

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ С ОРИЕНТАЦИЕЙ НА ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Ю.И. Бродский

Работа посвящена проблеме описания и синтеза имитационных моделей сложных многокомпонентных систем. При этом предполагается, что отдельные «атомарные» составляющие такой системы и их способы взаимосвязи и взаимодействия между собой нам хорошо известны. Проблемой является, во-первых, описание, а во-вторых, построение имитационной модели такой системы. Для решения этой проблемы предлагается новый подход – модельный анализ и модельно-ориентированное программирование, являющийся альтернативой, а также развитием в направлении большей степени агрегирования базовых понятий и устранения императивных методов, классических объектного анализа и объектно-ориентированного программирования. Центральным понятием этого подхода, и в то же время элементарным кирпичиком для построения любых более сложных конструкций является понятие модели-компоненты. Модель-компонента наделена более сложной структурой, чем, например, объект объектного анализа. Структура эта обеспечивает модели-компоненте независимое поведение – способность стандартным образом отвечать на стандартные запросы ее внутренней и внешней среды. Из моделей-компонент можно создавать модели-комплексы, при этом, такой комплекс также оказывается моделью-компонентой, что позволяет создавать фрактальные конструкции. Любая модель-компонента выполняется стандартной программой выполнения моделей, которая характерна тем, что большинство ее вычислений допускает параллельное выполнение.

За четверть века до того, как объектный анализ начал свое триумфальное восхождение к вершине господствующей парадигмы программирования, группа французских математиков, известных нам под псевдонимом Н. Бурбаки [1], занимаясь типизацией математических объектов различной природы, предложила понятие рода структуры. Род структуры – развитие понятия множества. Базисное множество снабжается структурой некоторого рода – вводится определенный тип отношений между его элементами, и в зависимости от этого типа отношений, множество может стать, например, группой, или решеткой, или векторным пространством. При этом математический объект, например конкретное линейное пространство, является экземпляром структуры соответствующего рода.

В работах [2-4] была построена геометрическая теория декомпозиции математических объектов. Ее метод анализа математических объектов состоит в погружении изучаемого объекта в класс родственных ему объектов того же рода структуры, введение в этом классе морфизмов – отображений базисных множеств, сохраняющих род структуры, и поиск с их помощью более простых родственных объектов. Самыми важными из таких более простых объектов являются R-редукция или подобъект – подмножество базисного множества, сохранившее структуру рода исходного объекта и F-редукция или фактор-объект – фактор-множество базисного множества, также сохраняющее структуру рода. Возможны сочетания F- и R-редукций – редукции высших уровней.

Возможен случай, когда имеется набор R-редукций, дающих в совокупности весь исходный объект. Этот случай есть R-декомпозиция исходного объекта. Аналогично, F-редукция – это совокупность F-редукций, которое в совокупности дает весь математический объект.

Показано, что класс объектов объектного анализа есть частный случай рода структуры частичного порядка. В объектном анализе частичный порядок, задаваемый на множестве объектов отношением наследования, позволяет строить иерархии классов, последовательно развивающих, конкретизирующих и воплощающих в программный код идеи, заложенные в корневых порождающих классах. Однако процесс синтеза сложной программной системы из этих классов остается неформализованным, т.е. относится к искусству программирования.

Модельный анализ как способ описания и синтеза имитационных моделей сложных многокомпонентных систем развивался в отделе Имитационных систем ВЦ РАН с конца 80-х гг. Основные его идеи и методы изложены в работах [6-10], однако сам термин «модельный анализ» впервые вводится в работах [5, 6]. В основе модельного анализа лежит понятие модели-компоненты. С содержательной точки зрения модель-компонента подобна объекту объектного анализа, но снабженному не только методами, способными делать что-то полезное, если их вызовут, а целой операционной системой, всегда готовой давать стандартные ответы на стандартные запросы внутренней и внешней среды модели. С точки зрения геометрической теории декомпозиции модель-компонента есть математический объект, базисным множеством которого является совокупность множеств внутренних и внешних характеристик модели, методов (того, что модель умеет делать) и событий (того, на что модель должна уметь реагировать). На базисном множестве вводится структура рода «модель-компонента», которая обладает двумя замечательными свойствами:

1. Род структуры «модель-компонента» позволяет по нему стандартным и однозначным образом организовать вычислительный процесс моделирования для любого математического объекта, снабженного такой структурой. Это означает возможность создания универсальной программы, способной запустить на выполнение любую имитационную модель, если та является математическим объектом, снабженным структурой рода «модель-компонента».
2. Вообще говоря, если рассмотреть два произвольных математических объекта снабженных структурой одного рода, то распространение этой структуры на объединение их базисных множеств возможно далеко не всегда. Тем не менее, для рода структуры «модель-компонента», подобное распространение общей структуры компонент на объединение их базисных множеств или возможно (если подмножества характеристик их базовых множеств не имеют попарных пересечений), или возможно с некоторыми оговорками (например, при условии пополнения исходного набора объектов-компонент еще некоторым количеством объектов, снабженных той же структурой).

Второе свойство позволяет образовывать из моделей-компонент путем объединения их базисных множеств модели-комплексы, которые после распространения общей структуры компонент на объединение их базисных множеств оказываются математическими объектами того же самого рода структуры «модель-компонента», и стало быть, снова могут объединяться в модели-комплексы. Первое свойство позволяет не впадать в отчаяние от сложности вычислительного процесса, получающейся в результате таких объединений сверхсложной фрактальной модели.

Для описания рода структуры «модель-компонента» и некоторых связанных с ним понятий, например, моделей-комплексов, был придуман специальный декларативный язык ЯОКК (язык описания компонент и комплексов). Первой версией этого языка можно считать язык инструментальной системы MISS [8], последние версии этого языка можно найти в [9] и [7].

В настоящее время в отделе «Имитационные системы и исследование операций» ВЦ РАН разрабатывается система модельно-ориентированного программирования. Создан макет «движка», способного запускать на выполнения модели-компоненты, реализуется компилятор языка ЯОКК.

Важными свойствами модельно-ориентированного программирования являются во-первых, полное исключение из проекта методов императивного программирования [10], и, во-вторых, генерируется код, который может выполняться параллельно. Более того, оказывается, что чем сложнее фрактальная конструкция модели – тем более высокая степень параллельности кода, который производит программа, реализующая выполнение модели-компоненты.

Изложенная здесь концепция модельного анализа, применима в первую очередь для синтеза моделей сложных многокомпонентных систем. Однако можно надеяться, что подобный подход применим и для разработки сложных программных систем, организация которых укладывается в описанную выше модельную парадигму.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-01-00499-а, и РГНФ в рамках научного проекта №12-06-00932-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Н. Бурбаки Теория множеств. М.: Мир. 1965. 456 с.
2. Павловский Ю.Н. Геометрическая теория декомпозиции и некоторые ее приложения. М.: ВЦ РАН, 2011, 93 с.
3. Ю.Н. Павловский, Т.Г. Смирнова Введение в геометрическую теорию декомпозиции. М.: ФАЗИС: ВЦ РАН, 2006, 169 с.
4. Ю.Н. Павловский, Т.Г. Смирнова Проблема декомпозиции в математическом моделировании. М.: ФАЗИС: 1998, 272 с.
5. Ю.И. Бродский, Ю.Н. Павловский О наследовании в объектном и модельном анализе с позиций геометрической теории декомпозиции //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. Спец. выпуск № 3 «Математическое моделирование». - 2013. - С. 47-62.
6. Ю.И. Бродский О модельном анализе и модельно-ориентированном программировании //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. Спец. выпуск № 4 «Математическое моделирование». - 2013. - С. 27-39.
7. Ю.И. Бродский Распределенное имитационное моделирование сложных систем М.: ВЦ РАН, 2010, 156 с.
8. Ю.И. Бродский, В.Ю. Лебедев Инструментальная система имитации MISS М.: ВЦ АН СССР, 1991, 180 с.
9. Ю.И. Бродский, Ю.Н. Павловский Разработка инструментальной системы распределенного имитационного моделирования. //Информационные технологии и вычислительные системы, №4, 2009, С. 9-21.
10. Ю.И. Бродский, А.Н. Мягков Декларативное и императивное программирование в имитационном моделировании сложных многокомпонентных систем //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. Спец. выпуск № 4 «Математическое моделирование». - 2012. - С.178-187.