review of Psychology*. 1997. V. 48. P. 547–572.
 30. Feldman J., Kerr B., Streissguth A.P. Correlational analyses of procedural and declarative learning performance // *Intelligence*. 1995. V. 20(1). P. 87–114.
 31. Germana J., Lancaster R. Brain dynamics, psychophysiological uncertainty and behavioral learning // *Integrative Physiological and Behavioral Science*. 1995. V. 30(2). P. 138–150.
 32. Gould E., Gross Ch.G. Neurogenesis in Adult Mammals: Some Progress and Problems // *J. of Neuroscience*. 2002. V. 22(3). P. 619–623.
 33. Gould E., Reeves A.J., Fallah M., Tanapat P., Gross Ch.G., Fuchs E. Hippocampal neurogenesis in adult Old World primates // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1999. V. 96. P. 5263–5267.
 34. Graf P. Explicit and implicit memory: A decade of research / Eds. C. Umiltà, M. Moscovitch et al. *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series*. Cambridge, MA, USA: The Mit Press, 1994. P. 682–696.
 35. Kleim J.A., bussing E., Schwartz E.R., Comery T., Greenough W. Synaptogenesis and FOS Expression in the Motor Cortex of the Adult Rat after motor skill Learning // *Neuroscience*. 1996. July, 15. V. 16(14). P. 4529–4535.
 36. Klenow P.J. Learning Curves and the Cyclical Behavior of Manufacturing Industries // *Review of Economic Dynamics*. 1998. V. 1. P. 531–550.
 37. Kling J.W. Learning: Introductory survey // *Woodworm and Shlossberg's experimental psychology* / Eds. J.W. Kling, L.A. Riggs. N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1971. P. 551–614.
 38. Kruse A.A., Stripling R., Clayton D.F. Minimal Experience Required for Immediate-Early Gene Induction in Zebra Finch Neostriatum // *Neurobiology of Learning and Memory*. 2000. V. 74. P. 179–184.
 39. Luce R.D. Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organisation (*Oxford psychology series; no. 8*). New York: Oxford University Press, 1986.

40. *Nelson D.A., Marler P.* Selection-based learning in bird song development // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1994. V. 91. P. 10498–10501.
41. *Noble C.E.* The Length-Difficulty Relationship in Compound Trial and Error Learning // *J. of Experimental Psychology.* 1957. V. 54. P. 246–252.
42. *Noble C.E.* Acquisition of Pursuit Tracking Skill Under Extended Training as a Joint Function of Sex and Initial Ability // *J. of Experimental Psychology.* 1970. V. 86. P. 360–373.
43. *Kittle-Johnson B., Siegler R.S.* The relation between conceptual and procedural knowledge in learning mathematics: A review // *The development of mathematical skills* / Ed. Donlan Ch. Hove, England UK: Psychology Press / Taylor and Francis (UK), 1998. P. 127–139.
44. *Rosenbaum D.A., Carlson R.A., Gilmore R.O.* Acquisition of intellectual and perceptual-motor skills // *Annu. Rev. Psychol.* 2001. V. 52. P. 453–70.
45. *Shanks D.R.* Dissociating long-term memory systems: Comment on Nyberg and Tulving (1996) // *European J. of Cognitive Psychology.* 1997. V. 9(1). P. 111–120.

Regularities of Formation of New Component of the Individual Knowledge Structure

I. O. Aleksandrov*, N. E. Maksimova**

**Cand. sci. (psychology), sen. res. ass., IP RAS, Moscow; nialeks@psychol.ras.ru*

***Cand. sci. (psychology), sen. res. ass., (he same Institute; nemaks@psychol.ras.ru*

The paper deals with the characteristics of latent formation of new component of the individual knowledge structure (IKS) related to specific subject area, i.e. conditions of its initiation, duration, number of stages and dynamics of actualized set of IKS components. Ss of 9 age groups ranged from 6 to 58 years, male and female ($N = 287$) acquired the competence in strategic game if two players (tic-tac-toe on the 15 x 15 board). The formal description of IKS was build for each participant. The successions of 7 acts consisted of newly acquired act of game, 5 its precursors and the next one ($N = 783$) were analyzed. The vicinity of act "-3" was characterized as beginning of the move choice time increasing, intensive change of IKS components' actualization, maximum of the set of components entropy. By means of the multiple regression modeling procedure it was shown that the latent stage of formation of new IKS component is initialized in the vicinity of act "-3"; this interval is correlated with the state of uncertainty ceased at the moment of first realization of newly formed act. It was shown that new IKS components which are members of the group united by their community, are differentiated successively from their common precursor (protocomponent), and bounded by relation of generation. Thus, three stages of latent forming of new IKS component were found: (1) initiation, beginning with arising of local problem situation of the gameboard; (2) actualization of new IKS component together with IKS components set formed before; (3) actualization as newly acquired act, when relation of new act and its act-precursor became definite.

Key words: learning, development, individual knowledge structure, component, protocomponent, relations, generation, differentiation, neurogenesis, problem situation, strategic game.