Баканов А.С.,[1]
Ташев Т.Д.[2]
[1]*Институт психологии РАН*
[2]*Институт информационных и комуникационных технологий БАН*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. *В настоящей статье предложен подход к моделированию взаимодействия человека с распределенной информационной системой. Подход предполагает учет двух иерархических уровней: уровня пользователя, а также уровня информационной системы и инфраструктуры. Учет человеческого фактора при моделировании, позволяет учесть влияние качеств человека на показатели его деятельности и характеристики функционирования системы.*

Введение

В настоящее время большая часть информационного взаимодействия в социуме опосредовано информационными системами. К числу таких информационных систем относятся социальные сети, средства массовой информации, корпоративные информационные системы и др. Все эти системы объединяет то, что они предназначены для информационного взаимодействия человека с человеком в социуме. От того насколько такая система будет эргономична и социологична, зависит насколько она будет удобна в использовании и эффективна в решении стоящих перед ней задач.

Под эргономичностью системы будем понимать характеристику системы, определяемой совокупностью эргономических свойств. Эргономические свойства системы, в свою очередь, определяются степенью соответствия ее целевых, организационных, технических, средовых характеристик, задачам пользователя. Эргономические свойства характеризуют то, насколько технические и организационные характеристики системы соответствуют психологическим, психофизиологическим, биомеханическим, антропометрическим и другим качествам пользователя, от которых зависит управление, обслуживание и освоение системы.

Под понятием социологичность информационной системы будем понимать что:

1) система актуализирована в социуме т.е. востребована определенной социальной группой, связана с определенным временем, эпохой.

2) выполняет конкретные социальные функции.

Безусловно, говоря об эргономичности и социологичности

информационной системы, нельзя не учитывать тот факт, что система не существует сама по себе, а функционирует в некоторой среде, инфраструктуре, обществе. Следовательно на систему оказывают влияние процессы, протекающе в обществе.

Например, такие процессы в современном обществе как глобализация, возникновение криптовалют, переход к цифровой экономики и т.д. приводят к укрупнению информационных систем и сетей, к возникновению таких новых технологий, как, например, «облачные». Развиваясь в соответствие с потребностями общества, информационные системы становятся распределенными, состоящими из совокупности подсистем, подчас независимых. Такие независимые подсистемы могут иметь свой жизненный цикл, независимо обслуживаться и обновляться. Вследствие чего, вся система может приобретать новые свойства, которые не сводятся к совокупности свойств каждой из подсистем. Все вышесказанное обуславливает актуальность задач моделирования и прогнозирования процессов развития информационных систем. При разработке модели, такой распределенной информационной системы, целесообразно учитывать два иерархических уровня: уровень пользователя, а также уровень информационной системы и инфраструктуры.

Уровень пользователя

При разработке модели на уровне пользователя необходимо учитывать когнитивно-стилевые особенности человека, а также их влияние на эффективность взаимодействия с информационной системой. Когнитивные стили в значительной степени определяют индивидуальные способы переработки информации, участвуют в процессе выбора и принятия решений, регулируют аффективные и поведенческие аспекты поведения человека [1, 4, 5, 8, 9 и др.]. В работах А.А. Алдашевой, В.А. Бодрова, М.А. Холодной, В.А. Толочека и ряда других ученых, показана важная роль когнитивно-стилевых особенностей субъекта в реализации деятельности, предполагающей самостоятельность и ответственность при принятии решений, особенно в ситуациях с высокой степенью неопределенности [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9]. При этом подчеркивается роль когнитивных стилей в качестве системообразующих (интегрирующих, узловых) факторов в процессе осуществления выбора.

С целью выявления взаимосвязи когнитивно-стилевых особенностей с эффективностью взаимодействия с информационными системами, было проведено исследование и моделирование деятельности, осуществляемой в процессе взаимодействия человека с информационными системами. В процессе исследования испытуемому необходимо было ознакомиться с содержанием специально разработанных для настоящего исследования текстов, осуществить их анализ, классифицировать и затем

ответить на предложенные вопросы, таким образом моделировались основные этапы взаимодействия человека с информационной системой.

В процессе исследования испытуемый читал специально подготовленные тексты объемом от 2 до 8 страниц (слов 250 – 300 на одной странице), и после прочтения отвечал на вопросы двух типов. К вопросам первого типа относились вопросы по структуре текста и выявлению количества возможных альтернатив. Вопросы второго типа предполагали количественную оценку выявленных альтернатив. Варьирование количества страниц проводилось с целью исследования влияния объема предъявляемого материала на успешность и эффективность взаимодействия с информационной системой. В ходе исследования осуществлялась регистрация движения взора с использованием специализированного оборудования SMI (http://www.smivision.com), отслеживающего траекторию взора испытуемого.

Для оценки успешности и эффективности деятельности использовались следующие количественные критерии:

1. Время чтения предъявленного текста в ms;

2. Коэффициент использования опорных слов – количество повторного прочтения опорных слов к общему количеству опорных слов в тексте;

3. Время ответа на вопросы в ms;

4. Коэффициент правильности ответа – количество правильных ответов к общему количеству вопросов;

5. Коэффициент уверенности принятия решения – фиксирование взгляда на одной альтернативе и ее выбор или на нескольких альтернативах и окончательный выбор одной из альтернатив. Также в процессе исследования проводилось психологическое тестирование участников с целью диагностики когнитивно-стилевых особенностей. В ходе тестирования изучались следующие когнитивные стили:

- стиль "полезависимость/ поленезависимость", отражающий способности индивида при решении перцептивных задач, с определенной долей успешности «преодолевать сложноорганизованный контекст» (согласно Г. Уиткину);

- стиль "узкий /широкий диапазон эквивалентности", отражающий преимущественную ориентацию индивида на черты сходства или различия при решении задач, требующих классификации объектов, а также ориентацию индивида на явные или скрытые признаки сходства-различия объектов;

- стиль "импульсивность/рефлективность", характеризующий межиндивидуальные различия в скорости и правильности принимаемых решений в ситуациях неопределенности и наличия множества альтернатив.

Выбор и обоснование учета именно этих трех когнитивных стилей

приведено в [7]. Для диагностики когнитивно-стилевых особенностей применялись следующие методики:

1. методика «Включенные фигуры» Г. Уиткина (оценка полезависимости – поленезависимости, 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 – рефлективности как когнитивного темпа принятия решения).

Экспериментальную выборку составили 50 человек в возрасте от 20 до 47 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. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1Корреляционные взаимосвязи критериев эффективности деятельности с показателями когнитивных стилей (коэффициент Спирмена)

Показатели когнитивных стилей	**Критерии эффективности деятельности**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Полезависимость/ поленезависимость (тест Уиткина)							
время ответа	-0,32	0,1	-0,17	-0,76	0,03	0,43	-0,29
количество ошибок	0,38	0,08	-0,38	-0,01	0,12	-0,03	0,18
Импульсивность/рефлективность (тест Кагана)							
время ответа	-0,15	0,1	-0,18	-0,39	0,25	0,34	0,05
количество ошибок	-0,34	-0,38	0,46	0,06	-0,10	-0,70	-0,45
Узкий /широкий диапазон эквивалентности (тест Гарднера-Колги)							
время сортировки	-0,49	0,13	-0,06	-0,69	-0,26	0,57	-0,04
количество групп	-0,53	-0,12	-0,09	-0,65	-0,54	0,52	-0,16
число единичных групп	-0,54	-0,04	-0,1	-0,55	-0,34	0,51	-0,01
максимальное число объектов в группе	-0,42	-0,49	0,68	0,21	0,10	-0,15	-0,22

Примечание. Критерии эффективности деятельности: 1 - время чтения текста; 2 - время ответа на вопросы типа 1; 3 - коэффициент правильности ответа 1; 4 - коэффициент уверенности принятия решения 1; 5 - время ответа на вопросы типа 2; 6 - коэффициент правильности ответа 2; 7 - коэффициент уверенности принятия решения 2.

Уровень информационной системы и инфраструктуры

В качестве объекта для моделирования была выбрана распределенная информационная система, использующая 3-х звенную архитектуру: клиент, сервер приложений, сервер баз данных.

Распределенная информационная система (см. рис. 1) состоит из совокупности узлов сети – клиенты, сервера приложений и сервера баз данных. Каждый узел способен динамически менять скорость передачи данных, в зависимости от использования, загруженности, вычислительной мощности и т.д. Математически доказано, что задача для вычисления бесконфликтного расписания является NP-полной [10]. Существующие алгоритмы решения удовлетворяют требованиям частично, используя математический аппарат теории массового обслуживания, а также генетические алгоритмы, матрицы-маски и др. [10, 11].

Для расчета пропускной способности распределенной сети, а также объемов передаваемого трафика [10] требуется разработка новых алгоритмов. Первый шаг при проверке эффективности нового алгоритма для расчета бесконфликтного расписания – это моделирование пропускной способности (ПС) узла сети при равномерно распределенном входящем трафике (i.i.d. Bernoulli). Для узлов распределенной сети проверку необходимо произвести для коммутационного поля большой размерности (больше 50x50). Это можно рассматривать как крупномасштабное моделирование по сравнении с классическим выбором размеров поля (типа 8x8, 16x16, 32x32) [10]. Для этого был предложен новый алгоритм расчета бесконфликтного расписания, названный MiMa (Minimun of Maximum). Он создан с использованием аппарата Обобщенных сетей [10]. Его формальное описание публиковано в [14]. MiMa-алгоритм является представителем класса „весовых” (weight-match [12]) алгоритмов, поэтому от него ожидается стремление к использованию 100% пропускной способности (ПС) узла. Выполняемость этого, показана при проведении соответствующих компьютерных моделирований (например в [13]). Сравним предложенный алгоритм с известным LPF-алгоритмом [11].

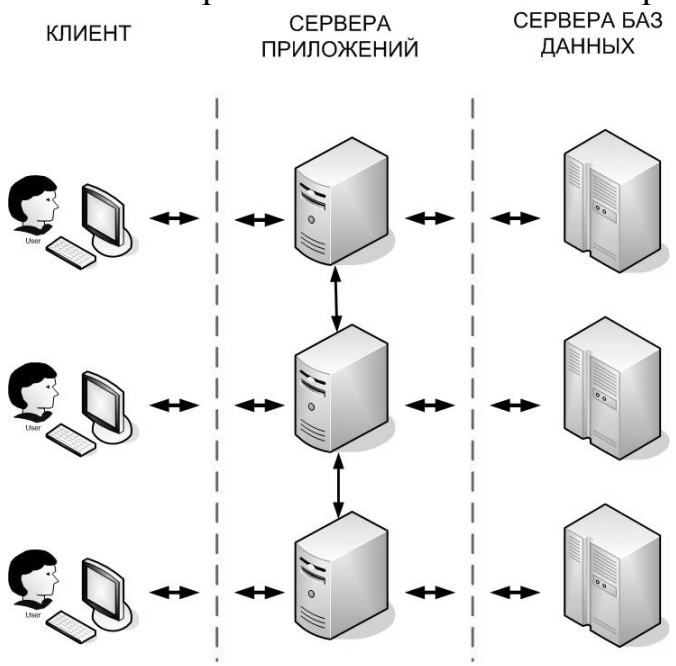

Рис. 1. Распределенная информационная система, использующая 3-звенную архитектуру

Выбор LPF-алгорита обусловлен тем, что для него показано, что он является оптимальным как для класса „весовых” (weight-match), так и для класса „не-весовых” (size-match) алгоритмов. В публикации [11] приведено доказательство того, что LPF находит совпадение, которое является как максимального размера, так и максимального веса (Theorem 1**:** LPF finds a match that is both maximum size and maximum weight). Однако, это свойство LPF-алгорита обусловнено вычислительной сложностью алгоритма, что делает его не очень удобным для реального использования.

Мы провели компьютерное моделирование ПС узла сети с исползованием LPF-алгоритма тем же способом что и для MiMa-алгоритма [13], чтобы иметь сопоставимые результаты. Для програмирования был использован программный пакет Vfort, предоставленный для свободного пользования Институтом прикладной математики РАН [16]. Расчеты выполнены на высокопроизводительной грид-структуре HPCG (High-performance grid cluster) - HP Cluster Platform Express 7000 enclosures with 36 blades BL 280c (Total 576 CPU cores) - Института Информационных и коммуникационных технологий Болгарской Академии Наук (www.hpc.acad.bg/system-2/). Компилирование и выполнение производились локально в грид-структуре.

В качестве входных данных для вычисления бесконфликтного расписания использовалась матрица заявок T для равномерно распределенного входящего трафика. Так как это - начало исследований, для сравнения указанных алгоритмов, был выбран первый представитель семейства шаблонов для T, предложенный в [15]. В нашем случае это матрица, элементы которой принимают значение 1 (Шаблон 1). На рис.1 и 2 показаны результаты работы LPF-алгоритма для Шаблона 1. Моделирование выполнено для размерности коммутационного поля (n x n) узла сети от (3x3) до (52x52). По горизонтальной оси координат показана размерность $\boldsymbol{n}$ входной матрицы $\boldsymbol{T^1}_{(kxk)}$. По вертикальной оси влево показана ПС (throughput) алгоритма. По вертикальной оси (вправо) - время для вычисления расписания (в секундах). LPF-алгоритм выбирает случайным образом элемент для коммутации в случае, когда есть несколко елементов с одинаковым максимальным весом. Для получения необходимой точности значения ПС (3 знака), оказалось необходимым провести 10 0000 прогонов (симуляций).

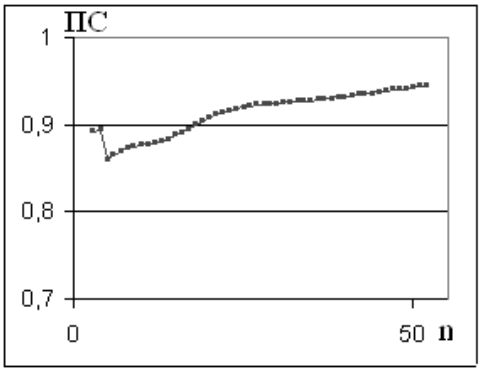

Рис. 2.ПС для LPF-алгоритма

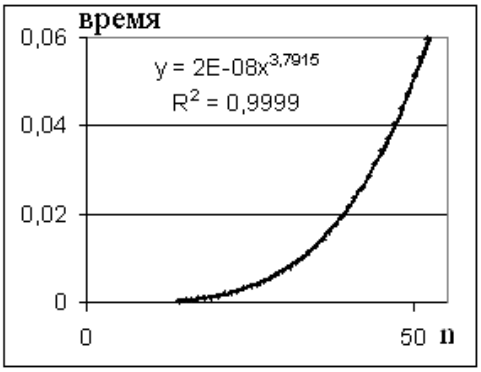

Рис. 3.Время вычисления для LPF

На рис. 4 и 5 показаны результаты работы MiMa-алгоритма для Шаблона 1. Моделирование производилось для размерности (*n* x *n*) от (3x3) до (130x130). Так как MiMa-алгоритм является „ детерминированым ” алгоритмом – имеет заданную дисциплину выбора, когда есть несколько элементов с одинаковым максимальным весом (и не используются случайные числа), то его скорость вычисления выше. Поэтому при сопоставимых ограничениях на время использования грид-структуры, можно провести моделирование для большей размерности *n*.

В отличие от LPF, при MiMa зависимости ПС и времени от *n* не гладкие. Это следствие детерминизма дисциплины выбора, которая исползуется при MiMa. Получить более гладкие кривые возможно путем модификации семейства шаблонов для *T*, которые используются как входные данные [13].

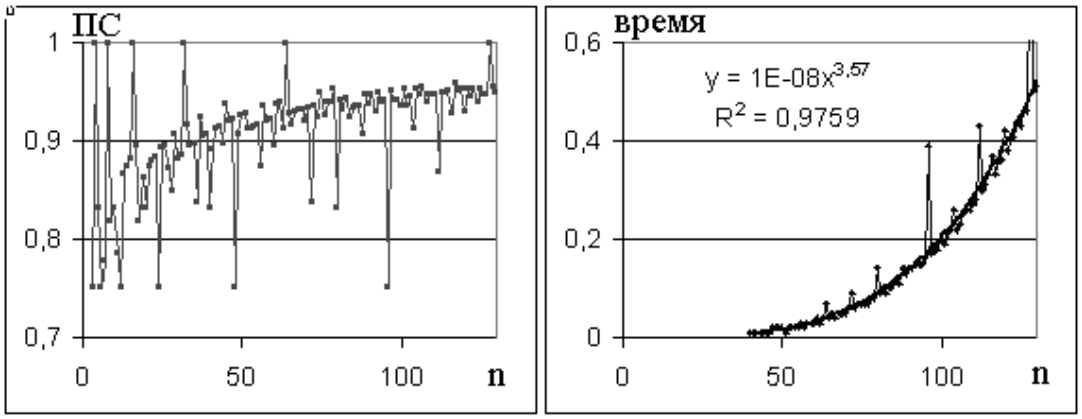

Рис. 4.ПС для:MiMa-алгоритма Рис. 5.Время вычисления для MiMa

Выводы

В настоящей статье предложен подход к разработке модели распределенной информационной сети позволяющий учитывать два иерархических уровня: уровень пользователя, а также уровень информационной системы и инфраструктуры. Уровень пользователя отражает то влияние на показатели и характеристики функционирования системы, которое порождается взаимодействием качеств человека с организационными, техническими, средовыми характеристиками системы. Включение уровеня пользователя пользволяет осуществить моделирование и прогнозирование проявления человеческого фактора при взаимодействии с системой. В процессе проведения исследований было выявлено (см. таблицу 1), что наиболее успешно справлялись с предложенными заданиями по чтению предложенных текстов, их анализу и классификации респонденты, характеризующихся широтой диапазона эквивалентности (т.е., «синтетики») по сравнению с респондентами, стилевые особенности которых более присущи полюсу «узкий диапазон эквивалентности» (т.е. «аналитики»). Полученные результаты свидетельствуют также о том, что такое свойство как «поленезависимость» позволяет индивидам более успешно справляться с заданиями по сравнению с «полезависимыми»

участниками исследования.

Проводя моделирование на уровне информационной системы и инфраструктуры, было обосновано использование MiMa-алгоритма для моделирования. В дальнейших исследованиях целесообразно провести моделирование при больших n (примерно 100x100 и более). А также проверить характеристики модели при неравномерно распределенном входящем трафике. Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00833А.

Литература

1. *Алдашева А.А.* Индивидуальные стратегии экологического поведения // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. - 2014. - №3 (43). С. 31-36.

2. *Баканов А.С., Зеленова М.Е. , Алдашева А.А.* Использование модуля поддержки принятия решений в системе документационного обеспечения управления // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. - 2016. - № 3 (51). - С. 52-60

3. *Баканова Н.Б.* Мониторинг прохождения информационных потоков в распределенных системах электронного документооборота. // Электросвязь. - 2017. - № 10. - С. 71-74.

4. *Бодров В.А.* Психология профессиональной пригодности. М.: ПЕР СЭ, 2001. - 511 с.

5. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.

6. *Рябов В.Б.* Гуманитарная технология организационного проектирования и развития. -М.: Издательство Институт психологии РАН, - 2011. - 224 с.

7. *Сиваш О.Н., Зеленова М.Е., Баканов А.С.* Моделирование информационного взаимодействия в системах человек-компьютер // Вестник костромского государственного университета - 2017. - № 3 - с. 90-95

8. *Толочек В.А.* Стили деятельности: ресурсный подход. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», - 2015. - 366 с.

9. *Холодная М.А.* Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. – М.: 2-ое изд. - СПб. - 2004. - 384 с.

10. *Atanassov, K.*: Generalized Nets and System Theory. Prof. M.Drinov Acad. Publ. House , - 1997.

11. *Mekkittikul A., N. McKeown,* ”A practical algorithm to achieve 100% throughput in input-queued switches”. Proc. of IEEE INFOCOM’98, -1998.

12. *Rojas-Cessa R.* Interconnections for Computer Communications and Packet Networks. CRC Press, - 2017.

13. *Tashev, T., V. Monov.* A Numerical Study of Upper Bound of the Throughput of a Crossbar Switch Utilizing MiMa-Algorithm. In: Numerical

Methods and Applications (Editors: I. Dimov, S. Fidanova, I. Lirkov), LNCS, Springer International Publishing, - 2015. - V.8962, - P. 295-303.
14. *Tashev, T., M. Marinov, V. Monov, R. Tasheva.* “Modeling of the MiMa-algorithm for crossbar switch by means of Generalized Nets”. Proc. of Intelligent Systems (IS), IEEE 8th International Conference on, -2016. - P. 593-598.
15. *Tashev T., Monov V.* “Large-Scale Simulation of Uniform Load Traffic for Modeling of Throughput on a Crossbar Switch Node”. 8-th Int. Conf. on Large-Scale Scientific Computations, 6-10 June 2011, Sozopol. Springer, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) – 2012. - V.7116 - P. 630-637.
16. *Vabishchevich P.* VFort. http://www.nomoz.org/site/629615/ vfort.html (last checked Aprilr 1, 2018).