

УДК 51.621.391

А.Н. МАРТЫНЮК

*Одесский Национальный политехнический университет, Украина***ТЕСТОПРИГОДНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Выполнен анализ методов декомпозиции автоматных моделей, используемых в системе синтеза тестов. Рассмотрены как собственные тестопригодные свойства сохранения идентификаторов и контрольных экспериментов для методов сетевой и иерархической декомпозиции, так и внешние по отношению к ним условия функционирования анализируемых объектов. Исследованы соответствия данных свойств и условий, морфизмы моделей для базовых видов декомпозиции и предложены критерии, модели и методы тестопригодной декомпозиции на основе согласований этих соответствий, свойств и условий.

автомат, сеть, иерархия, морфизм, идентификатор, эксперимент, тест, тестопригодность**Введение**

Синтез тестов, как организация контрольных экспериментов в сетях и иерархиях моделей автоматного класса, отражающих пространственную и временную декомпозицию объекта анализа, выполненную тем или иным образом, позволяет снизить вычислительную сложность тестовых задач при сохранении их общности. Выполняемая композиция/декомпозиция согласуется с представлениями разработчика о структурном, функциональном, алгоритмическом, информационном, лингвистическом, аппаратном и других описаниях объекта анализа, определяемых соответствующими методами, средствами и условиями.

Тестовое обеспечение объекта, рассматриваемое как еще одно его специальное представление, также обуславливает собственные свойства, в частности, автоматные управляемость и наблюдаемость для сетевой и наследование для иерархической декомпозиций [1]. Известны общие операции, модели и методы сетевой [2] и иерархической [3] декомпозиции графов и автоматов. Учет для них автоматных свойств тестопригодности позволяет определить совокупность специальных моделей и методов тестопригодной декомпозиции.

Ставится задача определения совокупности кри-

териев, моделей и методов выполнения тестопригодной декомпозиции для автомата, заданного шестеркой объектов $A = (S, X, Y, \delta, \lambda, \{s_0\})$, на основе множественных и алгебраических операций сетевой и иерархической графовой и автоматной композиции и декомпозиции.

1. Операции и модели

К операциям, представляющим интерес для анализа тестопригодности, возможно отнести основные множественные и алгебраические операции над графами и автоматами. У графов в числе множественных операций – объединение, пересечение, дополнение, разность, симметрическая разность, подстановка, в числе алгебраических – сумма, декартово произведение, композиция, суперпозиция [2], гиперпозиция. Автоматы, как отмеченные графы специального вида, наследуют данные операции, в частности, в качестве специальных случаев алгебраических графовых операций у них присутствуют базовые операции параллельного, последовательного соединений и соединения с обратной связью, иерархического замещения состояния и перехода.

Для произвольной операции, условно обозначаемой символом «*», между соседними автомат-

ными представлениями – абстрактным $A = (S, X, Y, \delta, \lambda)$ и детальным $A' = (S', X', Y', \delta', \lambda') = A_1 * A_2$ – в зависимости от декомпозиции или композиции возможны отношения как прямого $A \subseteq_h A'$, так и обратного $A \supseteq_h A'$ гомоморфизма или изоморфного вложения, в частности, обычного включения \subseteq , где A' – точный результат операции «*», наименее избыточный по отношению изоморфного вложения к абстрактному представлению A .

Гомоморфизм и изоморфизм понимаются с точностью до алфавитных $S \rightarrow S', X \rightarrow X', X \times Y \rightarrow X' \times Y', Y \rightarrow Y'$ и алфавитно-грамматических $S \rightarrow A'', X \times Y \rightarrow A'''$ отображений, где $A'', A''' \subseteq A'$, соответствующие декомпозиции алфавитов. В дальнейшем обычный автомат $A = (S, X, Y, \delta, \lambda, \{s_0\})$ целесообразно представлять частичным автоматом $A = (S, X \times Y, \Delta, \{s_0\})$, где $s(t+1) = \Delta(s(t), (x(t), y(t))) \leftrightarrow s(t+1) = \delta(s(t), (x(t))) \& y(t) = \lambda(s(t), (x(t)))$.

Гомоморфизм или изоморфное вложение, сохраняя определяемые при проектировании условия функционирования объекта, могут приводить к появлению функциональной избыточности A' по отношению к A . С позиций синтеза теста, как контрольного автоматного эксперимента, устанавливающего изоморфизм проверяемой A' и эталонной A модели [4], избыточность означает или существенное усложнение построенного эксперимента при его переносе с A на A' , или необходимость сохранения свойств тестопригодности A – идентификаторов и экспериментных примитивов – в A' . Анализ второго случая представляет интерес в силу меньшей вычислительной сложности задачи.

Множественные операции $\{\cup, \cap, \bar{\cdot}\}$ над графами и автоматами, не меняя структуру автоматных алфавитов, могут менять (увеличивать или уменьшать) идентифицирующую способность у характеристических свойств, изменяя как сами идентификаторы I , так и отношения совместимости σ и различимости η для них [4].

Это обстоятельство в предельном случае требует при выполнении декомпозиции повторного анализа системы $\{I, \sigma, \eta\}$ для эквивалентного автомата $A' = A_1 * A_2$ с целью подтверждения применимости эксперимента для A в качестве структуры эксперимента для A' .

Лемма 1. Эксперимент для A с системой $\{I, \sigma, \eta\}$ применим к A' с $\{I', \sigma', \eta'\}$, если выполняется условие $\{I \subseteq I' \& \sigma \subseteq \sigma' \& \eta \subseteq \eta'\}$ для операции « \cup », условие $\{I \supseteq I' \& \sigma \supseteq \sigma' \& \eta \supseteq \eta'\}$ для операции « \cap », условие $\{I \subseteq \bar{I}' \& \sigma \subseteq \bar{\sigma}' \& \eta \subseteq \bar{\eta}'\}$ для операции « $\bar{\cdot}$ ».

Необходимым условием справедливости приведенных выражений, естественно вытекающим из характера множественных операций « \cup », « \cap » и « $\bar{\cdot}$ », являются соответствующие включения и равенства: для условия $\{I \subseteq I' \& \sigma \subseteq \sigma' \& \eta \subseteq \eta'\}$ операции « \cup » ($X \subseteq X' \& S \subseteq S'$) и $\Delta(S \times (X \times Y)) \subseteq \Delta'(S' \times (X' \times Y'))$; для условия $\{I \supseteq I' \& \sigma \supseteq \sigma' \& \eta \supseteq \eta'\}$ операции « \cap » ($X \supseteq X' \& S \supseteq S'$) и $\Delta(S \times (X \times Y)) \supseteq \Delta'(S' \times (X' \times Y'))$; для условия $\{I \subseteq \bar{I}' \& \sigma \subseteq \bar{\sigma}' \& \eta \subseteq \bar{\eta}'\}$ операции « $\bar{\cdot}$ » ($X = X' \& S = S'$) и $\Delta(S \times (X \times Y)) \subseteq \bar{\Delta}'(S' \times (X' \times Y'))$.

Очевидным достаточным условием справедливости приведенных выражений соответственно для операций в том же порядке $\{\cup, \cap, \bar{\cdot}\}$ являются обратные приведенным включения: $\Delta(S \times (X \times Y)) \supseteq \Delta'(S' \times (X' \times Y'))$; $\Delta(S \times (X \times Y)) \subseteq \Delta'(S' \times (X' \times Y'))$, $S \times (X \times Y) \supseteq \bar{\Delta}'(S' \times (X' \times Y'))$.

Одним из критериев тестопригодности множественных операций из $\{\cup, \cap, \bar{\cdot}\}$ могут быть соответствующие пары приведенных необходимых и достаточных условий, которые в совокупности формируют равенства из встречных нестрогих включений. Недостаток такого критерия – сложность, тождественная сложности задачи построения эксперимента. Для упрощения можно воспользоваться приближенным критерием согласованности алфавитов. Лучшим решением является использование системы $\{I, \sigma, \eta\}$, позволяющее выполнить оценку числа разбиений на множестве I ,

которые проводится с учетом отношений совместности σ и различимости η . На основе такого разбиения возможна тестопригодная модификация множественных операций из $\{\cup, \cap, \neg\}$.

Алгебраические операции суммы, декартова произведения, композиции, суперпозиции, гиперпозиции $\{+, \times, *, \circ, \bullet\}$ над графами и автоматами меняют структуру автоматных алфавитов и, как следствие, меняют идентифицирующую способность у характеристических свойств, изменяя как сами идентификаторы I , так и отношения совместности σ и различимости η для них. Отсюда, как и для множественных операций, следует выполнении декомпозиции повторного анализа системы $\{I, \sigma, \eta\}$ для эквивалентного автомата $A' = A_1 * A_2$ с целью подтверждения применимости эксперимента для A в качестве структуры эксперимента для A' .

Лемма 2. Эксперимент для A с системой применим к A' с $\{I', \sigma', \eta'\}$, если выполняется условие $\{\alpha(I) \subseteq I' \ \& \ \alpha(\sigma) \subseteq \sigma' \ \& \ \alpha(\eta) \subseteq \eta'\}$, где α - отношение гомоморфизма.

Пусть эксперимент для A с системой $\{I, \sigma, \eta\}$ применим к A' с $\{I', \sigma', \eta'\}$. Следовательно реализующая эксперимент система $\{I', \sigma', \eta'\}$ сохранена и гомоморфно отображена в систему $\{I, \sigma, \eta\}$. Это подтверждает выполнимость необходимого условия. следующего из гомоморфного отображения, которое сохраняя алгебраические свойства системы $\{I, \sigma, \eta\}$ в системе $\{I', \sigma', \eta'\}$.

Достаточное условие очевидным образом следует из присутствия в системе $\{I', \sigma', \eta'\}$ гомоморфного образа системы $\{I, \sigma, \eta\}$, сохраняющего алгебраические свойства, с помощью которого возможно построение гомоморфного образа эксперимента для A в окружении A' .

Критерием тестопригодности алгебраических операций из совокупности $\{+, \times, *, \circ, \bullet\}$ может быть оценка транспортировки входного множества для

A и A' , принадлежность мощностей алфавитов множеству простых чисел.

Тестопригодная модификация алгебраических операций из $\{+, \times, *, \circ, \bullet\}$ добавляют возможность выбора ближайшего сверху непростого числа, в случае, если мощность алфавитов простая. Кроме того, модификация также за счет расширения алфавитов усиливает транспортирующие свойства A .

2. Методы и реализация

Критерии и модели определяют принятые в подсистеме методы тестопригодной декомпозиции. В качестве базовых приняты модифицированные матричные методы, выполняющие декомпозиционные анализ автоматных объектов с целью получения модифицированных правильных клеточных матриц [2].

Основная задача подсистемы – тестирования реализаций протоколов – имеет целью проверку «ручных» и автоматических реализаций протокольных объектов в средах, отличных от области спецификаций, например, в средах других операционных систем. При тестировании реализации протокола проверяется соответствие эталону для поведения реализации на ее внешней границе с окружением. В качестве эталона принято поведение стандарта протокола, в качестве основного метода генерации тестовых последовательностей и сценариев. Использован разрабатываемый метод организации контрольного эксперимента для сетей и иерархий автоматов, основанный на сетях и иерархиях выделенных свойств, позволяющий получить соответственно сети и иерархии контрольных экспериментов. Метод, являясь декомпозиционным, сохраняет свойства автоматных подходов к контролю, относится к экспоненциальным методам, так как включает перебор опорных состояний протокольных объектов. Область применения метода на имеющемся наборе инструментальных

средств ограничена объектами средней степени сложности.

В ходе реализации подхода сделана проверка модификаций критериев, операций и моделей при разработке инструментальных программных средств (подсистемы) тестопригодного синтеза и анализа дискретных объектов на основе модифицированных матричных методов автоматной декомпозиции. Выполнение анализа и синтеза предполагает также решение стандартных задач спецификаций, ввода, трансляции во внутреннее представление, собственно специального анализа и синтеза, хранения и вывода описаний и результатов.

Подсистема использует базовую схему в составе специализированных языков GRAPH и ESTELLE, универсальных языков C/C++ и Java для описания автоматных объектов с внутренними представлениями: исходных и бинарных (объектных и исполняемых) модулей; таблично-списковых модулей, в том числе для GRAPH-спецификаций; графических образов автоматных объектов. Многоязыковые описания, структурно-модульный и объектно-компонентный подходы допускают частичную инкрементную компиляцию, упрощающую тестопригодный анализ.

В основном блоке подсистемы реализуется анализ тестопригодных преобразований. Блок решает задачи: определения значений критериев; построения моделей тестопригодных композиции и декомпозиции; определения характеристических свойств; синтеза экспериментальных примитивов и экспериментов.

Объектно-реляционная база данных подсистемы структурирована на внешнем уровне, разделяющем информацию по типу данных (файлов) и на внутреннем уровне, разделяющем информацию по ее функциональному назначению. Основными функциональными объектами БД являются модели дискретных объектов, их критерии тестопригодности, сценарии анализа, тестовые последовательности и

сценарии (эксперименты), а также текстовая и графическая информация. Структурирование БД ускоряет доступ к данным внутренних разделов.

Заключение

Модификация и применение тестопригодных сетевых и иерархических операций, моделей и методов для анализа автоматных объектов дает возможность формализации ряда задач синтеза тестов. Тестопригодные критерии и операции определяют переходы зависимостей, соответствий и морфизмов для формируемых сетей и иерархий автоматов, проверяемых и характеристических свойств (идентификаторов), экспериментальных примитивов и экспериментов. Реализующая подход инструментальная программная подсистема может быть использована для анализа и синтеза дискретных объектов разного, в частности, сетевого применения на этапах проектирования и эксплуатации.

Литература

1. Мартынюк А.Н. Базовые модели прототипа системы синтеза тестов // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, 2007. – №8 (27). – С. 157-162.
2. Мелихов А.Н. Ориентированные графы и конечные автоматы. – М.: Наука, 1971. – 416 с.
3. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е., Грицай В.П., Терзян Т.К. Многоуровневое структурное проектирование программ: Теоретические основы, инструментарий. – М.: Финансы и статистика, 1989. 208 с.
4. Грунский И.С., Козловский В.А. Синтез и идентификация автоматов. – К.: Наук. думка, 2004. – 246 с.

Поступила в редакцию 25.01.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Положаенко, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.