

СРЕДСТВА КАЧЕСТВЕННОГО СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.С. Разинков
Кафедра ЭВМ ДонНТУ
rasinkov@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Rasinkov D. S.. Tools for qualitative situation-oriented modeling. A new table interval description for qualitative variables is presented. Qualitative filter as interface between qualitative and quantitative models is proposed. Tools for database access from simulation environment and time manipulation are developed. Facilities for parallel modeling are noted.

1. Качественные ситуационные динамические модели

При качественном ситуационном моделировании выделяются и анализируются качественные состояния параметров и объекта в целом, и рассматриваются переходы между этими качественными состояниями.

Качественное состояние физического параметра объекта моделирования соответствует некоторому диапазону значений. Параметры объектов при качественном моделировании описываются интервальными переменными, принимающими одно из интервальных значений, соответствующих определенному качественному состоянию.

Совокупность качественных интервалов должна полностью покрывать область допустимых значений физического параметра, поэтому целесообразно использовать интервалы с одной закрытой и одной открытой границей. Для регулярности описания следует левую границу интервала считать закрытой, а правую открытой, или наоборот. При этом значение закрытой границы будем использовать как уникальный идентификатор интервала (рис. 1).

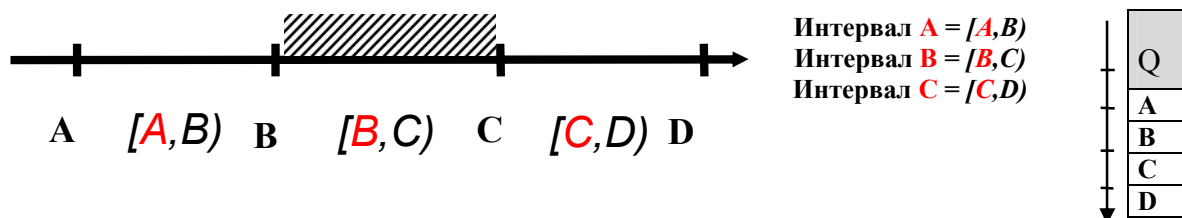


Рис. 1. Идентификация интервалов

Интервальное представление переменной можно сохранить в столбце специальной интервальной таблицы, записав туда упорядоченные по возрастанию границы интервалов.

Комбинация качественных интервальных значений физических параметров создает качественное состояние объекта – ситуацию. В силу внутренних изменений объекта – переходных процессов, при постоянных внешних условиях, возможны переходы между ситуациями. При этом *продолжительность качественных ситуаций* может быть однозначно определена.

Совокупность всех ситуаций, их продолжительностей и переходов для объекта моделирования формирует качественную динамическую модель. Качественную модель формально представляем в виде таблицы 1.

Таблица 1
Таблица динамической качественной модели

| Номер Ситуации | Интервальные переменные | | | | Номер следующей Ситуации | Время |
|-------------------|----------------------------|----------|-----|----------|--------------------------------|----------|
| | V_1 | V_2 | ... | V_m | | |
| 1 | W_{10} | W_{20} | ... | W_{m1} | 1 | t_{1i} |
| 2 | W_{10} | W_{20} | ... | W_{m2} | j | t_{2j} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| i | $W_{1?}$ | $W_{2?}$ | | $W_{m?}$ | k | t_{ik} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

2. Формирование и испытание качественных моделей в комбинированной среде

Качественная модель не содержит уравнений для воспроизведения временных характеристик объекта моделирования, поэтому все динамические характеристики должны быть зафиксированы на этапе формирования модели. При построении модели используем структуру на рис. 2.



Рис. 2. Структура для построения качественной модели

Для определения динамических характеристик качественной модели подвергаем испытаниям имеющуюся количественную модель или реальный объект. Приводить реальные объекты к определенной стартовой ситуации не всегда физически возможно и проводить длительные исчерпывающие испытания реальных систем экономически не рационально, поэтому в качестве объекта испытаний предпочтительнее использовать точные количественные модели.

Более подробно процесс формирования качественной ситуационной модели представлен на рис. 3. Комбинация значений параметров стартовой ситуации становится начальными условиями для количественной модели. Количественная модель стартует. Анализируются изменения мгновенных значений количественной модели. При обнаружении перехода в новую ситуацию в таблице качественной модели находится ее идентификатор и фиксируется для стартовой ситуации. Время переходного процесса измеряется и записывается как продолжительность стартовой ситуации. После выполнения данного цикла для всех ситуаций получаем полную ситуационную таблицу с зафиксированными динамическими характеристиками.

Имея готовую ситуационную динамическую модель, можно воспроизвести картину качественных изменений. Цикл воспроизведения показан на рис. 4. Для текущей ситуации извлекается идентификатор следующей ситуации. Через интервал времени, равный продолжительности текущей ситуации, происходит поиск новой ситуации в таблице, и она становится текущей. При этом комбинация значений параметров текущей ситуации формирует для наблюдателя качественное состояние объекта моделирования, а смена качественных состояний отображает динамические характеристики.

3. Набор компонентов для доступа к таблицам качественной модели

Для построения и испытания качественных ситуационных динамических моделей в комбинированной моделирующей среде необходимы компоненты доступа к базе данных – ситуационной и интервальной таблицам.

Технические требования, выдвигаемые к средствам качественного и комбинированного моделирования, заключаются в следующем:

- доступ к базам данных различного типа, в которых могут храниться качественные модели;
- оперирование как непрерывными, так и интервальными значениями параметров;

- независимость от временных параметров моделирующей среды, обеспечение согласования с количественными моделями при фиксированном и переменном шаге численных методов;
- высокое быстродействие при выборке и изменении записей таблиц.

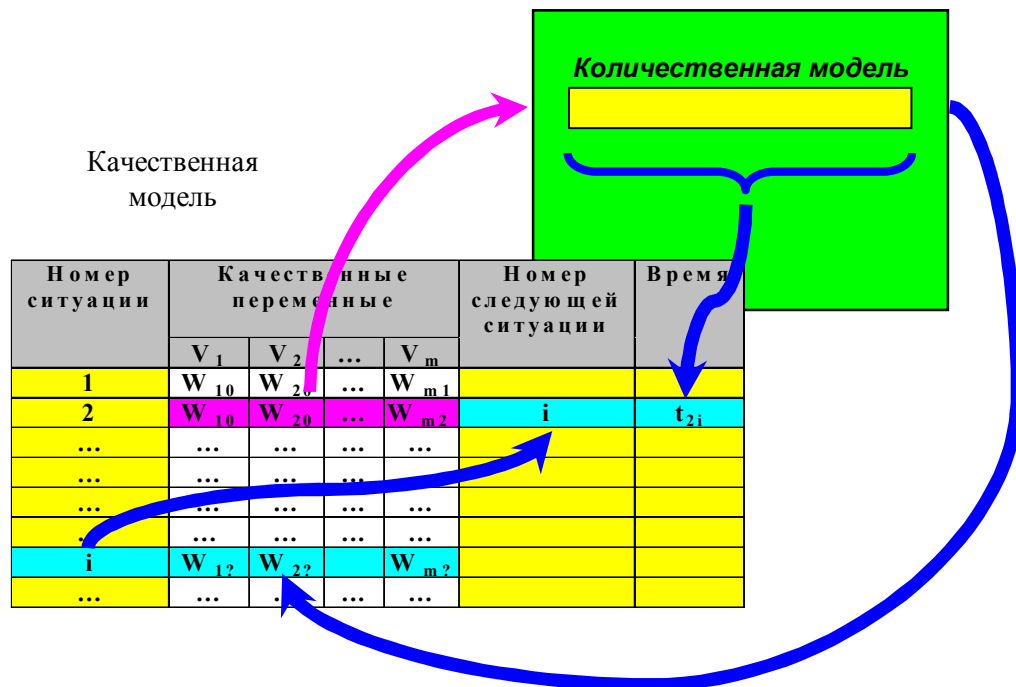


Рис.3. Комбинированное построение качественной динамической модели

В качестве моделирующей среды выбран продукт Matlab-Simulink фирмы Mathwork, позволяющий создавать разнообразные количественные модели и осуществлять их связь с реальными объектами.

Для доступа к базам данных используется технология ODBC (Open DataBase Connectivity), разработанная фирмой Microsoft. Применяется универсальный язык для работы с базами данных – SQL (Structured Query Language). Совокупность ODBC+SQL позволяет использовать широкий спектр баз данных различных производителей.

Компоненты реализованы на языке программирования C++, что совместно с оптимизацией запросов к базе данных дает максимальную скорость выполнения. Оптимизация запросов осуществляется за счет асинхронного принципа функционирования компонентов. Компоненты осуществляют запросы к базе данных только при определенном изменении входных значений.

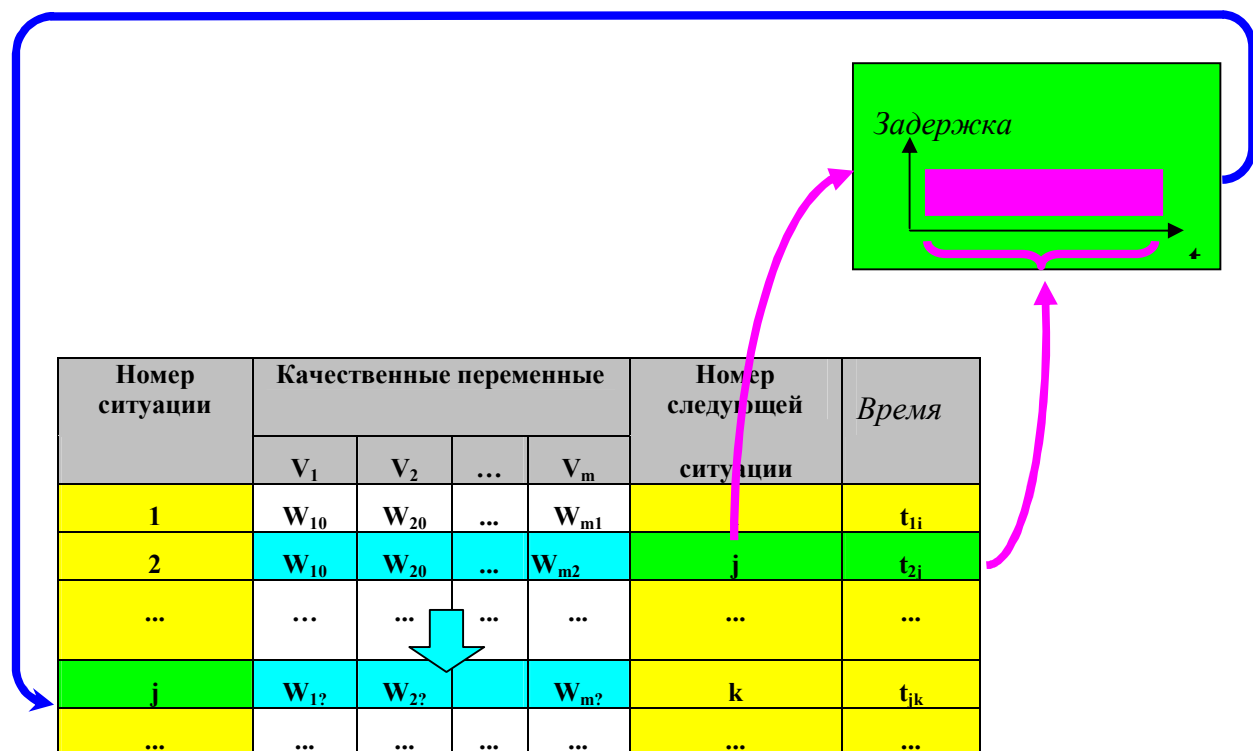


Рис. 4. Испытание динамических характеристик качественной модели

Совместное использование качественных и количественных значений в моделях достигается посредством применения специального компонента – *качественного фильтра*, осуществляющего преобразование непрерывных значений в идентификаторы качественных интервалов.

Компонент QFilter (качественный фильтр) осуществляет доступ к *интервальной таблице* – представлению интервальных значений. Компонент представляет столбец таблицы, отсортированный по возрастанию значений, в виде числовой оси, поделенной на отрезки, границами которых являются представленные в записях значения (Рис.5). Для каждого входного значения в соответствующем столбце ищется интервал, которому оно принадлежит. При этом учитывается открытость или закрытость интервала. На выход выдается одна из границ интервала. Новый поиск осуществляется лишь при таком изменении входной величины, которое выводит ее из ранее найденного интервала. Компонент может искать интервалы для нескольких переменных в пределах одной таблицы.

Основным компонентом для работы с *ситуационной таблицей* является компонент QSelect (селектор ситуаций). Этот компонент осуществляет поиск в ситуационной таблице по заданным столбцам и для найденной записи – ситуации выдает любые значения интервальных переменных или других характеристик ситуации (рис. 6). Критерий поиска

должен обеспечивать уникальность ситуации, если же будет найдено несколько записей, удовлетворяющих требованиям поиска, то на выход будут выдаваться данные из первой полученной от базы данных записи.

Однозначность поиска в таблице определяется уникальностью значения или набора значений записи. Уникальным значением в описании ситуации является ее идентификатор или номер. Зная номер ситуации, с помощью селектора QSelect можно найти комбинацию значений параметров, соответствующих ситуации, и ее динамические характеристики – продолжительность и номер следующей ситуации.

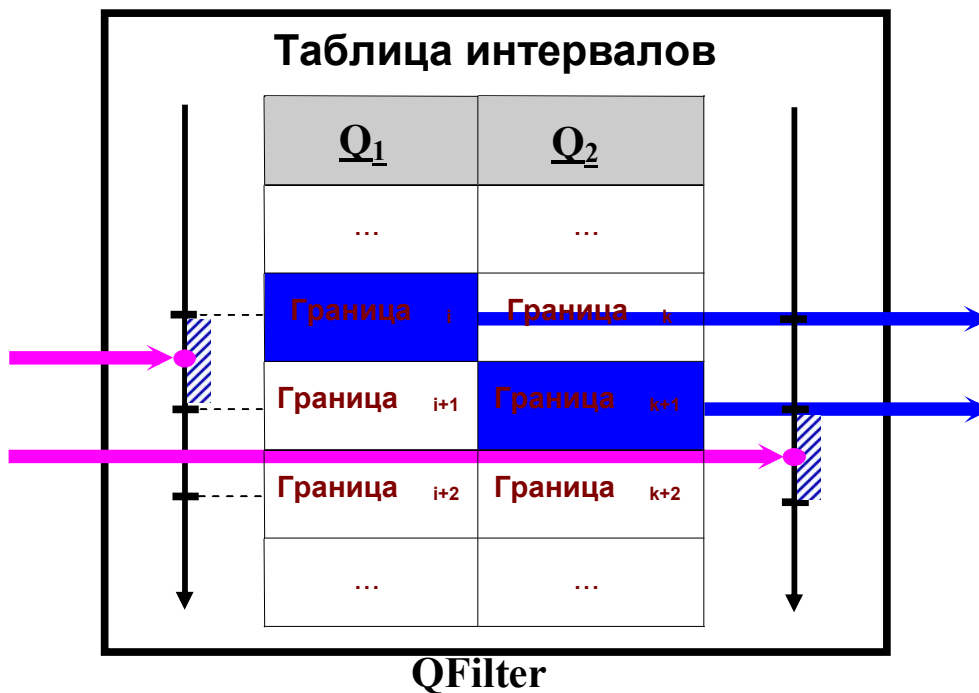


Рис. 5. Принцип действия качественного фильтра

Ситуационная таблица

| Номер ситуации | Интервальные переменные | | | | Номер следующей | Время |
|----------------|-------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| | V ₁ | V ₂ | ... | V _m | | |
| 1 | W ₁₀ | W ₂₀ | ... | W _{m1} | i | t _i |
| 2 | W ₁₀ | W ₂₀ | ... | W _{m2} | j | t _{2j} |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |
| i | W _{1?} | W _{2?} | | W _{m?} | k | t _{ik} |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |

QSelect

Рис. 6. Выбор параметров ситуации с помощью селектора QSelect по уникальному ключу

С помощью селектора ситуаций можно определить ситуацию по известной полной комбинации интервальных значений – при этом можно определить неизвестный идентификатор – номер ситуации и другие параметры (рис.7).

Ситуационная таблица

| Номер | Интервальные переменные | | | | Номер следующей ситуации | Время |
|-------|-------------------------|-----------------|-----|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | V ₁ | V ₂ | ... | V _m | | |
| 1 | W ₁₀ | W ₂₀ | ... | W _{m1} | i | t _i |
| 2 | W ₁₀ | W ₂₀ | ... | W _{m2} | j | t _{2j} |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |
| i | W _{1?} | W _{2?} | | W _{m?} | k | t _{ik} |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |

QSelect

Рис. 7. Поиск идентификатора ситуации по комбинации интервальных значений с помощью селектора QSelect

При комбинированном моделировании (построении качественной модели), определяются динамические характеристики. Для их сохранения в ситуационной таблице необходимо обновлять уже существующие записи ситуаций. Для этой цели используется компонент QUpdate. Этот

компонент, аналогично QSelect, сначала находит записи по заданным критериям, а затем в найденных записях обновляет определенные столбцы (рис. 8).

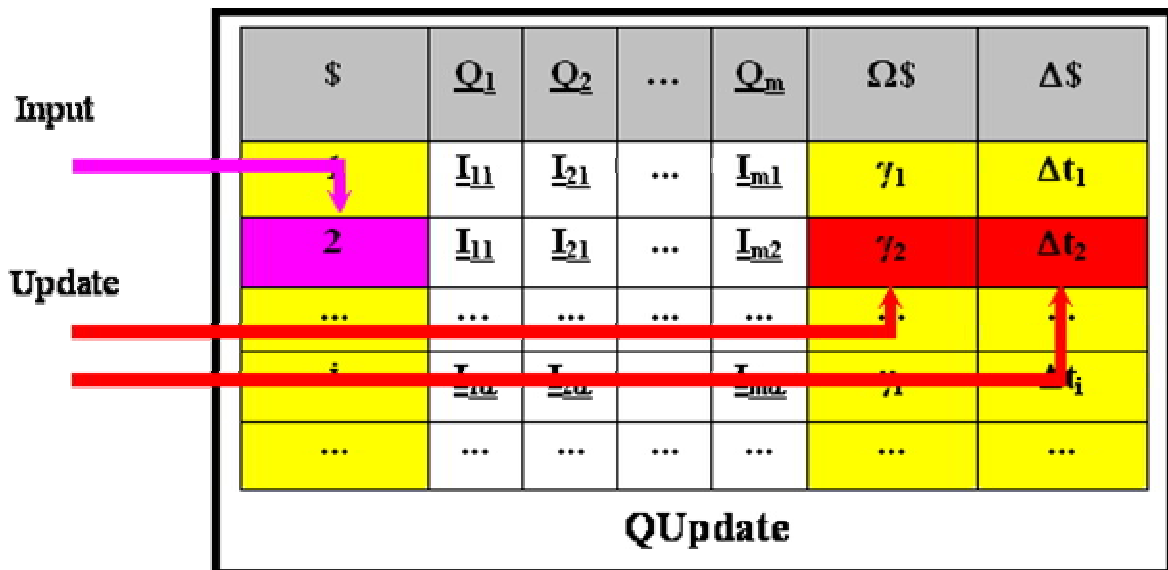


Рис. 8. Обновление параметров ситуации с помощью компонента QUpdate

Для создания новой ситуационной таблицы или добавления записей-ситуаций к уже существующей таблице создан компонент QInsert. Этот компонент рассматривает каждую новую комбинацию значений на своих входах как новую ситуацию, добавляет при этом новую строку-запись к таблице и записывает в неё значения с входа (Рис. 9).

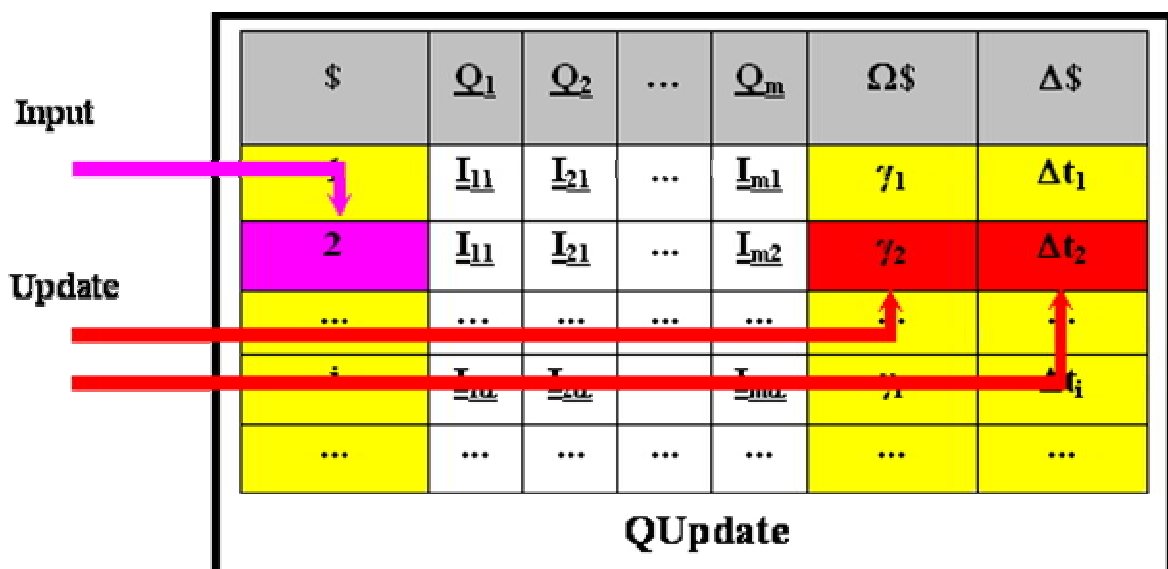


Рис. 9. Добавление новых ситуаций к таблице с помощью компонента QInsert

4. Компоненты для измерения и сохранения временных характеристик

Для фиксации и воспроизведения динамических характеристик созданы два компонента QTime и QDelay. Первый компонент QDelay отслеживает изменение параметров на своих входах, и измеряет временной интервал между такими изменениями. Компонент выдает кратковременный импульс, равный по амплитуде значению измеренного промежутка времени (рис.10).

Компонент QDelay выполняет задержку параметра на заданный интервал времени. С помощью этого компонента создаются задержки между ситуациями, что позволяет имитировать качественные динамические процессы. В начальный момент времени компонент считывает со своих входов значение параметра и задержки и фиксирует на выходе значение параметра. По истечении промежутка времени происходит новое чтение входов и фиксация следующего значения на выходе компонента (рис. 11). Изменения параметра и задержки на входе элемента между операциями чтения игнорируются.

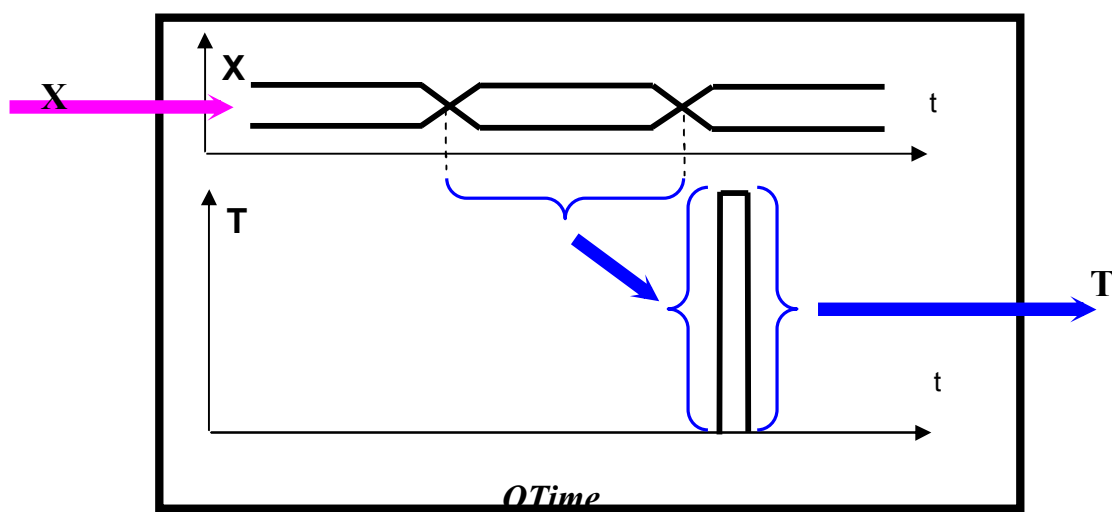


Рис. 10. Измерение промежутка времени между изменениями параметров с помощью компонента QTime

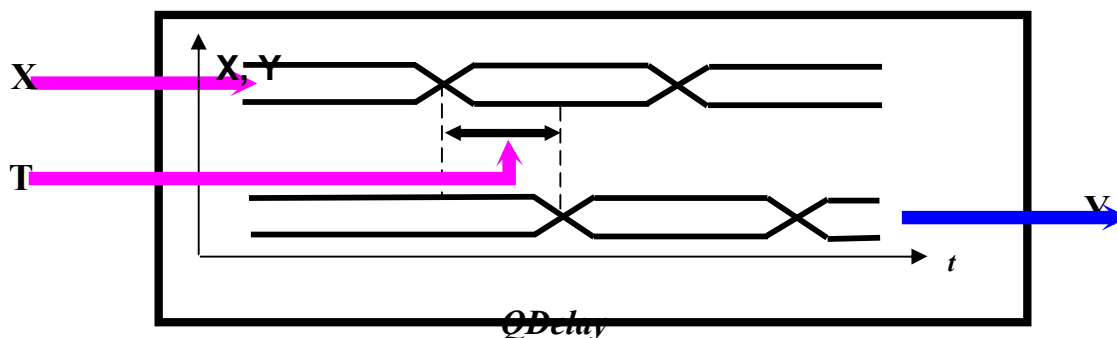


Рис. 11. Функционирование компонента задержки с переменным интервалом времени QDelay

Точность функционирования временных компонентов зависит от настроек моделирующей среды. Анализ входов и текущего значения времени моделирования происходит на каждом шаге численного метода, заданного в моделирующей среде.

5. Заключение

В данной статье представлен набор компонентов для моделирующей среды, с помощью которого можно создавать и испытывать качественные ситуационные и комбинированные качественно-количественные модели динамических объектов.

Компоненты организуют доступ к современным базам данных различных производителей, поддерживающих структурированный язык запросов SQL. Возможно использование как локальных баз данных так и SQL-серверов, что позволяет организовать параллельный доступ нескольких моделей к одним и тем же таблицам. Это открывает пути к созданию параллельных качественных моделей. Компоненты обеспечивают широкий спектр работы с записями таблиц – ситуациями: создание, поиск и изменение. Недостающие возможности по модификации таблиц обеспечивают средства обработки баз данных.

Создание интерфейса между качественными и количественными моделями – качественного фильтра позволяет создавать комбинированные модели, связывая качественные модели с количественными моделями и реальными объектами.

Компоненты для сохранения и воспроизведения временных характеристик позволяют создавать и испытывать качественные динамические модели, что открывает новые возможности для исследования качественных изменений протекания различных процессов.

Литература

1. Разинков Д. С. Ситуационное качественное моделирование динамических объектов, Наукові праці Донецького технічного університету, Серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка", Випуск 15, Донецьк, 2000.
2. Разинков Д. С. Комбинированное моделирование сложных динамических систем на основе качественного и количественного описаний, Наукові праці Донецького технічного університету, серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка", Випуск 16, Донецьк, 2000.

Дата надходження до редколегії: 22.10.2003 р.