**Глава 2. Разработка методов анализа**

При разработке программных средств для анализа цветных сетей Петри в условиях изменения свойств модели вне заданных переделов, необходимо реализовать представление предполагаемых изменений, описать структуру вывода результатов о проведенном анализе и реализовать сам алгоритм анализа.

Процедура анализа предполагает наличие готовой модели какого-либо процеса, описанной цветной сетью Петри. Также, должны быть средства для работы с моделью, реализующие запуск сети, сбор данных о маркировании сети в любой момент времени и выполнение определенного сценария работы модели.

Средство анализа должно быть интегрировано в существующее средство моделирования и должно имееть возможность изменять параметры сети и выполнять все необходимые операции по управлению процессом выполнения сценария работы модели.

Один из вариантов интеграции является разработка специальных интерфейсов в существующем средстве моделирования, с целью реализации всех необходимых операций анализа, таких как: изменение параметров элементов сети, возврат сети в первоначальное положение, доступ ко всем данным текущего маркирования сети и т.д.

**2.1. Методы описания изменений**

В общем представлении, изменение параметра сети представляет собой указание элемента сети, набор значений параметров, которые нужно установить для элемента, и момент времени, в который нужно применить изменения.

Описание изменений будем проводить по введенной в первой главе классификации:

1. изменение параметров позиций

Позиция в сети Петри отвечает за расположение токенов. Все изменения параметров позиций связаны с расположением в тей токенов (связь позиции с переходом и ее параметры будут рассмотрены в других типах изменений). Возможные изменения для позиции: незапланированная потеря или появление токена (изменение свойств находящихся в позиции токенов относится к изменению маркирования сети). Тип токена, набор значений его параметров и время появления/потери являются параметрами изменения.

Параметры представления изменения позиции: {позиция, токен : {тип токена, набор значений свойств}, операция (появление\удаление), количество токенов (удаленных или добавленных одновременно)}

2. изменение параметров переходов

Переход в сети Петри выполняет следующие функции: проверяет готовность соответствующих функций предшествования к выполнению (готовность всех функций означает готовность перехода к активации), вызывает срабатываение функций следования, связанных с этим переходом. Во временных сетях, одним из параметров перехода является задержка работы – при наличии задержки, переход срабатывает не мнговенно, а через определенное количество времени.

Возможные изменения для перехода: изменение задержки выполнения, временное или постоянное прекращение работы, временное или постоянное безусловное срабатывание (независимо от функций предшествования).

Параметры представления изменения перехода: {переход, параметр задержки, прекращение работы : {флаг активации, временной интервал}, безусловное срабатывание : {флаг активации, временной интервал}}

3. изменение параметров функций следования

Функция следования определяет какие токены появятся в указанном состоянии после активации соответствующего перехода. Она может зависеть от функций предшествования, в функциональных цветных сетях.

Возможные изменения для фунции следования: изменение параметров уже указанных в функции токенов, изменение количества указанных токенов, удаление существующих или добавление новых токенов, постоянный или временный отказ в работе (может быть также описан через удаление всех токенов), постоянное или временное безусловное срабатываение.

4. изменение параметров функций предшествования

Функции предшествования определяют условия для активации перехода. Через них описывается требуемое состояние соответствующей позиции: наличие в ней токенов с указанными свойствами. Функция сообщает переходу что условие выполняется или не выполнется.

Возможные изменения связаны со ослаблением или ужесточением условий (добавление или удаление токенов из условия) и изменением свойств указанных токенов. Также, функция может постоянно или временно выдавать как положительный так и отрицательный результат.

5. изменение параметров маркирования сети

Маркирование сети однозначно определяет состояние сети в каждый такт времени. Так как маркирование есть совокупность токенов во всех состояниях, то изменение маркирования – это изменение состояний. Возможные изменения маркирования сети состоит из комбинации изменений ее состояний. Формат представления данного изменение – это перечисление изменений состояний. Как параметр может быть использован временной интервал.

6. Изменение параметров нескольких указанных групп одновременно при заданных зависимостях между ними

Данный тип изменения является сочетанием различных типов изменений. Параметры каждого изменения могут находиться в функциональных связях с другими или с условиями применения данного изменения (например могут зависеть от текущего шага в сети). Описание подобных изменений может использовать операции из алгебры множеств, функции от значений параметров и т.д.

**2.2. Методы формирования отчета о последствиях**

В сформированной модели всегда присутствуют инструменты анализа результатов работы. В простом случае это просто визуальное отображение маркирования сети. В сложных системах могут применяться специальные отчеты о функционировании сети, генерируемые в процессе работы и отражающие интересующие показатели.

При анализе последствий от предлогаемых в работе динамических изменений мы предлагаем ввести дополнительные механизмы оценки. Уже существующие в модели методы оценки являются частью модели и могут не учитывать появление новых ситуаций, связанных с применением непредусмотренных изменений.

Используя новые методы оценки, разработчик может подтверждать или опровергать свои предположения по поводу предполагаемых последствий или просто указывать новые интересующие его показатели модели, по которым должна быть получена статистика.

Отчет о последствиях использует параметры последствий. Параметры последствий описывают уровень детализации информации о сети. Описание последствий похоже на описание изменений. В основе всех параметров последствий лежит сбор статистики– количественные показатели произошедших событий. Особым видом статистики можно назвать получение информации о количестве применений изменений к сети с указанием времени применения.

Параметры последствий описывают при каких условиях собирается статистика и какая информация попадает в отчет. Общим параметром для всех групп параметров может являться указание критических значений свойств объектов сети. При достижении указанных значений, в статистике добавляется пометка «Критично». При большом количестве возможных изменений и большом количестве отслеживаемых параметров последствий, отчет статистики может быть очень большим. Введение специальных пометок позволяет разработчику акцентировать внимание только на критических последствиях.

Классификация параметров последствий проводится по следующим группам:

1. Параметры последствий для позиций.

Возможные данные для статистики: указывается тип токена, возможно указание значений (диапазонов значений) для токена и интересующие показатели – максимальное количество, текущее количество подобных токенов в состоянии. Временные параметры могут указывать в какой (какие моменты или временные диапазоны) собирать статистику.

2. Параметры последствий для переходов.

3. Параметры последствий для функций следования.

4. Параметры последствий для функций предшествования.

Для групп 2-4, статистика содержит одинаковые данные – количество срабатываний в определнный период времени. Для удобства анализа последствий, можно объединять эти виды последствий в один логический блок. Объединение происходит «вокруг» переходов – описываются данные статистики по переходу и потом по каждой соответствующей функции.

5. Параметры последствий для маркирования сети.

Данные о последствиях применения изменений в маркировании сети содержат данные по каждой указанной позиции. Параметром данной группы последствий могут быть условия на состояния позиций – если условия достигаются, то статистика формируется.

6. Параметры последствий для нескольких групп одновременно.

Эта группа характеризуется вводом специальных условий, накладываемых на состояния элементов сети, при достижении которых формируются данные статистики. Отслеживаемые события представляют собой достижение определенных состояний сети вцелом, но собранные данные – это совокупность данных о каждом конкретном элементе сети.

Параметры последствий являются инструментом получения ответа на вопрос «А что будет, если?». Так как примененные изменения приводят к непредусмотренным режимам работы модели, то разработчику необходимо узнать о состоянии всех важных элементов модели в новых условиях. Параметры последствий описываются для всех таких элементов.

**2.3. Методы проведения анализа**

Перед проведением анализа, необходимо подготовить существующую систему моделирования к возможности внесения изменений во все элементы сети на любом этапе выполнения ее модели.

Требуемая функциональность вводимых интерфейсов для взаимодействия с моделью определяется параметрами изменений, параметрами последствий и алгоритмом анализа. В общем случае процесс анализа должен иметь возможность изменить данные в модели, получать доступ к требуемой информации, запускать и останавливать выполнение сети.

Процедура анализа оперирует описанными параметрами изменений, для внесения корректировок в модель, и параметрами последствий, для анализа поведения модели в новых условиях.

В общем случае процедуру анализа можно описать следующей последовательностью шагов:

1. Формируется сеть с начальными параметрами.
2. К сети применяются изменения, подходящие по параметрам.
3. Запускается выполнение сети.
4. На каждом следующем шаге применяются изменения, подходящие по параметрам. Подходящие параметры последствий отвечают за формирование статистики по каждому шагу выполнения.
5. При достижении конечного для данной модели шага сети, сохранятеся статистика по текущему циклу анализа.
6. Переход на 1 шаг. Условие останова и выхода их процедуры анализа – выполнение всех установленных комбинаций параметров изменения.

Введение комбинаций параметров изменения позволяет применять не все изменения сразу, а сочетать их разным образом, для более подробного анализа модели. Комбинации могут быть построены полным перебором всех параметров изменения, или с применением специальных алгоритмов выбора изменений.

Каждый параметр последствий по определению является описанием важной для модели ситуации, поэтому комбинирование параметров последствий может привести к потере важных статистических данных.

При анализе модели, возможно использование свойств сетей Петри, таких как достижимость, ограниченность, сохраняемость и живость. Проверка этих свойств может позволить не выполнять сеть и сразу указать некоторые последствия для сети, такие как количество срабатываний перехода, количество токенов в позициях и т.д.

Задача анализа динамических изменений в общем случае не является оптимизационной задачей. Применение каждого следующего изменения может кардинально изменить модель, как в лучшую так и в худшую сторону (с точки зрения описанных критических ситуаций).