

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО ОБЛАЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЕДСТВ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВАМИ GPSS WORLD

В.С. Мамонова, И.М. Якимов, Т.В. Девятков (Казань)

Проектирование информационной системы

Проектирование информационной облачной системы (ИОС) осуществлялось в три этапа:

1. разработка эталонных аналитических и имитационных моделирований СМО (в работе рассматриваются только имитационные модели (ИМ), разработанные в программной среде GPSS World, аналитические модели (АМ) разработаны другим специалистом);

2. разработка комплекса программ сравнения результатов ИМ с АМ по параметрическим показателям на языке С#;

3. создание клиент-серверного приложения, функционирующего на основе облачной технологии PaaS.

На первом этапе проектирования ИОС на языке GPSS W были разработаны четыре модели систем массового обслуживания: с ожиданием М/М/1, М/М/5 и с отказами М/М/5/0, М/М/5/2. Каждая из моделей записывает в отдельный текстовый файл выходные данные – результативные показатели функционирования СМО, в частности:

- 1) y_1 – среднее количество заявок в обслуживающих аппаратах (ОА);
- 2) y_2 – среднее количество заявок в очереди;
- 3) y_3 – среднее количество заявок в системе;
- 4) y_4 – среднее время задержки заявок в ОА;
- 5) y_5 – среднее время ожидания заявок в очереди;
- 6) y_6 – среднее время пребывания заявок в системе;
- 7) y_7 – коэффициент загрузки (использования) ОА;
- 8) y_8 – вероятность отказа.

Используя эти показатели в параметрических методах их оценки, которые представлены ниже, было проведено сравнение результатов ИМ с АМ СМО для 100 обслуживаемых заявок системы. В качестве параметрических были выбраны следующие пять методов [3].

1. Оценка различия результатов ИМ от результатов АМ, выраженная в процентах:

$$\Delta_i = \frac{y_i^* - y_i}{y_i} \cdot 100, \quad (1)$$

где y_i^* – значение i -го параметра СМО по результатам ИМ, а y_i – значение i -го параметра СМО по результатам АМ. Результаты сравнения считаются удовлетворительными, если разница не превышает величину в 10%.

2. Оценка различия средних значений параметров СМО, полученных ИМ и АМ для i -го параметра СМО. Оценка производится по критерию Стьюдента и вычисляется по формуле:

$$t_i = \sqrt{n} \frac{|m_i^* - m_i|}{\sigma_i}. \quad (2)$$

Величина n – количество реализаций, равное 100. Здесь m_i^* – значение среднего времени i -го параметра СМО по результатам ИМ, m_i – значение среднего времени для i -го параметра

СМО по результатам АМ (рамках данной работы это результативные параметры у3 – у6). Переменная σ_i определяется оценкой стандартного отклонения i -го параметра СМО по результатам АМ. Если вычисленное значение t_i не превышает критическое значение критерия Стьюдента, найденного по статистическим таблицам $t_{\text{крит}}=1.960$, при рекомендуемом значении доверительной вероятности $\beta=0.95$ для количества степеней свободы $df = n-1=100-1= 99$, тогда можно считать, что полученные при ИМ результаты достоверны [1].

3. Метод доверительного интервала. При основных значениях $\beta=0.95$ и $t_\beta =1.96$ половина ширины доверительного интервала и его границы определяются по формулам:

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}} t_\beta; y_{i\text{лев}} = \bar{y}_i - \varepsilon_i; y_{i\text{прав}} = \bar{y}_i + \varepsilon_i. \quad (3)$$

В данной формуле σ_i – стандартное отклонение i -го параметра, найденное по результатам ИМ или АМ, $y_{i\text{лев}}$ – левая граница доверительного интервала i -го параметра, $y_{i\text{прав}}$ – правая граница доверительного интервала i -го параметра, n – количество реализаций, равное 100, с количеством степеней свободы $df = 99$. Переменная \bar{y}_i принимает среднее значение i -го параметра, найденное по результатам ИМ или АМ. Результаты сравнения считаются удовлетворительными, если разница не превышает величину в 10%.

4. Проверка гипотезы о равенстве дисперсий результативных показателей СМО по критерию Пирсона производится по формуле:

$$\chi_i^2 = (n-1) \frac{\sigma_i^{*2}}{\sigma_i^2} \text{ ìðè } \sigma_i^{*2} \geq \sigma_i^2, \quad (4)$$

где σ_i^{*2} – оценка дисперсии i -го параметра для ИМ; σ_i^2 – оценка дисперсии i -го параметра для АМ, n – количество реализаций, равное 100, с количеством степеней свободы $df = 99$. Если вычисленное значение χ_i^2 не превышает критическое значение критерия $\chi_{\text{икрит}}^2 = 10905$, то результаты ИМ признаются достоверными [1].

5. Проверка гипотезы о равенстве оценок дисперсий. Проверка производится по критерию Фишера по формуле:

$$F_i = \frac{\sigma_i^{2*}}{\sigma_i^2} \text{ ìðè } \sigma_i^{2*} \geq \sigma_i^2; i = \overline{1, k}, \quad (5)$$

где σ_i^* – оценка стандартного отклонения i -го параметра для ИМ, σ_i – оценка стандартного отклонения i -го параметра для АМ. Если вычисленное значение критерия Фишера не превышает критическое $F_{\text{крит}}=1.057$, то результаты ИМ признаются достоверными [1].

Все формулы реализованы в комплексе программ сравнения, написанных на языке С#. Полученные результаты занесены в таблицы (см. табл. 1 и табл. 2). В данной работе приведены результаты сравнения только по первым двум методам оценки для шести показателей функционирования СМО М/М/1 [4].

Таблица 1
Оценка разницы значений, полученных при АМ и ИМ (в %)

№	Код	Наименование	АМ	ИМ	Разница	Разница в %
1	у1	Среднее количество заявок в очереди	0.9	0.83	0.07	7.975
2	у2	Среднее количество заявок в ОА	0.6	0.66	0.06	10.954
3	у3	Среднее количество заявок в системе	1.5	1.49	0.01	0.404
4	у4	Среднее время ожидания заявок в очереди	9	8.08	0.92	10.242
5	у5	Среднее время обслуживания заявок в ОА	6	6.53	0.53	8.924
6	у6	Среднее время пребывания заявок в системе	15	14.6	0.4	2.576

Таблица 2
Сравнение по критерию Стьюдента

№	Код	Наименование	АМ	ИМ	Результат
1	у1	Среднее количество заявок в очереди	0.9	0.83	1.901
2	у2	Среднее количество заявок в ОА	0.6	0.66	4.023
3	у3	Среднее количество заявок в системе	1.5	1.49	1.192
4	у4	Среднее время ожидания заявок в очереди	9	8.08	0
5	у5	Среднее время обслуживания заявок в ОА	6	6.53	4.386
6	у6	Среднее время пребывания заявок в системе	15	14.8	1.801

Разработано клиент-серверное приложение ИОС по облачной технологии PaaS. PaaS (Platform as a Service) – «платформа как услуга», модель проведения облачных вычислений. При создании такого приложения не требуется покупка и поддержка аппаратного и программного обеспечения. Пользователь получает доступ к платформе на правах аренды. Такой вид доступа обеспечивает высокие показатели масштабируемости, отказоустойчивости, виртуализации и безопасности работы. В рамках технологии PaaS возможен запуск различных компонентов приложения на разных виртуальных машинах, но под управлением одной платформы [2].

Приложение работает по следующему принципу. В окне приложения в специальном текстовом поле пользователь набирает текст собственной модели СМО. Далее в подменю он должен выбрать, с какой из моделей СМО он хочет сравнить свою модель: аналитической или имитационной. Затем осуществляет выбор метода для сравнения: параметрический или непараметрический. После отправки пользователем текста он преобразуется в файл, который отправляется по сети на сервер. На самом сервере при помощи специализированного программного обеспечения производится сравнение результатов ее функционирования

с результатами эталонных моделей, которые хранятся на сервере. Результаты сравнения отправляются по сети обратно пользователю и выводятся на экран его приложения с комментариями о том, какие из показателей достоверны, а какие нет по результатам сравнения, что позволяет сделать вывод о корректности функционирования модели СМО от пользователя приложения. Интерфейс клиент-серверного приложения представлен на рис. 1.

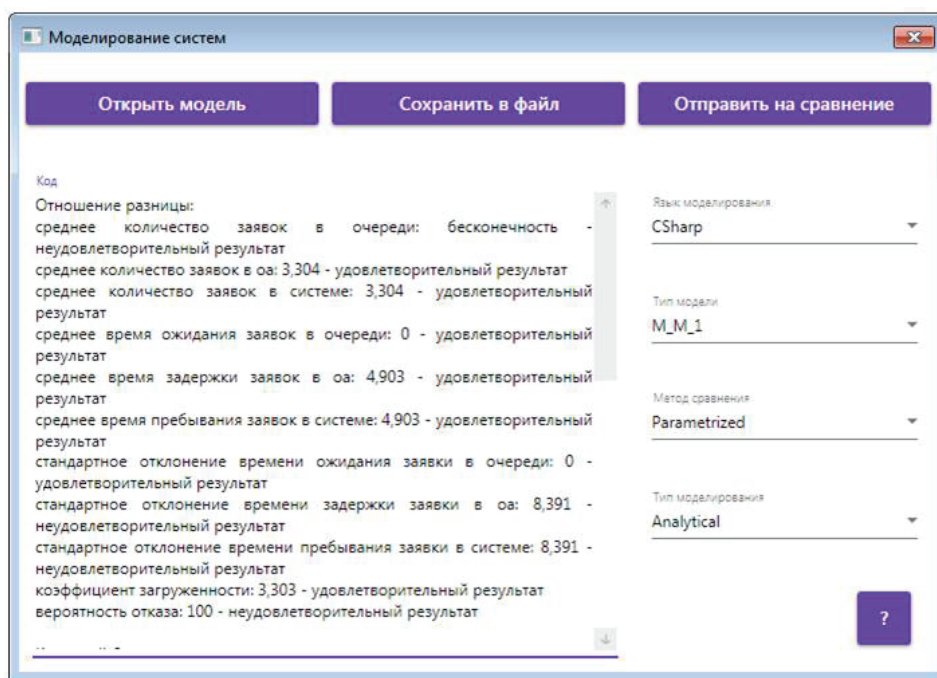


Рис. 1. Интерфейс клиент-серверного приложения, реализующий информационную облачную систему

Заключение

Отличительной особенностью данной информационной облачной системы от других подобных систем для сравнения показателей ИМ с результатами АМ является использование актуальных в настоящее время облачных технологий, облегчающих работу пользователей. Через «облако» сравнение моделей и доведение до пользователя результатов происходит за кратчайшие сроки. Обращение к «облаку» доступно в любое время и в любом месте.

Разработанная ИОС оценивает достоверность результатов ИМ по результатам АМ за счет выбранных параметрических методов, а значит, эти методы разумно и необходимо использовать для оценки корректности имитационных моделей. Таким образом, использование спроектированной ИОС направлено на снижение трудоёмкости исследований и повышение достоверности результатов моделирования.

Литература

1. **Вадзинский Р.Н.** Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека рользователя. – СПб: Питер. 2008. 608 с.
2. **Девятков В.В., Девятков Т.В.** Облачное моделирование – история, концепции, состояние // Казань: Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14, № 12. С. 30–37.
3. **Кирпичников А.П.** Методы прикладной теории массового обслуживания //Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та. 2011. 200 с.
4. **Якимов И.М., Кирпичников А.П., Зайнуллина Г.Р., Яхина З.Т.** Оценка достоверности результатов имитационного моделирования по результатам аналитического моделирования // Казань: Вестник Казан. технол. ун-та. 2015. Т. 18, №6. С. 173–178.