

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ И ПИ-ИСЧИСЛЕНИЯ

Д. В. Ковалев
ПАО «Плюс Банк», г. Новосибирск, Россия

Аннотация – в данной статье рассмотрены математические основы моделирования бизнес-процессов: сети Петри, π -исчисление. Ключевым моментом статьи является формализация бизнес-процесса с помощью математического аппарата. При изучении литературы были найдены эффективные методы моделирования, формализации бизнес-процессов.

Ключевые слова: бизнес-процессы, сети Петри, π -исчисление, автоматизация, моделирование.

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день обеспечение понимания функционирования сложных бизнес-систем невозможно представить без применения средств бизнес-моделирования. Бизнес-модель позволяет получить целостную картину жизнедеятельности организации и согласовывать различные точки зрения на постоянно развивающуюся деятельность компании.

В настоящее время широкое применение нашел процессный подход для анализа и моделирования деятельности, совершаемой в сложных системах, состоящих из большого числа разнородных организационных компонент, имеющих единую конечную цель.

Моделирование бизнес-процессов – сложная комплексная задача, которая требует для решения определенного набора методов и средств. В свою очередь каждый метод предоставляет для моделирования определенный язык описания реальных бизнес-систем при помощи специально разработанного синтаксиса и алфавита, использующего ряд графических символов. При помощи языка метода в модели отражаются реальные объекты и связи между ними. Каждый метод предлагает свой способ описания бизнес-процессов функционирования предприятия. Но в основе большинства языков описания бизнес-процессов лежит одна из двух математических теорий: сети Петри или « π -исчисления».

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо найти эффективные методы, подходы к формализации бизнес-процессов в математическую форму – организации, предприятия, команды людей и других структурных единиц.

III. ТЕОРИЯ

1. Сети Петри

Сети Петри являются эффективным и выразительным инструментом для математического моделирования и исследования сложных систем. Моделируемые системы могут состоять из множества взаимодействующих друг с другом компонент, при этом компоненты сложной системы могут быть также системой. Действиям различных элементов системы присущ параллелизм.

При использовании сетей Петри для проектирования и анализа систем на сегодняшний день существуют два подхода. В первом из подходов для построения системы применяются общепринятые методы проектирования, и сети Петри применяются как вспомогательный инструмент анализа. Построенная система моделируется сетью Петри, после чего модель анализируется.

Второй подход предполагает реализацию проекта сразу в виде сети Петри. В данном случае методы анализа используются только для создания проекта, который не содержит ошибок. После чего на базе разработанной сети Петри преобразуют в реальную рабочую систему.

Первый подход предполагает необходимость разработки методов моделирования систем при помощи сетей Петри, а во втором случае требуется разрабатывать методы реализации сетей Петри реальными рабочими системами.

Сеть Петри представляет собой граф, вершины которого разбиты на два подмножества. То есть события и условия обозначаются двумя символами узлы–позиции (обозначаются кружочками и размечаются символами P_i) и узлы-переходы (обозначаются черточками и размечаются символами t_i). Вершины графа связаны направленными дугами, которые не помечают. Первое множество вершин называют множеством мест $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, второе множество переходов $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$. На рисунке 1 изображены переходы, входные и выходные места сети Петри.

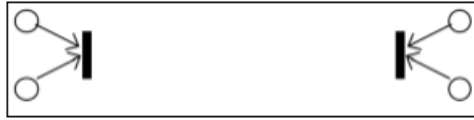


Рис. 1. Переход и его входные и выходные места.

Таким образом сеть Петри можно представить как $N = (P, T, I, O)$, где

- $I: T \rightarrow P^*$ – входная функция, которая сопоставляет переходу мультимножество его входных позиций;
- $O: T \rightarrow P^*$ – выходная функция, сопоставляющая переходу мультимножество его выходных позиций.

Позиции Сети Петри помечаются внутри сплошной заштрихованной точкой (фишкой). Размещение по позициям сети фишек называется маркировкой. Маркировка служит для определения выполнения сети Петри и является функцией, которая отображает множество позиций P на множество неотрицательных целых чисел Nat .

Маркированная сеть (см. рис. 2) Петри $N = (P, T, I, O)$ полностью определяется ее структурой (P, T, I, O) и маркировкой μ .

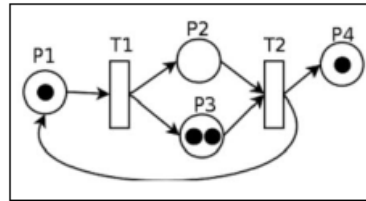


Рис. 2. Маркировка сети Петри

Выполнение сети Петри реализуется посредством запусков переходов. Запуск перехода управляется фишками в его входных позициях и сопровождается удалением фишек из этих позиций и добавлением новых фишек в его выходные позиции.

2. π -исчисление

π -исчисление является своеобразным расширением λ -исчисления. Развитие параллельных систем в конце 1980 годов поставило вопрос об описании поведения параллельных процессов. В 1989 году Робертом Милнером было предложено π -исчисление (исчисление процессов) как формализм, предназначенный для спецификации параллельных процессов, то есть π -исчисление является исчислением безымянных процессов и представляет собой процессную алгебру. Набор процессов описывается в виде алгебраического выражения. После чего следуя определенным правилам, выполняется преобразование этого выражения для моделирования работы системы. Таким образом, алгебраическая форма представления процессов вводит π -исчисление в более широкий класс процессных алгебр. В самом широком смысле π -исчисление является моделью параллельных вычислений, которая основана на посылке сообщений. В терминах языка исчисления процессов любой алгоритм является последовательностью посылки и принятия сообщений процессами. Посылка сообщений происходит посредством канала-абстракции синхронной коммуникации. π -исчисление можно использовать для описания функционирования систем, которые состоят из взаимодействующих агентов, отношения между которыми постоянно меняются.

В π -исчислении центральным понятием является понятие именования (naming). Имена лишены внутренней структуры и их бесконечно много, записываются как символьные строки, которые начинаются со строчной буквы: $x, y, \dots \in X$. π -исчисления имени соответствует канал.

Процесс P в π -исчислении представлен следующим:

- 1) $\sum_{i \in I} \pi_i P_i$ – сумма процессов, где I – конечное индексирующее множество возможных ветвей исполнения процесса, префикс π_i соответствует первому действию, которое выполняется процессом $\pi_i P_i$.
- 2) $P|Q$ – параллельный запуск двух процессов.
- 3) $!P$ – репликация процесса.
- 4) $(\nu x)P$ – объявление канала и последующее выполнение процесса.
- 5) 0 – пустой процесс.

Наличие в представлении процесса операций суммы и параллельного запуска процессов позволяет говорить об исчислении процессов как об алгебре процессов.

Сумма процессов $\sum_{i \in I} \pi_i P_i$ является также процессом, который заключается в выборе и выполнении одного из слагаемых. Описываемое префиксом действие атомарно. Префикс π_i имеет одну из двух форм: $x(y)$ или $\bar{x}y$. Форма $x(y)$ обозначает получение значения из канала x и связывание этого значения с именем y . Вторая форма $\bar{x}y$ соответствует отправке значения, связанного с именем y по каналу x . Выбор одной из альтернатив не

является детерминированным, и он происходит независимо от самого процесса, но может зависеть от окружения, с которым данный процесс взаимодействует. Выбор ветви осуществляется тогда, когда оказывается выполненным первое из атомарных действий (префикс) одной из альтернатив. Другие альтернативные процессы отбрасываются и в дальнейшем не влияют на поведение процесса.

Оператор параллельного запуска $P|Q$ на языке π -исчисления означает одновременный запуск процессов, которые соответствуют его операндам. Процессы работают независимо друг от друга, но возможно взаимодействие посредством каналов. Таким образом, благодаря наличию параллельного выполнения можно строить системы взаимодействующих процессов. Проиллюстрируем синтаксис языка исчисления процессов на примере $\bar{x}y.0|x(u).\bar{u}v.0$.

Система после первого шага переходит в состояние: $0|\bar{y}v.0$. После второго шага завершается функционирование системы.

Связывание значений. В исчислении процессов есть два способа связать имя и значение. В первом из них атомарное действие $x(y)$ связывает имя y со значением, полученным по каналу x . Во втором способе используется конструкция языка π -исчисления (vx) , позволяющая связать с именем x новое созданное значение.

Формальное описание коммуникация процессов реализуется при помощи правила редукции (аксиомы) и правил вывода, которые регламентируют случаи, для которых правило редукции может использоваться. Аксиома редукции имеет следующий вид:

$$(x(y).P + \dots)|(\bar{x}z.Q + \dots) \rightarrow P(z/y)|Q.$$

Выражение $P(z/y)$ означает терм, который получен из терма процесса P символьной подстановкой z вместо y . Определим понятие шага. Шаг взаимодействия можно определить как однократное применение одного из правил редукции к терму процесса. Перечислим правила вывода:

$$\frac{\frac{\frac{p \rightarrow p'}{P|Q \rightarrow P'|Q'} \quad p \rightarrow p'}{(vx)P \rightarrow (vx)P'} \quad p \equiv p' \quad P \rightarrow Q \quad Q \equiv Q'}{P \rightarrow Q'}$$

Редукция процесса под оператором репликации не допускается, вместо этого можно породить необходимое число копий и применить редукцию к каждой из них.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

На основе изученной теории был построен бизнес-процесс, который описывает действия по управлению освещением в цеху на заводе (см. рис. 3).

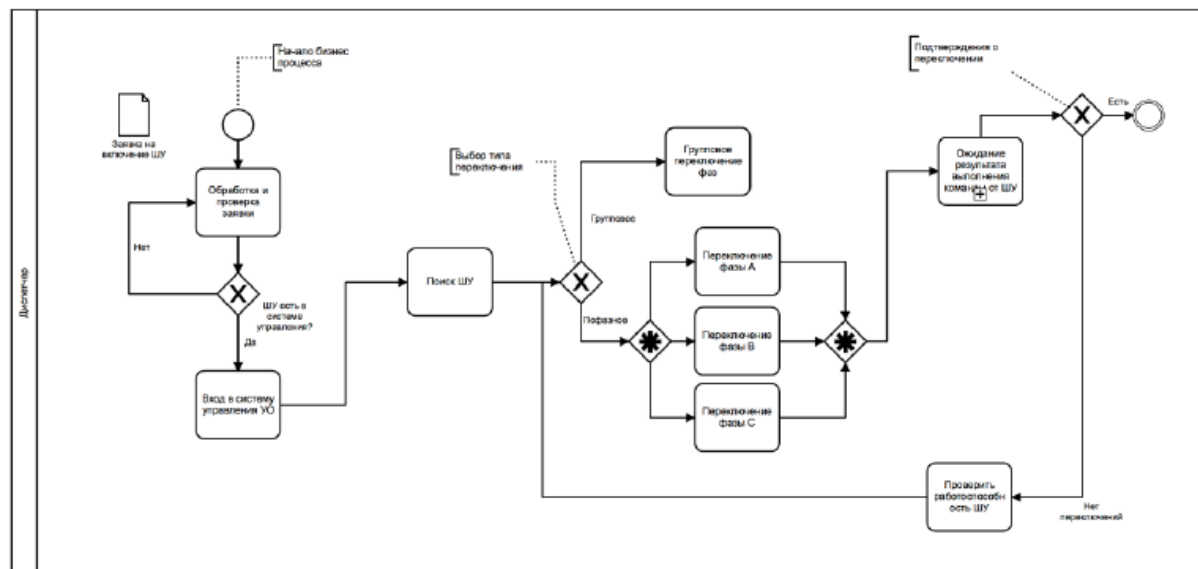


Рис. 3. Бизнес-процесс управления освещением в цеху

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Любой бизнес-процесс можно представить с помощью нотации BPMN, далее полученную схему бизнес-процесса можно упростить до схематичного вида, который будет представлять граф, конечный автомат. А автомат уже можно превратить в математическое описание бизнес-процесса.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение понимания функционирования сложных бизнес-систем на сегодняшний день невозможно без применения моделирования бизнес-процессов. В данной статье рассмотрены сети Петри и π -исчисления, которые являются математическими основами многих языков описания бизнес-процессов, например языки Pic, язык BPM, язык BPEL. Ассафу Аркину удалось объединить вместе математический аппарат π -исчисления и сетей Петри, результатом чего стал язык моделирования бизнес-процессов Business Process Modeling Language (BPM).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование бизнес-процессов: Пер. с англ. / Под ред. М. С. Каменнова, А. И. Громова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Весть – МетаТехнология, 2004. Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука, 1964.
2. Михелев М.В. Формализация бизнеса с помощью графоаналитических моделей [Статья] /Михелев М.В., Маторин С.И. // «Научные ведомости БелГУ». Сер. «Информатика». 2009, № 1(56). – Выпуск №9/1. – С. 86-94.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем /пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.
4. Milner R The polyadic π -calculus: a Tutorial, University of Edinburgh, 1991