

# МОНИТОРИНГ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

**Баканов А.С.,**

*Институт психологии РАН*

arsb2000@pochta.ru

**Ташев Т.Д.,**

*Институт информационных и коммуникационных технологии БАН*

ttashev@iit.bas.bg

**Баканова Н.Б.**

*Институт прикладной математики им. Келдыша РАН*

nina@keldysh.ru

*Аннотация: Увеличение количества крупномасштабных систем, обусловленное процессами глобализации, а также увеличение количества пользователей, увеличение количества услуг, предоставляемых крупномасштабными информационными системами, актуализирует задачи мониторинга и анализа функционирования крупномасштабных информационных систем. В настоящей работе рассматривается использование нечетких когнитивных карт для мониторинга и моделирования крупномасштабных информационных систем.*

Ключевые слова: мониторинг, моделирование, нечеткие когнитивные карты.

## **Введение**

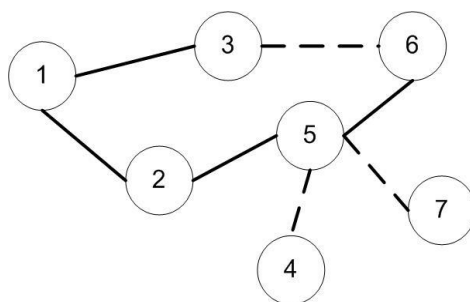
Мониторинг крупномасштабных систем вообще и крупномасштабных информационных систем в частности, представляет собой важную и актуальную задачу. Использование моделей для исследования, анализа и мониторинга информационных систем является апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя подходом.

## **1 Использование нечетких когнитивных карт**

Трансформация корпоративных информационных систем в распределенные, крупномасштабные информационные системы, увеличение количества и качества услуг, рост количества пользователей – все это актуализирует вопросы исследования, анализа и мониторинга функционирования крупномасштабных информационных систем. Использование моделей для исследования и анализа информационных систем является апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя подходом. В настоящей работе рассматривается возможность использования нечетких когнитивных карт для моделирования, мониторинга и визуализации функционирования крупномасштабных информационных систем. Одним из отличительных элементов, характеризующим крупномасштабную информационную систему, является распределенность. Пользователи распределенных информационных систем могут находиться в разных территориально удаленных точках и взаимодействовать между собой посредством информационной системы. На процесс взаимодействия влияют характеристики информационной системы, а также то, как территориально удаленные пользователи представляют себе функционал, возможности и характеристики такой системы [2, 4, 9]. Хорошо известным инструментом для мониторинга и моделирования крупномасштабных распределенных систем и протекающих в них процессов являются когнитивные карты и нечеткие когнитивные карты. Когнитивные карты используются для визуализации представления «сущность-связь». Когнитивные карты первоначально были предложены Р. Аксельродом в 1976 году. Позднее Б. Коско было предложено использовать элементы нечёткой логики (англ. fuzzy logic) в когнитивных картах. В настоящее время нечеткие когнитивные карты предоставляют широкие возможности для мониторинга и моделирования сложных, крупномасштабных, распределенных систем.

В настоящей работе, для визуализации представлений пользователей использовалась нечёткая когнитивная карта следующего вида: граф, вершинами которого являлись модули распределенной системы (а также функции, сервисы, возможности, предоставляемые этими модулями), а дуги графа отображали функциональные связи между функциями системы. Использовались функциональные связи следующих видов: явная связь, неявная (возможная – по субъективному мнению пользователя) связь. Веса дуг варьировались в диапазоне от 0 до 1. Таким образом изучались представления различных групп пользователей о некоторой распределенной системе, ее

взаимосвязях и функциях. На рисунке 1 представлен пример визуализации распределенной информационной системы. Пунктирной линией изображена возможная (согласно субъективному мнению пользователя) связь между модулями или сервисами распределенной системы.



*Рис. 1. Пример визуализации распределенной информационной системы*

Визуализируя представления пользователя, когнитивные карты визуализируют ментальную репрезентацию индивидуума о распределенной системе. Необходимо отметить, что существует достаточное количество определений термина ментальная репрезентация, мы же будем использовать следующее определение: ментальная репрезентация - субъективный образ объективной реальности, отражение внутреннего и внешнего мира в сознании человека [5, 6]. Или применительно к данному исследованию субъективный структурированный образ пользователя информационной системы об информационной системе.

В исследованиях О.И. Ларичева и А.Б. Петровского отмечается, что в ходе взаимодействия с информационной средой специалисту приходится учитывать большое число различных факторов, а также решать задачи многокритериального выбора. Это приводит к нагрузке на человеческую систему переработки информации, вынуждая индивида использовать разные, порой весьма оригинальные эвристики для решения поставленных задач [6]. Возможности человека по приему и переработке информации с позиций когнитивной психологии описываются с помощью различных функциональных моделей структуры памяти пользователя, механизмов процесса мышления и других познавательных процессов. В настоящей работе описывается исследование, в котором моделировалась деятельность пользователя некоторой распределенной крупномасштабной информационной системы. В задачу пользователя входило принятие решений по распределению заданий между различными модулями распределенной информационной системы, а также мониторинг и отслеживание процессов по выполнению этих заданий. Для этого пользователю необходимо было иметь представление о функциях и возможностях как всей системы в целом, так и о функциях и возможностях отдельных модулей этой системы. После распределения заданий между различными модулями распределенной системы, пользователю необходимо было осуществить мониторинг выполнения заданий, а также осуществить анализ и оценку эффективности выполнения заданий.

Экспериментальное исследование включало три этапа. На первом этапе эксперимента использовался специально разработанный программный комплекс, имитирующий основные функции взаимодействия пользователя с распределенной крупномасштабной системой. Для испытуемых был подготовлен набор типовых заданий, аналогичных тем, которые используют пользователи распределенных систем (социальные сети, распределенные корпоративные системы). На первом этапе пользователю необходимо было распределить задания между модулями распределенной системы.

На втором этапе пользователю необходимо было отследить эффективность выполнения заданий в различных модулях распределенной системы. Было предусмотрено, что каждый модуль позволял осуществлять мониторинг и предварительную оценку времени выполнения задания. В процессе мониторинга отображался процесс выполнения задания и отображался процент выполнения конкретного задания.

Таким образом, в ходе первого и второго этапов исследования испытуемый распределял задания между различными модулями распределенной информационной системы и затем отслеживал процесс выполнения этих заданий.

На третьем этапе исследования с участниками проводилась беседа, в ходе которой изучались их представления о структуре распределенной информационной системы, а также проводилось

психологическое тестирование, направленное на выявление индивидуально-стилевых особенностей испытуемых.

В исследовании изучались следующие когнитивные стили:

- стиль "полезависимость/ полenezависимость", традиционно рассматриваемый как способ индивида решать перцептивные задачи, наличие «способности преодолевать сложноорганизованный контекст» (согласно Г. Уиткину);
- стиль "узкий /широкий диапазон эквивалентности", отражающий преимущественную ориентацию индивида на черты сходства или различия классифицируемых объектов, их явные или скрытые признаки;
- стиль "импульсивность/рефлексивность", характеризующий индивидуальные различия в скорости и правильности принимаемых решений в ситуациях неопределенности и наличия множества альтернатив.

Для диагностики когнитивно-стилевых особенностей применялись следующие методики: 1. методика «Включенные фигуры» Г. Уиткина (оценка полезависимости – полenezависимости, индивидуальный вариант); 2. методика «Свободная сортировка объектов» Р. Гарднера и В. Колги (оценка узости-широты диапазона эквивалентности); 3. методика «Сравнение похожих рисунков» Дж. Кагана (оценка импульсивности – рефлексивности как когнитивного темпа принятия решения).

Для оценки мониторинга выполнения заданий использовались следующие показатели: 1. Субъективное ожидаемое время выполнения задания; 2. Реальное время выполнения задания; 3. Адекватность представления и эргономичность визуализации.

В исследовании приняли участие студенты высших учебных заведений, аспиранты, преподаватели вузов. Всего обследовано 45 человек, средний возраст - 29 лет.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартного пакета программ SPSS. При оценке достоверности различий применялись Т-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни. Для оценки взаимосвязей между переменными использовался коэффициент корреляции Спирмена.

В процессе проведения исследований был выявлен ментальный образ информационной системы у разных групп пользователей. Выявленный образ имел иерархическую структуру, которую можно было оценить количественно и качественно. Структура имела вид ориентированного или направленного графа, узлы которого соответствовали функциональным модулям, а направленные дуги или ребра соответствовали связям, которые выявлялись пользователем в процессе взаимодействия с информационной системой.

Количество уровней иерархии в структуре и количество дуг, сходящихся к одному узлу, характеризовали как структуру ментальной репрезентации испытуемого, так и характер (особенности) его деятельности опосредованной информационной системой. Например, если большое количество дуг сходились к одному узлу, то очевидно, что испытуемый преимущественно использует функционал именно этого модуля информационной системы.

Таким образом, визуализируя свое восприятие информационной системы, испытуемый визуализировал в виде графа и свою деятельность, опосредованную информационной системой.

## **2 Учет когнитивно-стилевых особенностей пользователей при визуализации результатов мониторинга**

Одной из задач исследования, являлось изучение взаимосвязей между когнитивно-стилевыми особенностями пользователей крупномасштабной информационной системой, ментальным образом информационной системы, особенностями взаимодействия различных групп пользователей посредством распределенной информационной системы и особенностями визуализации результатов мониторинга для различных групп пользователей.

По мнению ряда ученых, именно когнитивные стили в значительной степени определяют индивидуальные способы переработки информации, участвуют в процессе выбора и принятия решений, регулируют аффективные и поведенческие аспекты поведения человека [8]. Показана важная роль когнитивно-стилевых особенностей индивидуума в реализации деятельности, предполагающей самостоятельность и ответственность. При этом подчеркивается роль когнитивных стилей в качестве системообразующих (интегрирующих, узловых) факторов в процессе осуществления выбора [1, 3, 7]. В работах М.А. Холодной, И.П. Шкуратовой и др. исследователей было также показано, что при выполнении заданий по сортировке объектов "аналитики" (стиль "узкий-широкий диапазон эквивалентности" - полюс узости диапазона эквивалентности) значительно чаще опираются на явные формальные признаки объектов, тогда как

"синтетики" (полюс широты диапазона эквивалентности) учитывают и дополнительные, неявные взаимозависимости между объектами [8]. Согласно результатам исследований, проведенных Т.Н. Брусенцовой, В.А. Колга и др. учеными, когнитивные стили оказывают влияние на качество и эффективность взаимодействия с информационной системой.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет говорить о следующих взаимозависимостях. Получено, что чем больше опыт работы с распределенной информационной системой, тем меньше время, в течение которого испытуемые принимают решение о распределении задания, и больше время между запросами на мониторинг результатов выполнения задания. Таким образом, «коэффициент уверенности в выборе альтернативы» находится в прямо пропорциональной зависимости с показателем «опыт работы». То есть, испытуемые, имеющие опыт работы, быстрее принимают решения относительно распределения задания и реже просматривают результаты процесса выполнения задания в каком-либо модуле системы. Следует также отметить, что статистическая обработка данных не только позволила выявить взаимосвязь «коэффициента уверенности в выборе альтернативы» с наличием опыта работы - этот факт вполне ожидаем и закономерен, но также позволила установить, что испытуемый реже проводит мониторинг выполнения задания и сама процедура мониторинга у «опытных» пользователей занимает меньшее время. Большее время на распределения заданий и большее время на мониторинг выполнения заданий в распределенной системе затрачивают «новички», то есть пользователи, которые прежде не имели опыта по взаимодействию с системой.

Анализ полученных результатов показывает, что чем больше широта диапазона эквивалентности ("синтетичность"), тем выше такие критерии эффективности деятельности как меньшее время на распределение заданий и «коэффициент уверенности в выборе альтернативы». То есть, "синтетики" по сравнению с "аналитиками" на всех этапах обследования лучше справляются с задачами по принятию решений, у них выше степень уверенности в правильности своих действий, что также подтверждают результаты ранее проведенных исследований. Тем не менее, в процессе проведения мониторинга, на втором этапе эксперимента, отмечается усиление взаимосвязей между показателями когнитивного стиля «узкий/широкий диапазон эквивалентности» и коэффициентами правильности принятия решений и уверенности принятия решения. Анализ полной матрицы интеркорреляций выявил наличие значимых взаимозависимостей между такими показателями стиля «узкий/широкий диапазон эквивалентности» как «время принятия решений» и «максимальное число альтернатив». Данный факт позволяет говорить о том, что в процессе работы «синтетики» (полюс широты диапазона эквивалентности) активно используют имеющийся опыт взаимодействия с системой, что способствует повышению успешности деятельности.

Относительно взаимосвязей когнитивного стиля «полезависимость/полнезависимость» (ПЗ/ПНЗ) выявлено, что чем больше полнезависимость (показатели «время принятия решения» и «количество ошибок»), тем больше показатели правильности ответа испытуемыми. Установлено также, что на втором этапе исследования "полезависимые" индивиды в процессе взаимодействия с системой в большей степени навыки и предыдущий опыт взаимодействия, по сравнению с "полнезависимыми" участниками исследования. Показано, что степень "полнезависимости/полезависимости" тесно связана с "коэффициентом уверенности в выборе альтернативы", при этом у "полезависимых" индивидов степень уверенности в правильности распределения задания повышается при увеличении опыта взаимодействия с системой.

При разработке модели информационной системы с использованием когнитивных карт важен учет когнитивно-стилевых особенностей пользователей. Поскольку когнитивно-стилевые особенности индивидуума обуславливают его восприятие объективной реальности вообще и информационной системы (как средства производства и средства взаимодействия) в частности. Для выявления индивидуально-личностных особенностей пользователя целесообразно использовать специализированные психологические тесты [7, 8]. Таким образом, при таком подходе к разработке модели информационной системы будет выявлена взаимосвязь когнитивно-стилевых особенностей пользователя с его индивидуальными особенностями представления им информационной системы.

## Литература

1. *Атанасова Т., Савченко Т., Головина Г., Баканов А.* Интеллектуальная информационная среда обитания и субъективное восприятие качества жизни // Методы исследования психологических структур и их динамики: Вып. 5. - М.: Издательство "Институт психологии РАН", 2010, стр. 164-170.

2. *Баканов А.С.* Аспекты интеграции систем электронного документооборота с системами поддержки принятия решений // *Электросвязь* № 1. 2015 с. 23-25.
3. *Баканов А.С., Зеленова М.Е.* Когнитивно-стилевые детерминанты успешности профессиональной деятельности // *Социальная психология и общество*. 2015. Т.6. №2. – С. 61-75.
4. *Баканова Н.Б.* Использование программно-технических комплексов для повышения эффективности контроля в системах документооборота // *«Электросвязь»*. 2007. № 6. С. 51–53.
5. *Брушлинский А.В., Сергиенко Е.А.* Ментальная репрезентация как системная модель в когнитивной психологии // *Ментальная репрезентация: динамика и структура*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998.
6. *Петровский А.Б.* Многокритериальное принятие решений по противоречивым данным: подход теории мультимножеств. // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2004. №2. С. 56-66.
7. *Толочек В.А.* Стили деятельности: ресурсный подход. –М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. -366 с.
8. *Холодная М.А.* Когнитивные стили: о природе индивидуального ума. – 2-ое изд. - СПб.: Питер, 2004. - 384 с.
9. *Цвиркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1997. – 256с.
10. *Tashev T., Atanasova T.* Computer Simulation of MIMA Algorithm for Input Buffered Crossbar Switch // *International Journal "Information Technologies & Knowledge"*, 2011, Vol.5, No. 2, pp.183-189.