

УДК 004.942/.75 : 519.876.5

Ахмад Али (Абдель Карим) Альмхерат, Г.Н. Жолткевич

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СПОНТАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ АРХИТЕКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются вопросы параметризации модели механизма, обеспечивающего спонтанное изменение состояния архитектурного компонента информационной системы. В качестве параметризирующей модели выбрана функция специального вида, зависящая от одного неотрицательного параметра. В результате имитационного эксперимента найдены зависимости между средним временем открытия семафора, его дисперсией и значением соответствующего параметра модели.

информационная система, архитектурное проектирование, капсула, спонтанный переход

Введение

Растущая сложность задач, для решения которых применяются информационно-вычислительные системы, приводит к необходимости интеграции программных комплексов в единое целое. Возникающие в результате такой интеграции системы характеризуются, как правило, распределением данных и их обработки. Существует ряд архитектурных шаблонов, рекомендуемых при проектировании таких систем [1], однако обоснование их применения носит умозрительный, а не научно обоснованный характер. В связи с этим возникает проблема оценки эффективности использования того или иного архитектурного шаблона еще на фазе архитектурного проектирования системы.

Анализ публикаций, постановка задачи. Одной из основных концепций программной инженерии является концепция повторного использования решений на разных уровнях: код, структура, проектное решение, архитектура [2]. Использование шаблонов (паттернов) проектирования при разработке программного обеспечения с момента появления работы [3] стало одним из основных инструментов повышения эффективности разработки за счет повторного использования на уровне архитектурных и проектных решений. Роль шаблонов проектирования как современного средства разработки программного обеспечения отмечена также в [4]. Детально шаблоны проектирования архитектурного уровня для корпоративных программных систем описаны в [5]. В работе [6] предложено архитектурное решение, ориентированное на интеграцию информационных систем на уровне корпорации с сохранением суверенитета каждого из интегрируемых компонентов над своим информационным ресурсом. Общей чертой всех указанных работ является подробное описание различных архитектурных решений при отсутствии рекомендаций относительно методов оценки этих решений с целью обоснованного выбора какого-либо из них.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод об актуальности задачи разработки методологии, позволяющей объективно оценивать возможности и последствия использования существующих шаблонных решений для конкретных проектных ситуаций. В работе [7] предложено решать эту задачу путем имитационного моделирования поведения распределенной информационной системы. Одной из ключевых проблем при таком подходе является моделирование спонтанных изменений состояний компонентов такой системы. В работе [8] предложена модель соответствующей динамики и показано, что ее поведение в простейших случаях совпадает с теоретически предсказываемым. Вопрос же о параметризации объекта модели информационной системы, определяющего динамику спонтанных изменений ее компонентов, в упомянутой работе оставлен открытым. Это не обеспечивает возможность его целенаправленного использования при моделировании.

Таким образом, при имитационном моделировании процессов, происходящих в информационных системах, необходимым элементом является параметризация объектов, определяющих динамику спонтанных изменений ее компонентов.

Модель спонтанного изменения состояний капсул информационной системы

Опишем в общих чертах модель спонтанного изменения состояний компонентов информационной системы, предложенную в работе [8]. Как и в работе [7] мы следуем архитектурной модели предложенной И. Грэхемом ([4]). Напомним, что основным понятием подхода И. Грэхема является капсула информационной системы (КИС), которая представляет собой сложный, возможно распределенный, объект, который взаимодействует со своим окружением. Для построения динамической модели информационной системы на архитектурном уровне предположим, что

капсула информационной системы может находиться в одном из нескольких состояний, множество которых будет обозначаться через Q . В процессе функционирования КИС осуществляется смена ее состояний, которая может быть вызвана:

- реакцией капсулы на внешнее воздействие;
- спонтанно – в результате внутренних недетерминированных процессов, проходящих в капсуле.

Предметом нашего исследования является динамика смен состояний КИС второго вида.

Для того, чтобы учесть зависимость вероятности спонтанного изменения состояния капсулы от времени пребывания в этом состоянии, с одной стороны, и остаться в рамках предположений, соответствующих наблюдаемым данным, в работе [8] предложена вероятностная модель, базирующаяся на следующих предположениях:

- время пребывания капсулы в состоянии $s \in Q$ зависит только от этого состояния;
- состояние $s' \in Q$, в которое переходит капсула из состояния $s \in Q$, зависит только от этого состояния.

Учитывая сформулированные предположения, предложена следующая модель спонтанной динамики капсулы.

Рассмотрим $\{\tau(s', s'') \mid s', s'' \in Q, s' \neq s''\}$ – семейство положительных случайных величин, которые соответствуют времени разрешения перехода капсулы из состояния $s' \in Q$ в состояние $s'' \in Q$;

$$\left\{ p_X : X \rightarrow \mathbb{R} \mid \emptyset \neq X \subset Q, \right. \\ \left. (\forall s \in X) p_X(s) \geq 0, \sum_{s \in X} p_X(s) = 1 \right\} - \text{семейство рас-}$$

пределений вероятностей на подмножествах множества Q , индексированное соответствующими подмножествами.

Изменение состояния определяется следующим образом: если капсула в момент времени t_0 находится в состоянии $s \in Q$, $t(s, s')$ – реализация случайной величины $\tau(s, s')$, $\Delta t = \min_{s' \in Q, s \neq s'} \{t(s, s')\}$,

$X = \{s' \in Q \mid t(s, s') = \Delta t\}$, то в моменты времени t , удовлетворяющие неравенству $t_0 \leq t < t_0 + \Delta t$, капсула остается в состоянии $s \in Q$, а в момент времени $t = t_0 + \Delta t$ происходит переход в состояние $s'' \in X$, которое выбирается случайно в соответствии с распределением p_X .

Таким образом, ключевым компонентом модели является время, необходимое для разрешения перехода из состояния s' в отличное от него состояние s'' .

Имитационная модель спонтанного изменения состояний капсул информационной системы

Имитация описанной выше модели строится путем связывания с каждым возможным переходом капсулы из состояния $s' \in Q$ в состояние $s'' \in Q$ семафора – случайной системы с двумя состояниями [8], модель функционирования которой в терминах диаграмм состояний языка UML [9, 10] показана на рис. 1.

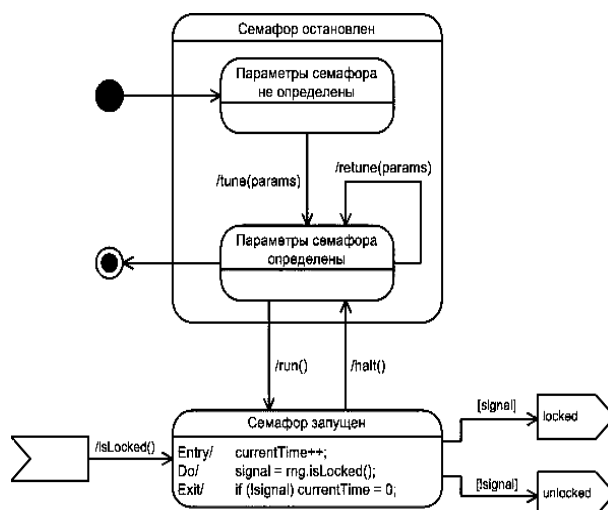


Рис. 1. Модель динамики семафора

Объект `rng`, метод `isLocked()` которого выполняется во время пребывания семафора в состоянии «семафор запущен», является генератором случайных событий, позволяющих имитировать случайную величину времени необходимого для разрешения перехода семафора из состояния $s' \in Q$ в состояние $s'' \in Q$: реализация случайной величины $\tau(s', s'')$ совпадает с количеством обращений к семафору до тех пор, пока выполняется условие `isLocked() = true`.

Легко видеть, что поведение семафора полностью определяется свойствами генератора случайных событий `rng`, точнее, его метода `isLocked()`, обеспечивающего генерацию случайных событий.

В работе [8] предполагается, что это поведение определяется функцией $g: \mathbb{N} \rightarrow [0, 1]$, значение $g(t)$ которой задает вероятность события `unlocked` при условии, что после предыдущего события `unlocked` было подряд получено t событий `locked`. Тем самым, если последний момент времени, когда было сгенерировано событие `unlocked`, равен t_0 и на протяжении интервала времени $t \geq 0$ после t_0 генерировались только события `locked`, то вероятность генерации события `unlocked` в момент времени $t_0 + t + 1$ равна $g(t)$.

С целью исследования статистических свойств генератора случайных событий для различных функций $g(t)$ в работе [8] была реализована имитационная модель семафора в среде Maple 10.

Постановка задачи. При исследовании параметров модели мы ограничимся простейшим видом функции $g(t)$, а именно:

$$g(t) = (t/(1+t))^\alpha . \quad)$$

Пусть θ_α – случайная величина, соответствующая времени открытия семафора для модели с указанным видом (1) функции $g(t)$ и параметром $\alpha \geq 0$.

Выясним зависимости:

$$\begin{cases} \mu(\alpha) = M\theta_\alpha; \\ \sigma^2(\alpha) = D\theta_\alpha \end{cases} \quad (2)$$

и зависимость $\sigma^2 = f(\mu)$, что позволит параметризовать семафор в процессе моделирования.

Первые из указанных зависимостей получим регрессионным анализом результатов имитационного эксперимента, а последнюю – исключив α из системы (2).

Результаты имитационного эксперимента

Имитационное моделирование проводилось с использованием реализации имитационной модели семафора, описанной в [8]. Результаты имитационного моделирования характеристик семафора приведены на рис. 2 – для реализации $\mu(\alpha)$ и на рис. 3 – для реализации $\sigma^2(\alpha)$. Наилучшие результаты регрессионного анализа получаются для моделей:

$$\begin{cases} \mu(\alpha) = 1 + c_\mu \alpha^\beta; \\ \sigma^2(\alpha) = c_\sigma \alpha^\gamma. \end{cases} \quad (3)$$

Соответствующие кривые показаны на рис. 2 и 3 серым цветом. Значения же коэффициентов c_μ и c_σ вычислены при помощи функции NonlinearFit пакета Statistics программного комплекса Maple 10 (табл. 1).

Таблица 1

Значения коэффициентов

Кэфф.	Значение	Кэфф.	Значение
c_μ	1,0000000	β	0,7868293
c_σ	0,4077165	γ	1,1937118

Таким образом, зависимости модели (3) приобретают вид:

$$\begin{cases} \mu(\alpha) = 1 + \alpha^{0,7868293}; \\ \sigma^2(\alpha) = 0,4077165 \alpha^{1,1937118}. \end{cases} \quad (4)$$

Для установления связи между средним временем открытия семафора и его дисперсией из уравнений (4) был исключен параметр α , что привело к зависимости:

$$\sigma^2 = 0,4077165156 \cdot (\mu - 1)^{1,517116609} . \quad (5)$$

График зависимости (5) приведен на рис. 4.

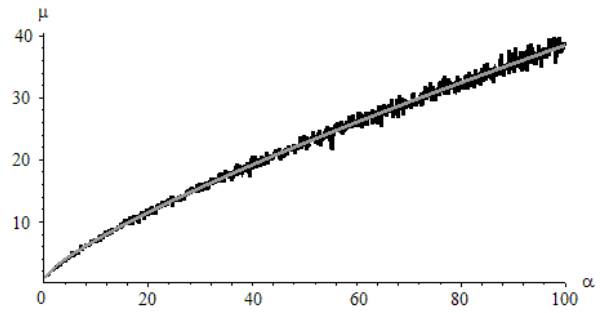


Рис. 2. Результаты эксперимента и тренд функции $\mu(\alpha)$

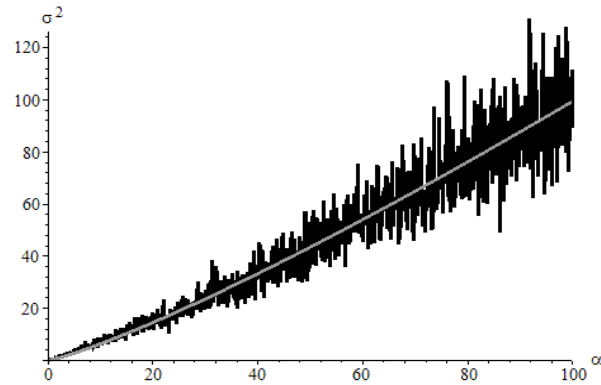


Рис. 3. Результаты эксперимента и тренд функции $\sigma^2(\alpha)$

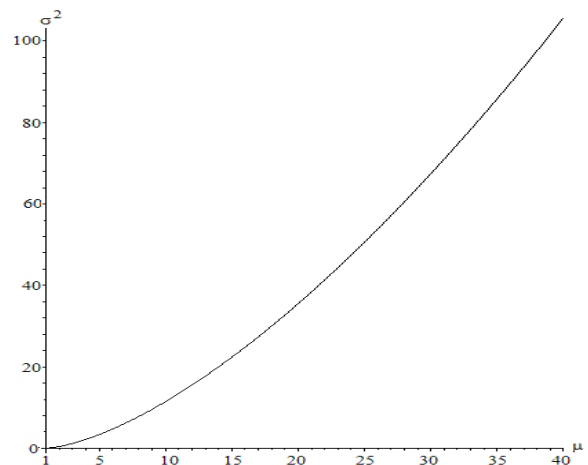


Рис. 4. Зависимость дисперсии времени срабатывания семафора от его среднего

Выводы

В настоящей работе исследована модель механизма, обеспечивающего спонтанное изменение состояния архитектурного компонента (капсулы) информационной системы. Исследование модели проводилось путем постановки имитационного эксперимента в среде Maple 10.

Полученные зависимости позволяют выбирать значение параметра модели для обеспечения тех или иных ее статистических свойств. Показано, что зависимость момента второго порядка от момента первого порядка является степенной с показателем приблизительно равным 1,5.

Дальнейшие исследования предполагают посвятить внедрению описанного механизма имитации спонтанного перехода состояния капсулы в имитационную модель архитектурного решения информационной системы.

Список литературы

1. Таненбаум Э., Стен М. *Распределенные системы. Принципы и парадигмы.* – С.-Пб.: Питер, 2003. – 877 с.
2. Соммервилл И. *Инженерия программного обеспечения.* – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.
3. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гемма, Р. Хелм и др. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 366 с.
4. Грэхем И. *Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика.* – М.: Вильямс, 2004. – 879 с.
5. Фаулер М. *Архитектура корпоративных программных приложений.* – М.: Вильямс, 2004. – 544 с.
6. Альмхерат Ахмад Али (Абдель Карим), Жолткевич Г. Н., Игнатов С. Ю. *Об одном подходе к интеграции неоднородных информационных ресурсов // Вісник Харк. нац. ун-та. № 629: Матем. моделювання. Інформаційні технології. АСУ. – Х.: ХНУ, 2004. – Вип. 3. – С. 48-55.*
7. Альмхерат Ахмад Али (Абдель Карим), Жолткевич Г. Н., Жолткевич А. Г. *Моделирование обмена информацией в информационных системах: концептуальный уровень // Вестник НТУ «ХПИ». Темат. вып. «Системный анализ, управление и информационные технологии». – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – № 19. – С. 57-61.*
8. Альмхерат Ахмад Али (Абдель Карим), Жолткевич Г. Н. *Об одной модели механизма спонтанных изменений состояний архитектурных компонентов информационных систем // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 1 (59). – С. 5-9.*
9. *Unified Modeling Language Specification: An Adopted Formal Specification / Object Management Group, Inc. – Version 1.5. – Needham, MA, 2003. – 736 p.*
10. *Unified Modeling Language: Superstructure / Object Management Group, Inc. – Version 2.0. – Needham, MA, 2005. – 709 p.*

Поступила в редколлегию 15.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Г. Раскин, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.