

УДК 681.3.004.8

С.А. Толстуха, В.А. Филимонов

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СУБЪЕКТОВ С РЕФЛЕКСИЕЙ

Использование кросс-технологий ситуационного центра предусматривает оперативное обеспечение проектной группы средствами анализа, моделирования и визуализации. Эти функции реализуются планшетистами сервисной команды с помощью соответствующих программных компонентов. Особые требования к компонентам – простота и прозрачность их использования для членов проектной группы. Рассмотрены прототипы компонентов статистического моделирования и рефлексивного анализа.

Ключевые слова: *ситуационный центр, статистическое моделирование, гомеостатика, рефлексивный анализ.*

В работах [1, с. 24–31; 2, с. 156–159] поставлена задача создания оперативного обеспечения проектной группы ситуационного центра (СЦ) средствами анализа, моделирования и визуализации. Эти функции реализуются планшетистами сервисной команды СЦ с помощью соответствующих программных компонентов. Особые требования к компонентам – простота и прозрачность их использования для членов многодисциплинарной проектной группы, которые не имеют достаточной квалификации использования информационных технологий. Компоненты, существующие в настоящее время в большинстве СЦ, этим требованиям, как правило, не отвечают. Решение задачи начато с создания прототипов [3, с. 133–135; 4, с. 66–67]. Прототипы позволяют осуществлять статистическое моделирование динамических систем на основе подхода, предложенного в [5], и рефлексивного анализа на основе подхода [6]. Одна из особенностей способа решения заключается в том, что результатом работы являются соответствующие Web-приложения, объединенные в «Моделирующий комплекс ситуационного центра» (МКСЦ). Реализация компонент в виде Web-приложений позволяет пользователю не заботиться об установке и совместимости программного обеспечения – для работы такого приложения достаточно только браузера. При этом все полученные результаты сохраняются на сервере, что приводит к независимости данных от конкретного компьютера.

1. Web-приложение «МКСЦ: Синергетика»

Web-приложение «МКСЦ: Синергетика» предназначено для построения различных математических моделей, структуру которых можно представить в виде графа, в вершинах которых находятся вычислительные блоки, а ребра – каналы передачи данных. Некоторые блоки являются входными (получают данные из внешней среды), один из блоков – выходной (возвращает данные). С помощью приложения также возможно построение систем с обратной связью и наличием пороговых эффектов, что существенно расширяет ряд моделей, которые можно построить с помощью этой системы. В частности, возможно построение моделей, описывающих катастрофические процессы с позиций синергетики и гомеостатики [7, с. 159–162].

Особенностью данного приложения является фактически бесконечная память системы, которая достигается благодаря хранению данных по каждой итерации и по каждому блоку в нереляционной БД. С помощью этих сохраненных данных возможно использование в модели «длинной обратной связи», а также анализ данных на любом этапе и на любом узле работающей системы. Такой способ хранения данных позволяет обращаться к ним очень быстро.

Анализ выходных результатов может осуществляться разными способами – визуальным (графики), статистическим (обработка данных в статистических пакетах) и другими. В частности, интересные результаты можно получить с помощью статистики экстремальных значений. Результаты анализа данных можно будет представить не только в «табличном» или «графическом» виде, но и средствами когнитивной графики.

От планшетиста требуется также умение разъяснять пользователям смысл полученных результатов. Особенно это касается интерпретации результатов статистического анализа. Различные исследования, например [8], показывают, что обеспечение понимания полученных статистических результатов требует серьезных усилий и от планшетиста, и от заказчиков – членов проектной группы.

2. Web-приложение «МКСП: Рефлексия»

В качестве базового аппарата нами принят рефлексивный анализ [4]. Общую схему подхода можно представить следующим образом.

1. Единицей («клеточкой») рассмотрения является субъект, модель сознания которого может быть представлена рекурсивной системой, действующей в соответствии с законами термодинамики.

2. Операндами (переменными величинами, входами и выходами) модели являются характеристики, которые могут быть интерпретированы как влияние, давление, принуждение, намерение и т.п.

3. Значениями операндов модели являются, как правило, булевские величины «0» и «1», которые могут быть интерпретированы, в частности, как «зло» и «добро» соответственно. В отдельных случаях («золотое сечение», категоризация) эти величины могут принимать значения из дискретного или непрерывного интервала вещественных чисел, а также из дискретного множества символьных значений.

4. Операторами модели являются операции «сложение/вычитание» ($\pm$), «умножение» ($\bullet$), «отрицание» ($-$ или $\neg$). Используется также символ равенства ($=$). Задаётся система правил (аксиом) результатов выполнения операций и определения их последовательности.

5. Базовым компонентом структуры модели является функция $f(a,b)$, иногда называемая в литературе обратной импликацией:

$$f(a,b) \equiv a \leftarrow b \text{ или } a + \bar{b} \text{ или } a^b.$$

6. Техническим приёмом при описании моделей является параллельное использование эквивалентных представлений: линейная запись с использованием скобок и запись в виде степенных многочленов, табличное и графическое представление структуры взаимодействия субъектов.

Концептуальную схему теории рефлексивных игр с учётом приведённого выше текста можно представить следующим образом:

1. Единицей («клеточкой») рассмотрения здесь является группа субъектов, структура которой задаётся графом, где узлами являются субъекты, а рёбрами – отношения между субъектами.

2. Отношения между субъектами могут быть представлены в терминах состояний отношений из заданного дискретного множества таких состояний. В рассматриваемой модели таких состояний два: «союз» и «конфликт».

3. Квалификация отношений производится с точки зрения внешнего наблюдателя. Субъекты могут иметь собственную интерпретацию этих отношений.

4. Каждый субъект потенциально может:

- сделать выбор альтернативы – подмножества действий из приписанного группе универсального множества действий;

- принять решение «не выбирать сейчас» (выбор пустой альтернативы);

- оказаться в ситуации невозможности выбора, в том числе пустой альтернативы, что интерпретируется как состояние фрустрации (полезные здесь синонимы термина «фрустрация» – «безвыходность», «безысходность»).

5. Состоянию фрустрации конкретного субъекта (см. выше) соответствует отсутствие решения у модели ментального выбора этого субъекта.

6. Наличие у модели субъекта единственного «пустого» решения (т.е. решения «не решать, не выбирать») интерпретируется как нахождение субъекта в **пассивном** состоянии. Наличие непустого решения (возможно, вместе с «пустым») интерпретируется как нахождение в **активном** состоянии.

7. Для каждой альтернативы в результате вычислений определяется, принадлежит ли она к множеству *W* допустимых (выгодных) для индивида альтернатив. Аналогично определяется её принадлежность к множеству *P* альтернатив, допустимых (выгодных) для группы. В модели предполагается отсутствие шкалы предпочтений альтернатив для каждого субъекта и группы в целом и соответственно отсутствие оценок для таких предпочтений.

8. Следствием принятой структуры модели является «Принцип запрета эгоизма», который формулируется следующим образом: *субъект не может наносить ущерб группе, членом которой он является, если это является выгодным лично для него*. Принцип не исключает жертвенного поведения, при котором выбранный вариант действия невыгоден как группе, так и самому субъекту.

9. В модели различаются процессы выбора и реализации. В частности, выбранные субъектом действия и/или их комбинации могут быть им реализованы совместно, но могут существовать варианты действий, реализация которых является взаимоисключающей. Такие варианты не могут входить в одну альтернативу.

Процедура перехода к аналитической записи описывается последовательностью шагов, перечисленных ниже, в результате которых формируются следующие конструкции:

- Граф (декомпозируемый по стратам – отношениям одного типа, причём могут существовать недекомпозируемые варианты).

- Дерево декомпозиции (чередование уровней=слоёв).

- Грамматическое дерево (линейная скобочная запись дерева).

- Дерево полиномов: замена символов отношений «союз» и «конфликт» на символы операций ($\bullet$, $+$), а также интерпретация букв (символов конкретных субъектов) соответствующими данному субъекту подмножествами альтернатив.

- Диагональная форма, которая является картинкой (схемой), изображающая субъекта с его внутренним миром.

- Экспоненциальная формула, которая является вычислительной моделью процесса принятия решения субъектом (напомним, что модель может предсказать невозможность принятия решения).

Ниже перечислены основные этапы работы с приложением «МКСЦ: Рефлексия».

1. Перечисление (ввод) действующих лиц – субъектов взаимодействия. Результат – список персонажей.

2. Перечисление действий с указанием их свойств (возможность совместной реализации). Результат – список действий.

3. Формирование (вычисление) альтернатив, включая пустую альтернативу и альтернативу, содержащую универсальное множество действий. Результат – список альтернатив.

4. Перечисление отношений между субъектами. Результат – матричное и графическое представление анализируемой группы.

5. Задание для каждого субъекта наборов альтернатив, к выбору которых его склоняет каждый из остальных субъектов, а также и интенция (намерение) самого субъекта. Результат: матрица влияний.

6. Контроль и редактирование введенной информации. Результат: подтверждение пользователем заданной конфигурации.

7. Запрос на анализ.

Результаты:

- список альтернатив, соответствующий заданной конфигурации, для каждого субъекта;

- список ***P*** альтернатив, допустимых (выгодных) для группы.

Инструментом для создания приложения выбран фреймворк PHP Symfony. Этот фреймворк уже имеет встроенные модули для работы с базой данных, учетными записями пользователей, формами и другие, что позволило упростить разработку приложения.

Отметим проблемы, возникающие при интерпретации результатов. Так, сообщение планшетиста, о том, что граф в данной задаче является недекомпозируемым, приводит в ступор представителей гуманитарных направлений. Соответственно необходимо дополнительное разъяснение того, как работать с этически неизмеримыми ситуациями в рамках данной модели.

3. Тестирование компонентов

Авторы с признательностью отмечают, что компонент рефлексивного анализа был протестирован в октябре 2011 г. Владимиром Александровичем Лефевром; его замечания позволили исправить некоторые ошибки. Нами была заявлена возможность открытого бесплатного доступа к приложению, реализующему рефлексивный анализ по адресу: <http://reflection.sergal.ru> [9, с. 251–253]. Однако реально им воспользовался только наш коллега С.С. Тарасенко [10, с. 93–101], который ранее разработал собственный вариант реализации теории рефлексивных игр, являющийся собственностью фирмы, в которой он работает.

С целью выявления недостатков в текущих версиях приложений, а также определения направлений их модернизации было проведено тестирование с привлечением группы студентов старших курсов математического факультета ОмГУ и прикладной информатики ОГИС.

Тестирование приложения «МКСЦ: Рефлексия» было проведено в пять этапов.

На первом этапе студентам читалась короткая лекция, в которой были описаны основные положения теории рефлексивных игр В.А. Лефевра и класс задач, решаемых при помощи приложения. Длительность первого этапа составила 30 минут.

На втором этапе группа студентов исполняла роль проектной группы СЦ. Группой была поставлена задача, в которой рассматривалась ситуация необходимости выбора линии поведения субъектами (людьми), между которыми существуют эмоциональные взаимоотношения.

На третьем этапе группа выступила уже в качестве сервисной команды СЦ. Студенты формализовали поставленную ранее задачу в терминах теории рефлексивных игр. Был составлен граф взаимоотношений субъектов, список альтернатив, матрица влияний субъектов друг на друга. Продолжительность второго и третьего этапов вместе составила 15 минут.

Четвертый этап был посвящен непосредственно тестированию приложения. Студенты ввели в программу полученные на предыдущем этапе данные. Система вернула результат решения задачи, который был быстро и корректно интерпретирован группой студентов. Дальнейшая работа с приложением велась следующим образом: в упрощенном виде повторялись второй, третий и четвертый этапы тестирования, то есть изменялись (либо добавлялись) условия задачи, соответственно уточнялась модель входных данных, приложение возвращало новый результат. По окончании этапа (длительностью 30 минут), студенты уже имели навык работы с приложением, они легко составляли новые задачи и быстро интерпретировали результаты, выданные приложением.

На пятой, заключительной, части тестирования был проведен обмен впечатлениями с группой студентов об использовании приложения «МКСЦ: Рефлексия». Студенты отметили, что пользоваться приложением было интересно, придумать и формализовать задачи было достаточно легко. Тем не менее были выявлены недостатки приложения: не очень удачный дизайн; недостаточность визуализации (не изображен в графическом виде граф взаимоотношений, не представлены в табличном виде матрицы влияний); неудобная навигация (необходим одношаговый переход на любую стадию введения данных задачи и просмотра её результата); не разграничены множества альтернатив по отдельным участникам; отсутствует мультязыковая поддержка. Продолжительность заключительной части тестирования – 15 минут.

В целом, тестирование приложения прошло успешно: студенты, до этого не знакомые с теорией рефлексивных игр, после полуторачасового тестирования легко интерпретируют условия и решения существующих задач, а также составляют новые, совмещая в себе роли как проектной группы СЦ-центра, так и его сервисной команды.

Заключение

Представлен прототип системы коллективного междисциплинарного исследования, инфраструктурой которой является ситуационный центр, а программное обеспечение ориентировано на «облачную» реализацию. Оба описанных компонента системы предназначены для моделирования, однако математический аппарат компонентов существенно различается. Отмечена необходимость сопровождения математического арсенала исследования средствами объяснения процедур и результатов представителям различных профессиональных коллективов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Филимонов В.А.* Исследовательский комплекс «Ген-Гуру» (эскиз междисциплинарного проекта) // «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОНТ-07): материалы Всероссийской

- конференции с междунар. участием. 14–16 сентября 2007, Новосибирск. Новосибирск: Ин-т математики им. С.Л.Соболева СО РАН, 2007. Т. 1. С. 24–31.
2. *Филимонов В.А.* Учебно-исследовательский ситуационный центр – полигон для команды системных аналитиков // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. 2010. № 5. С. 156–159.
3. *Поляк Ю.Г., Филимонов В.А.* Статистическое машинное моделирование средств связи. М.: Радио и связь, 1988. 176 с.
4. *Толстуха С.А., Филимонов В.А.* Прототип реализации теории рефлексивных игр // Материалы Ершовской конференции по информатике (PSI'11). Секция «Информатика образования»: доклады и тезисы. Новосибирск: Институт систем информатики, 2011. С. 133–135.
5. *Толстуха С.А.* Программный комплекс для планшетиста ситуационного центра // «Молодежь, наука, творчество – 2012». X Межвузовская научно-практическая конференция студентов и аспирантов: сб. статей. Омск: Омский государственный институт сервиса, 2012. С. 59–61.
6. *Левевр В.А.* Лекции по теории рефлексивных игр. М.: Когито-Центр, 2003. 218 с.
7. *Сугоняк В.В., Филимонов В.А.* Управление человеческими ресурсами для коллективного исследования и обучения // Вестник Сибирского гос. аэрокосмического ун-та. 2010. № 5. С. 159 – 162.
8. *Канеман Д., Словик П., Тверски А.* Принятие решений в неопределённости: Правила и предубеждения. Харьков: Гуманитарный центр, 2005. 632 с.
9. *Филимонов В.А.* Рефлексивный анализ и технологии ситуационного центра // Рефлексивные процессы и управление: сб. материалов VIII Междунар. симпозиума. М.: Когито-Центр, 2011. С. 251–253.
10. *Тарасенко С.С.* Моделирование многоэтапного процесса принятия решений при помощи теории рефлексивных игр // Рефлексивные процессы и управление. 2010. Т. 10. № 1–2. С. 93–101.

Сергей Александрович Толстуха

Вячеслав Аркадьевич Филимонов

Омский государственный институт сервиса,

Омский филиал Института математики им. С.Л.Соболева СО РАН

E-mail: letters@sergal.ru; filimono@ofim.oscsbras.ru

Поступила в редакцию 30 апреля 2012 г.

Tolstukha Sergey A., Filimonov Vyacheslav A. (Omsk State Institute of Service, Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the RAS Omsk branch). **Web-applications for dynamic systems and subjects with reflection modeling.**

Keywords: situation center, static modeling, homeostatics, reflection analysis.

General task is to create support system of collective multi-discovery research with situation center as infrastructure and «cloud-oriented» software. Specific task is to create prototype of operational support system for project teams in situation center. Prototype technology has been used on the «easiest system version containing most difficult element» principle. Components are implemented as Web-applications.

«MCSC: Synergetics» application designed for simulation mathematics models builds with structure which can presents as a graph. Vertexes of the graph are computing units and edges are data transfer channels. Discrete digital signal processing apparatus is used. This component helps, in particular, to model homeostatic models and to explore evolution of catastrophic processes. «MCSC: Reflection» application implements models of Lefebvre reflection games theory. It serves to describe and predict actions and relationships between subjects in group. Components was testing with involving senior students.