

УДК 519.876.5

К.О. Устимов**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ
ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
В ВИДЕ РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ IDEF0**

Рассмотрены принципы преобразования функциональной модели бизнес-процессов IDEF0 в иерархическую имитационную модель в виде раскрашенных сетей Петри. Имитационная модель, полученная в результате этого преобразования, может использоваться как базовая модель, которую можно усовершенствовать в соответствии с особенностями реальной системы.

Ключевые слова: функциональное моделирование, методология IDEF0, имитационное моделирование, раскрашенные сети Петри, бизнес-процесс, иерархические сети Петри, декомпозиция.

В процессе моделирования бизнес-процессов или их реинжиниринга неизбежно возникает задача оптимизации. Имитационное моделирование является хорошим средством для решения этой задачи. Оно позволяет определить, как преобразования повлияют на организацию, ставя эксперименты не на «живой» организации, а на ее модели [1].

Одним из универсальных средств имитационного моделирования являются раскрашенные сети Петри (Coloured Petri Nets — CPN). Для CPN не существует четкого определения. CPN являются всего лишь некоторым абстрактным термином, обозначающим сети Петри с расширенными возможностями, как минимум, в отношении типизации элементов сетей.

В университете Орхуса (Дания) Куртом Йенсенем были разработаны раскрашенные сети Петри, содержащие в себе полноценный язык моделирования CPN ML [2]. Это язык моделирования высокого уровня, основанный на языке моделирования Standard ML. CPN ML отличается от

Standard ML тем, что содержит некоторые дополнительные понятия, связанный с концепцией сетей Петри.

В языке CPN ML определено понятие «множества цветов» (colour set), которое, по сути, является типом данных, производным от стандартных простых типов. Множество цветов определяет тип фишек, которые будут сопоставляться с определенными элементами CPN, которым присвоен этот тип. Основными такими элементами являются позиции. Каждая позиция имеет тип данных (множество цветов), определяющий тип фишек, которые могут составлять маркировку этой позиции.

Также множества цветов участвуют в выражениях дуг. Выражение дуги представляет собой математическое описание преобразования, выполняемое над маркировкой позиций, связанных с данной дугой.

В маркировках позиций, переменных и различных выражениях языка CPN ML применяются мультимножества фишек. Это мультимножество определяет, например, сколько фи-

шек каких цветов содержится в данной позиции (т.е. является ее маркировкой). В результате срабатывания переходов маркировки позиций изменяются в соответствии с мультимножествами фишек, определенными в выражениях дуг.

Построение имитационной модели бизнес-процессов в виде CPN можно автоматизировать, используя модель IDEF0. IDEF0 — это методология функционального моделирования. Она используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями [3].

Из имеющейся модели IDEF0 можно автоматически получить базовую модель CPN, которая потом может быть доработана в соответствии с определенными свойствами реальной системы. Диаграмма IDEF0 состоит из блоков, определяющих функции, и стрелок, которые соединяют между собой блоки и определяют потоки информации и материальных объектов, обрабатываемые этими функциями. Каждая IDEF0-диаграмма может быть преобразована в CPN.

Рассмотрим общий принцип преобразования IDEF0-диаграммы в CPN. Для каждого блока IDEF0-диаграммы создадим переход в CPN. Для каждого простого потока данных определим множество цветов. Под простым потоком данных здесь понимается поток, который не разделяется на несколько составляющих потоков. Для

каждого простого потока создадим позицию и назначим в качестве типа данных маркировки множество цветов, соответствующее данному потоку. Свяжем с помощью дуг переходы и позиции в соответствии со связями потоков и блоков в IDEF0-диаграмме.

Модель IDEF0 состоит из диаграмм, которые образуют иерархическую структуру. Такая структура в терминах IDEF0 называется «декомпозицией». Это означает, что любой блок может быть разложен на основные подблоки посредством создания дочерней диаграммы. В свою очередь, каждый из этих подблоков также может быть разложен на составные части созданием дочерней диаграммы более низкого уровня и т.д. [2]. На рис. 1 показан пример блока IDEF0-диаграммы, а на рис. 2 его декомпозиция в виде отдельной диа-

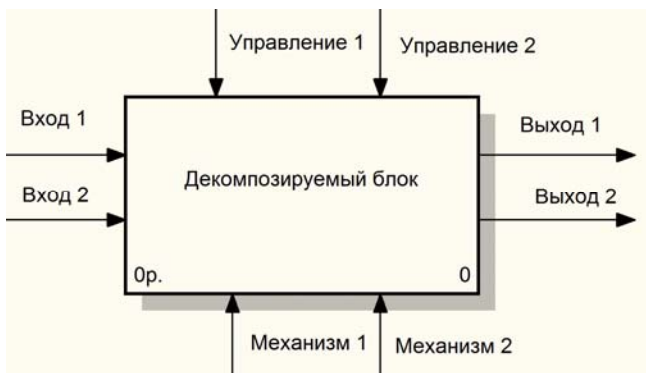


Рис. 1

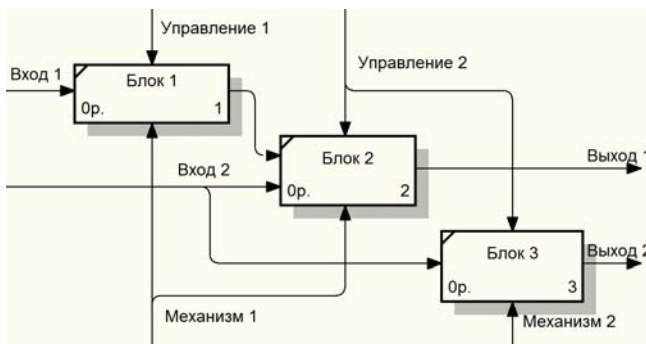


Рис. 2

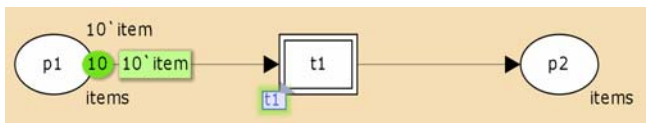


Рис. 3

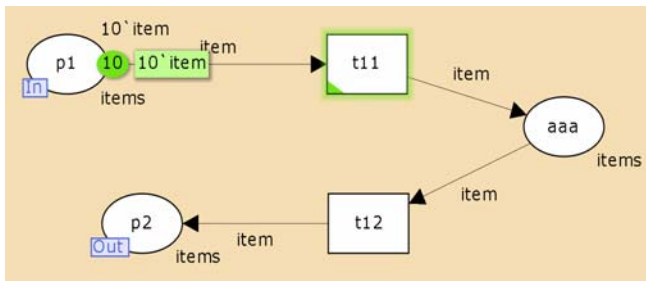


Рис. 4

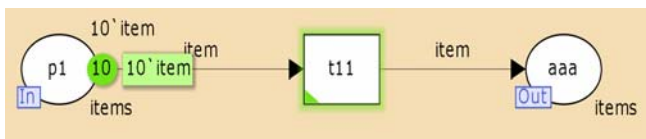


Рис. 5

граммы. Стрелки, связанные с блоком, показанным на рис. 1, переходят в граничные стрелки на диаграмме, показанной на рис. 2.

CPN также поддерживают иерархическую структуру. Переход CPN может быть декомпозирован. Декомпозиция перехода CPN представляет собой CPN, которая содержит копии всех позиций, связанных дугами с декомпозируемым переходом. Позиции, связанные с декомпозируемым переходом, называются сокетом (socket), а позиции, являющиеся копиями сокетов на декомпозиции называются портами (port). С каждым сокетом может быть связан только один порт. Однако позиция может являться одновременно и сокетом и портом, если появляется еще один уровень декомпозиции.

На рис. 3 показана CPN, содержащая переход t1. Этот переход помечен специальной меткой t1, означающей, что данный переход деком-

позирован. Декомпозиция перехода t1 показана на рисунке 4. На рисунке 5 показана CPN, являющаяся декомпозицией t11. Позиция p1, изображенная на рисунке 4 является одновременно и сокетом и портом.

Первая CPN имеет две позиции, и обе они связаны с переходом t1: позиция p1 является входной, а p2 — выходной. Вторая CPN также имеет две позиции с именами p1 и p2, которые помечены специальными метками «In» и «Out» соответственно. Эти метки означают, что позиции p1 и p2 являются, соответственно, входящей и исходящей. Также наличие

этих меток означает, что данные позиции являются портами и они связаны с сокетом, принадлежащими CPN, которой также принадлежит переход t1.

Имитационное моделирование в иерархических сетях Петри происходит по следующим правилам:

- если при срабатывании перехода изменяется маркировка сокета, то таким же образом и изменяется маркировка порта, связанного с этим сокетом. Таким образом, сокеты и связанные с ним порты всегда имеют одинаковую маркировку;

- декомпозированный переход может сработать только в том случае, если может сработать хотя бы один из переходов в CPN, являющейся декомпозицией данного перехода;

- при срабатывании декомпозированного перехода срабатывает один из активных переходов в CPN, являющейся декомпозицией, выбранный случайным образом.

Рассмотрим рисунки 3 и 4. В данном случае активными переходами являются $t1$ и $t11$. При срабатывании перехода $t11$ будет удалена одна фишка со значением «item» из позиций $p1$ на обеих сетях. При срабатывании перехода $t1$ случайным образом будет выбран один из активных переходов на второй CPN, и на самом деле сработает именно он. В данном случае вторая CPN имеет всего два перехода: $t11$ и $t12$, и активным является только переход $t11$, поэтому именно он и сработает, а маркировка всех сетей поменяется в соответствии с логикой срабатывания именно перехода $t11$.

Фактически любую CPN можно рассматривать как декомпозицию перехода другой сети. Иными словами, для любой CPN может быть построена другая CPN, содержащая один переход и связанные с ним позиции; первая CPN будет являться декомпозицией перехода из второй CPN.

Автоматизированное имитационное моделирование в CPN выполняется по следующим правилам:

- за один шаг имитации может быть вручную выбран любой активный переход и выполнен его запуск;

- можно выполнить определенное количество автоматических шагов, на каждом из которых случайным образом выбирается один из активных переходов на любом уровне декомпозиции и выполняется его запуск.

Таким образом, автоматическая имитация CPN фактически является серией запусков перехода, декомпозицией которого является эта CPN. Если CPN является верхним уровнем декомпозиции, то такой переход можно получить автоматически, либо просто представить, что он существует, чего достаточно для проведения имитации.

Построение иерархической имитационной модели в виде раскрытой сети Петри на основе имеющейся IDEF0-модели можно выполнить по следующему алгоритму:

- 1) Преобразовать в CPN каждую IDEF0-диаграмму, включая диаграмму верхнего уровня;

- 2) Определить отношения декомпозиции в CPN между переходами и отдельными CPN в соответствии с иерархической структурой IDEF0-модели;

- 3) В соответствии с метками стрелок IDEF0-модели определить, какие позиции являются сокетом, а какие портами и связать порты с сокетами;

- 4) Назначить начальную маркировку для всех сокетов, не являющихся портами, либо для всех портов, не являющихся сокетами.

Пункт 3 требует более подробного рассмотрения. Рассмотрим рис. 1 и 2. При преобразовании этих двух диаграмм получатся соответственно две CPN. Первая CPN будет содержать 8 сокетов, которые будут соответствовать всем связанным с блоком потокам: «Вход 1», «Вход 2», «Управление 1», «Управление 2», «Выход 1», «Выход 2», «Механизм 1» и «Механизм 2». Вторая CPN будет содержать, соответственно, 8 портов, соответствующих тем же потокам. Необходимо связать попарно порты с сокетами таким образом, чтобы и порту и сокету соответствовал один и тот же поток. Поток в IDEF0-диаграмме определяется меткой стрелки.

В результате выполнения этого алгоритма получится иерархическая CPN. В самом верхнем уровне декомпозиции будет находиться CPN, содержащая один переход, т.к. диаграмма верхнего уровня IDEF0 содержит только один блок. Автоматическую имитацию полученной иерар-

хической CPN можно проводить, иницируя срабатывание только этого перехода.

Руководствуясь вышеописанными принципами преобразования, можно преобразовать в CPN любую IDEF0-модель стандартного вида, не содержащую туннелей и стрелок вызовов. Полученная модель будет являться базовой имитационной моделью бизнес-процессов. Данные принципы полностью формализова-

ны, поэтому процесс построения базовой модели может быть выполнен автоматически. Следующим этапом следует уточнить типы данных, выражения дуг, начальную маркировку и другие описания в соответствии с особенностями реальной системы. Также можно внести изменения в структуру базовой модели и добавить новые описания и логику моделирования, предоставляемые языком CPN ML.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/immodel/>
2. Kurt Jensen, Lars M. Kristensen. Coloured Petri Nets. Modelling and Validation of Concurrent Systems — Springer, 2009.
3. Р 50.1.028 — 2001. Рекомендации по стандартизации. Методология функционального моделирования
4. Устимов К.О., Федоров Н.В. Компьютерное моделирование бизнес-процессов на основе IDEF0-моделей. Алгоритмический подход. // Вестник академии промышленности и менеджмента: Выпуск 8. — М.: МГИУ, 2008 — с. 111-116.
5. Горбатов В.А., Крылов А.В., Федоров Н.В. САПР систем логического управления. М.: Энергоатомиздат, 1988 - 232 с.
6. Федоров Н.В., Игнатов О.Н. Метод имитационного моделирования инвестиционных проектов на основе динамических продуцирующих сетей ГИАБ номер 7 2010
7. Устимов К.О. Автоматизация реинжиниринга бизнес-процессов на осно-

ве IDEF0-моделей // Системы управления знаниями. Реинжиниринг бизнес-процессов. Тезисы докладов — М.: МЭСИ, 2010

8. Устимов К.О. Автоматизация реинжиниринга бизнес-процессов на основе современных CASE-технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 2. 2010. Труды студентов и молодых ученых-1 — М.: Горная книга, 2010

9. Устимов К.О., Федоров Н.В. Автоматизация построения имитационной модели бизнес-процессов на основе методологии IDEF0 и раскрашенных сетей Петри. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 12 — М.: Горная книга, 2013

10. Устимов К.О., Федоров Н.В. Алгоритм преобразования IDEF0-модели в раскрашенную сеть Петри. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 1 — М.: Горная книга, 2014. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Устимов Кирилл Олегович – аспирант, e-mail: avader@yandex.ru, кафедра информационной безопасности, Московский государственный индустриальный университет



AUTOMATION OF BUILDING OF HIERARCHICAL SIMULATION MODEL OF BUSINESS PROCESSES IN THE FORM OF COLOURED PETRI NETS BASED ON IDEF0 MODEL

Ustimov K.O., Graduate student, e-mail: avader@yandex.ru
Moscow State Industrial University.

The concepts of conversion of functional IDEF0-model of business processes to hierarchical simulation model represented as Coloured Petri Net are described. The simulation model obtained as a result of the conversion can be applied as a basic model, which can be improved in accordance with features of the real system.

The optimization problem emerges inevitably during the process of modeling and re-engineering of business processes. Simulation modeling is a good method that is used to resolve this problem. This method allows to determine how transformations will influence to an organization, making the experiment with the model instead of the real system.

Coloured Petri Nets are one of the multipurpose methods of the simulation modeling. The process of making of the CPN-model of business processes can be automated, using the IDEF0-model. The available IDEF0-model can be converted automatically to the basic CPN-model, that can be completed later on in accordance with the characteristics of the real system.

Key words: functional modeling, IDEF0 methodology, simulation modeling, Coloured Petri Nets, business-process, hierarchical Petri Nets, decomposition.

REFERENCES

1. <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/immodel/>
2. Kurt Jensen, Lars M. Kristensen. Coloured Petri Nets. Modelling and Validation of Concurrent Systems — Springer, 2009
3. R 50.1.028 — 2001. Rekomendacii po standartizacii. Metodologija funkcional'nogo modelirovaniya.



ГОРНАЯ КНИГА



Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 2. Сборник научно-технических работ горных инженеров СУЭК

2013 г.

368 с.

ISBN: 0236-1493

UDK: 622

В сборник вошли статьи по проблемам совершенствования производства, повышения уровня безопасности и производительности труда на угольных разрезах и шахтах, эксплуатации техники и оборудования, применения программно-технологических комплексов, дегазации угольных пластов, аэрогазопылединамических процессов на горнодобывающих предприятиях. Для специалистов горнодобывающих отраслей.