

УДК 004.94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО КРИТЕРИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛНОТЫ

Ю.А. РВАНЦОВ

(Ростовский государственный экономический университет)

Предложен пример применения методики анализа по функциональной полноте для сравнения систем имитационного моделирования и определения степени их соответствия требованиям пользователей.

Ключевые слова: имитационная модель, система, сравнительный анализ, функциональная полнота, функция.

Введение. Главной проблемой при построении любой имитационной модели является необходимость построения комплексных математических моделей и разработки программного кода имитационной модели. В современных системах имитационного моделирования предпринимаются попытки решить эту проблему при помощи автоматизации построения кода имитационной модели на основании различных графических схем (визуальных моделей) и с использованием методов объектно-ориентированного проектирования. Такой подход значительно облегчает задачу создания имитационной модели и делает саму модель более понятной для пользователей.

На кафедре экономической информатики и автоматизации управления Ростовского государственного экономического университета «РИНХ» был предложен метод решения этой проблемы путем автоматического построения имитационных моделей на основе диаграмм UML – языка, который в настоящее время принят в качестве стандартного языка моделирования и получил широкую поддержку в индустрии программного обеспечения [1]. Этот метод был реализован в виде системы имитационного моделирования СИМ-UML [6]. Для того чтобы оценить потребительскую ценность СИМ-UML и ее перспективы на рынке программных средств для имитационного моделирования, необходимо сравнить возможности системы и степень удовлетворения требованиям пользователей с конкурирующими программами. Для этого был проведен сравнительный анализ систем имитационного моделирования по критерию функциональной полноты [5].

Основная часть. На первом шаге исследования были отобраны системы имитационного моделирования для анализа. В число выбранных программных продуктов вошли:

1. ARIS Simulation – часть комплекса средств анализа и моделирования деятельности предприятия, а также разработки автоматизированных информационных систем ARIS Toolset.
2. Система имитационного моделирования Arena.
3. Simulink приложение к пакету Matlab для имитационного моделирования сложных процессов и систем.

Все указанные продукты отвечают следующим условиям:

- позволяют осуществлять имитационное моделирование деловых процессов;
- поддерживают в той или иной степени интеграцию визуального и имитационного моделирования;
- широко распространены и пользуются популярностью на рынке.

На втором шаге был составлен список функций, по которым проводится анализ. При этом были отобраны как функции, существенные для процесса построения и работы с имитационными моделями, так и функции, обеспечивающие удобство и производительность при работе пользователя с системой. Фрагмент списка выбранных функций приведен в табл.1.

Таблица 1

Список функций систем имитационного моделирования (фрагмент)

Код	Функция
f1	Автоматическая генерация программного кода имитационной модели
f2	Возможность анимировать процесс моделирования
f3	Возможность быстрого изучения системы
...	...
f25	Проверка синтаксической правильности визуальной модели
f26	Редактирование имеющихся законов распределения
f27	Создание собственных законов распределения
f28	Экспорт результатов моделирования

На *третьем шаге* была заполнена таблица начальных данных (из источников [1,2,3,4]), элементы которой (X_{ij}) определяются по следующему правилу:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{я функция реализуется } i - \text{м ПП;} \\ 0, & \text{если не реализуется (нн выполняется).} \end{cases}$$

Полученные данные представлены в табл.2.

Таблица 2

Начальные данные для анализа (фрагмент)

	f1	f2	f3	...	f25	f26	f27	f28
Aris	1	0	0	...	1	0	0	1
Arena	1	1	0	...	1	0	0	1
Simulink	1	0	0	...	1	0	0	1
СИМ-UML	1	0	1	...	1	1	1	1

Далее на основании данных исходной таблицы были рассчитаны матрица Р (табл.3), элементы которой показывают различие сравниваемых систем по функциям, и матрица Н (табл.4), элементы которой (H_{ik}) показывают, какая часть функций, реализуемых i -й системой, реализуется также и j -й системой, т.е. насколько i -я система поглощает j -ю систему.

Таблица 3

Матрица разности систем имитационного моделирования по реализуемым функциям

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	0	0	2	2
Arena	2	0	3	3
Simulink	1	0	0	1
СИМ-UML	9	8	9	0

Таблица 4

Матрица поглощения систем имитационного моделирования

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	1	0,9	0,941	0,64
Arena	1	1	1	0,68
Simulink	0,889	0,85	1	0,64
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1

Из табл.3 видно, что различия по функционалу между исследуемыми системами достаточно малы. Некоторое отличие программы СИМ-UML объясняется тем, что большинство современ-

ных коммерческих систем имитационного моделирования разрабатываются с учетом традиционных для своей сферы использования требований, а система СИМ-UML изначально создавалась специально для моделирования сложных стохастических процессов, что позволило дополнить ее набором уникальных функций для расширения возможностей описания характеристик модели. Вторым направлением работы над системой было повышение ее эргономичности и стремление максимально упростить работу пользователей. Набор функций, реализованных специально для упрощения освоения программы, также отличает ее от конкурентов.

Табл.4 демонстрирует высокую степень взаимного поглощения анализируемых систем, что свидетельствует о наличии определенного базового набора функций, реализованных всеми системами, что позволяет говорить о том, что эти системы сравнимы между собой, и доказывает значимость полученных в ходе их сравнения результатов.

Для оценки подобия изучаемых программных продуктов в соответствии с методикой применяется мера подобия Жаккарда G_{ij} , на основании которой строится матрица подобия систем (табл.5).

Таблица 5

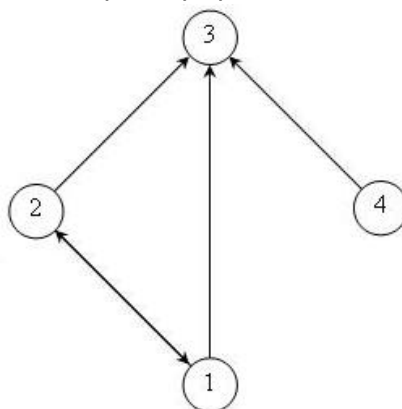
Матрица подобия систем имитационного моделирования

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	1	0,9	0,842	0,593
Arena	0,9	1	0,85	0,607
Simulink	0,842	0,85	1	0,615
СИМ-UML	0,593	0,607	0,615	1

Из полученных матриц, выбрав нужные пороговые значения, можно рассчитать логические матрицы P_0 , H_0 и G_0 . Например, для матрицы поглощения H была рассчитана логическая матрица H_0 на основании порогового значения $\varepsilon_g = 0,9$, где

$$H_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } H_{ij} \geq \varepsilon_g, i \neq j \\ 0, & \text{если } H_{ij} < \varepsilon_g, \text{ или } i=j. \end{cases}$$

По полученной матрице был построен граф поглощения изучаемых систем (рисунок).



Граф поглощения систем имитационного моделирования

Благодаря очень высокому уровню порогового значения, каждое ребро на графе означает практически полное поглощение по функционалу. Таким образом, полученный граф, содержащий большое количество ребер, еще раз наглядно демонстрирует высокий уровень взаимосвязи исследуемых систем.

Помимо сравнения систем между собой, пользователю может быть необходимо определить, какие из них позволяют полностью решить задачи, стоящие перед пользователем. Применительно к системам имитационного моделирования эти задачи включают:

- построение имитационной модели с минимальными трудовыми и временными затратами (достигается за счет использования при построении имитационной модели визуальных моделей деловых процессов в виде диаграмм какой-либо из распространенных нотаций);
- прогон полученной модели и проведение имитационного эксперимента;
- представление полученных результатов в удобном для анализа виде.

Для определения систем, позволяющих решить все перечисленные задачи, были выделены функции, необходимые для их решения, и в табл.1 добавлена условная система (Z), реализующая выделенный набор функций. Данные для анализа приняли вид, показанный в табл.6.

Таблица 6

Исходные данные для сравнения с включением условной системы (фрагмент)

	f1	f2	f3	...	f25	f26	f27	f28
Aris	1	0	0	...	1	0	0	1
Arena	1	1	0	...	1	0	0	1
Simulink	1	0	0	...	1	0	0	1
СИМ-UML	1	0	1	...	1	1	1	1
Z	1	0	0	...	1	0	0	1

На основании этих данных была рассчитана матрица поглощения H для списка рассматриваемых систем (табл.7).

Таблица 7

Матрица поглощения с включением условной системы

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML	Z
Aris	1	0,9	0,941	0,64	1
Arena	1	1	1	0,68	1
Simulink	0,889	0,85	1	0,64	0,909
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1	1
Z	0,611	0,55	0,588	0,44	1

Как видно из полученных результатов, почти все рассматриваемые программные продукты полностью поглощают условную систему ($H_{is}=1$). Исключение составляет только программа Simulink. Это объясняется тем, что данный продукт изначально разрабатывался для моделирования технических систем и поддерживает формирование визуальных моделей только в собственной нотации, наиболее полно отвечающей поведению технических объектов, но требующей адаптации для моделирования экономических процессов, что усложняет построение имитационных моделей экономических систем.

Выводы. Таким образом, сравнение систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты позволило определить сходства и различия исследуемых систем по функционалу и выделить список систем, полностью удовлетворяющих требованиям пользователей к функциональной полноте. В дальнейшем для осуществления выбора оптимальной системы из этого списка могут быть использованы, например, критерии экономической эффективности или совокупной стоимости владения.

Библиографический список

1. Вендров А.М. Современные технологии создания программного обеспечения. Обзор // Jet Info Online. – 2004. – №4. [Электрон. ресурс] Режим доступа: <http://daily.sec.ru/dailypblprnver.cfm?pid=11800>.
2. Маклаков С.В. Имитационное моделирование с Arena / С.В. Маклаков // Компьютер-Пресс. – 2001. – №7.
3. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство / Громов А. [и др.]. – М.: Весть-МетаТехнология, 2001. – 327 с.
4. Разработка имитационных моделей в среде MATLAB: Р17: метод. указания; сост. А.М. Наместников. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 72 с.
5. Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты / Г.Н. Хубаев // Программные продукты и системы. – 1998. – №2. – С.6-9.
6. Хубаев Г.Н. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» / Г.Н. Хубаев, С.М. Щербаков, Ю.А. Рванцов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – №2008615423. – М.: РОСПАТЕНТ, 2009.

Материал поступил в редакцию 26.11.10.

References

1. Vendrov A.M. Sovremennye tehnologii sozdaniya programmnoo obespecheniya. Obzor // Jet Info Online. – 2004. – №4. [Elektron. resurs] Rejim dostupa: <http://daily.sec.ru/dailypblprnver.cfm?pid=11800>. – In Russian.
2. Maklakov S.V. Imitacionnoe modelirovanie s Arena / S.V. Maklakov // Komp'yuterPress. – 2001. – №7. – In Russian.
3. Modelirovanie biznesa. Metodologiya ARIS. Prakticheskoe rukovodstvo / Gromov A. [i dr.]. – M.: Vest' MetaTehnologiya, 2001. – 327 s. – In Russian.
4. Razrabotka imitacionnyh modelei v srede MATLAB: R17: metod. ukazaniya; sost. A.M. Namestnikov. – Ul'yanovsk: UlGTU, 2004. – 72 s. – In Russian.
5. Hubaev G.N. Sravnenie slojnyh programmnyh sistem po kriteriyu funkcional'noi polnoty / G.N. Hubaev // Programmnye produkty i sistemy. – 1998. – №2. – S.6-9. – In Russian.
6. Hubaev G.N. Sistema avtomatizirovannogo sinteza imitacionnyh modelei na osnove yazyka UML «SIM-UML» / G.N. Hubaev, S.M. Scherbakov, Yu.A. Rvancov // Svidetel'stvo ob oficial'noi registracii programmy dlya EVM. – №2008615423. – M.: ROSPATENT, 2009. – In Russian.

Y.A. RVANTSOV

COMPARATIVE ANALYSIS OF BUSINESS PROCESSES SIMULATION SYSTEMS BY FUNCTIONAL COMPLETENESS CRITERION

Case study of functional completeness analysis to compare imitation modeling systems, and to define their conformity with the user requirements is offered.

Key words: *imitation model, system, comparative analysis, functional completeness, function.*