

**НОВАЯ ВЕРСИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ
КОГНИТРОН ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****В. Е. Марлей, А. А. Рикунев (Санкт-Петербург), Я. А. Стрелец (Кириши)**

В статье описываются основные особенности разрабатываемой версии системы автоматизации моделирования на основе алгоритмических сетей. Алгоритмические сети (АС) используются для представления структуры алгоритмических моделей и являются отображением причинно-следственных и временных связей между явлениями, представленными в сценарии моделируемого процесса, в вычислительные связи между операторами. Алгоритмические сети задают некоторую расчетную схему, по которой проводятся вычислительные эксперименты над моделями. Алгоритмические сети – это конечный ориентированный нагруженный граф, вершинам которого сопоставлены операторы или ссылки на другие модели, а дугам – переменные, связываемые операторами. Для задания исходного состояния моделируемого процесса и для описания перехода моделируемого процесса через шаг моделирования служат операторы задержки. АС представляет структуру вычислительной схемы, соответствующей причинно-следственным связям для одного шага циклически повторяющегося, дискретно рассматриваемого процесса, с учетом его естественного параллелизма. Требуемое число шагов моделирования, для которых нужно проанализировать процесс, задается для АС внешними параметрами. Дуга в АС означает, что операторы в связываемых ею вершинах вычислительно связаны. Вычисления на АС производятся по шагам моделирования, происходят в каждой вершине сразу же, когда для текущего шага моделирования становятся известны значения всех переменных, соответствующих входным дугам вершины. Переменные, соответствующие входным висячим дугам, соответствуют исходным, входным переменным, все остальные переменные – расчетные. Доказано, что для АС можно построить расчетную программу, когда заданы значения всех переменных, соответствующих входным дугам АС. Типы переменных и операторов в АС произвольны. Структура АС удовлетворяет следующим ограничениям:

- не существует контура, в котором хотя бы одна вершина не содержала оператора задержки;
- переменная может быть вычислена только в одной вершине;
- в одной АС все операторы задержки определяют рекуррентные соотношения относительно одной и той же величины и с одинаковым шагом ее изменения, срабатывают одновременно после вычисления всех остальных вершин.

Можно сказать, что АС являются графическим представлением системы рекуррентных выражений от переменных произвольного типа.

АС представляют собой тело цикла, условие останова которого задано в некотором внешнем патерне.

Дальнейшее развитие АС привело к разработке распределенных АС и АС со ссылками в вершинах на другие модели¹, которые эквивалентны классу структурных (по Дейкстре) алгоритмов. В настоящее время идет разработка новой версии системы автоматизации моделирования КОГНИТРОН, обеспечивающей полное использование всех возможностей АС, т.е. алгоритмическую полноту, произвольность типов переменных и операторов, возможность распределенного моделирования и т.п.

Инструментальная система КОГНИТРОН предназначена для решения проблемы привлечения ЭВМ в повседневную практику работы пользователя, ранее лишенного этой возможности в силу своей программистской и математической подготовки.

¹ Иванищев В.В., Марлей В.Е. Основы теории алгоритмических сетей. –СПб: СПбГТУ, 2000. –180 с.

Система ориентирована на три класса пользователей:

- пользователь, работающий только с готовыми моделями (минимальная подготовка);
- пользователь, способный выбрать из базы в режиме «кнопочной» технологии интересные его фрагментарные модели, которые автоматически объединяются в сложный модельный комплекс;
- системный аналитик, владеющий языком алгоритмических сетей и знаниями о предметной области, для которой он строит модели, пополняет базу моделей, создает новые модели, не входящие в базу.

С помощью системы КОГНИТРОН и систем, на основе которых она создавалась, успешно решались задачи прогнозирования и балансирования планов в макроэкономике, промышленности и сельском хозяйстве. Система использовалась при оценке экологического состояния различных объектов. Среди предметных областей, в которых нашел применение КОГНИТРОН, можно назвать химию, кораблестроение, военное дело, городское хозяйство.

Формализм АС допускает трансформацию в другие известные формализмы моделирования: обыкновенные дифференциальные, разностные, алгебраические уравнения; аппарат передаточных функций, применяемый в теории автоматического регулирования; конечные автоматы и логические сети; нейронные сети. Это позволяет моделировать как непрерывные, так и дискретные системы. В структурном плане все перечисленные виды моделей сводимы к структуре конечного автомата с элементами задержки (элементами дискретизации) в цепях обратных связей. Во временном плане это дискретные модели с шагом моделирования Δt , что для непрерывных моделей означает Эйлеровскую аппроксимацию. Подобие по операциям предлагает, что существуют тождественные преобразования операций формализмов моделирования друг в друга. Диаграммы трансформации алгоритмических сетей представлены на рис. 1 и 2.

В новой версии предполагается возможность использования моделей, представленных в различных формализмах.

Таким образом, формализм алгоритмических сетей обладает универсальностью, которая позволяет использовать их для моделирования процессов или объектов из различных предметных областей, объединяя в одну сеть модели, построенные в различных формализмах.

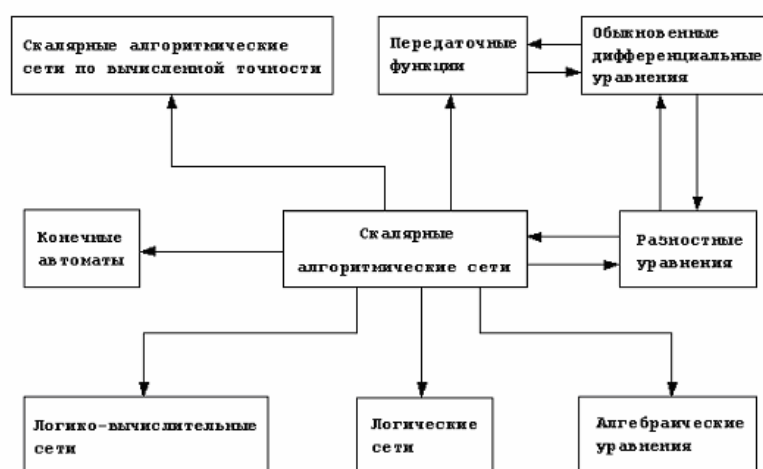


Рис. 1. Диаграмма трансформаций скалярных АС

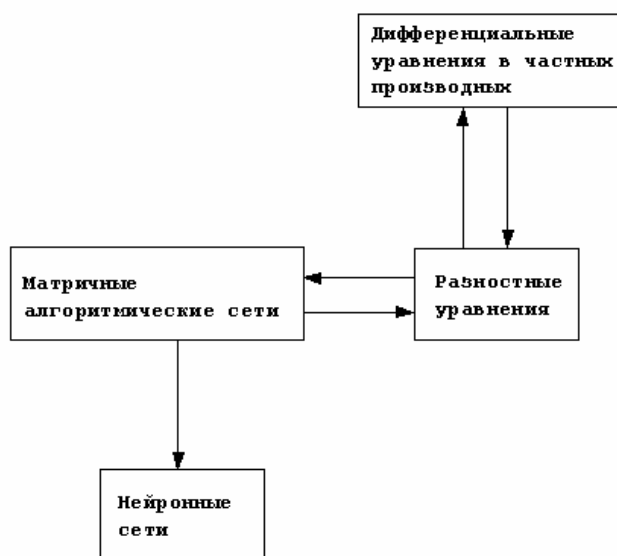


Рис. 2. Диаграмма трансформаций матричных АС

Система КОГНИТРОН представляет собой совокупность нескольких программных модулей: графический редактор АС, имитатор моделей, модуль визуализации результатов моделирования и модуль ввода экспериментальных данных.

Графический редактор помогает пользователю создавать модели в формализме АС. Далее перечислены основные свойства графического редактора.

1. **Унифицированное представление сетевых структур с поддержкой иерархии в виде блоков.** Это даёт возможность проектировать модель как “снизу – вверх”, так и “сверху – вниз”. Для сложных моделей появляется возможность организовать иерархическое взаимодействие элементов модели.

2. **Использование идеографического языка представления моделей.** Идеографический язык представления моделей должен обладать следующими свойствами: возможностью представлять алгоритмы, возможностью отображать причинно – следственные связи, доступностью элементов и конструкций языка для понимания пользователем, отсутствием элементов, не связанных с семантикой модели, простым синтаксисом, защитой от возможности описания некорректных алгоритмов, наглядностью.

3. **Универсальность формализма моделирования.** Возможность создавать модели для различных областей – экология, экономика, химия, техника, военные приложения, социально-экономические приложения и др. Система будет позволять использовать произвольные типы переменных и операторов.

4. **Переносимость на уровне исходных кодов.** Обеспечивает возможность компиляции на целевую платформу.

5. **Поддержка основных технологий.** Многодокументный интерфейс, операции вставки/копирования, масштабирования, привязки к сетке, точного позиционирования с помощью линейки. Экспорт графического изображения сети в распространённые форматы изображений (BMP, JPEG, GIF, PNG, TIFF, XPM и др.).

6. **Интеграция с другими программными продуктами.** Даёт возможность использования графического редактора, как модуля. Достигается с помощью создания строгого и независимого интерфейса.

7. **Средства редактирования:** изменение шага сетки, поиск переменной или блока, неограниченное рабочее поле, объединение фрагмента сети в блок.

Модуль ввода экспериментальных данных позволяет пользователю создавать массивы данных для моделирования. Данные можно загрузить из внешнего источника: текстовый файл, лист Excel, специальный xml-файл, ранее созданные и сохранённые массивы данных. Также существует возможность генерации экспериментальных данных: по различным случайным законам распределения, прогрессия и др.

Имитатор моделей осуществляет моделирование на основе созданной сети и массивов данных. В нём также существует возможность для влияния на ход эксперимента: имеется операция обращения сети, которая позволяет осуществить подгон входных значений, детально исследовать и редактировать структуру сети. В дальнейшем предполагается разработка и внедрение в систему автоматизации моделирования методов и процедур принятия решений, а также возможность активного влияния на ход эксперимента на любом шаге имитации.

Модуль визуализации результатов моделирования предлагает табличное и графическое отображение полученных в ходе эксперимента выходных данных.

На рис. 3–4 представлены предполагаемые экранные формы разрабатываемой системы.

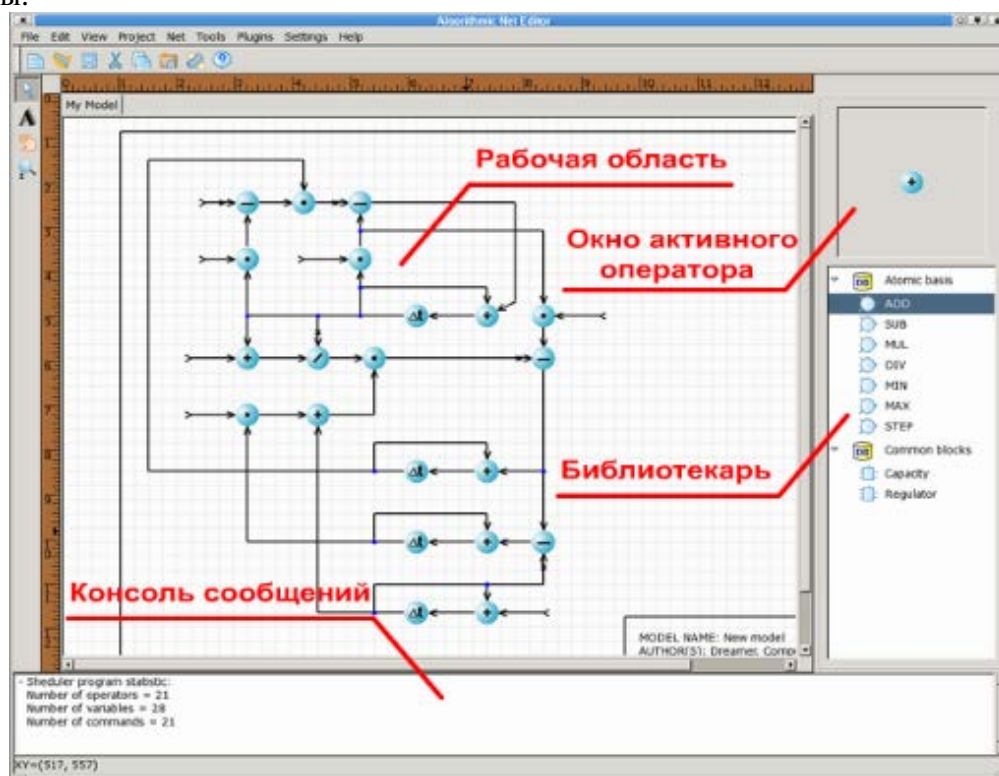


Рис. 3. Модуль графического ввода алгоритмической сети

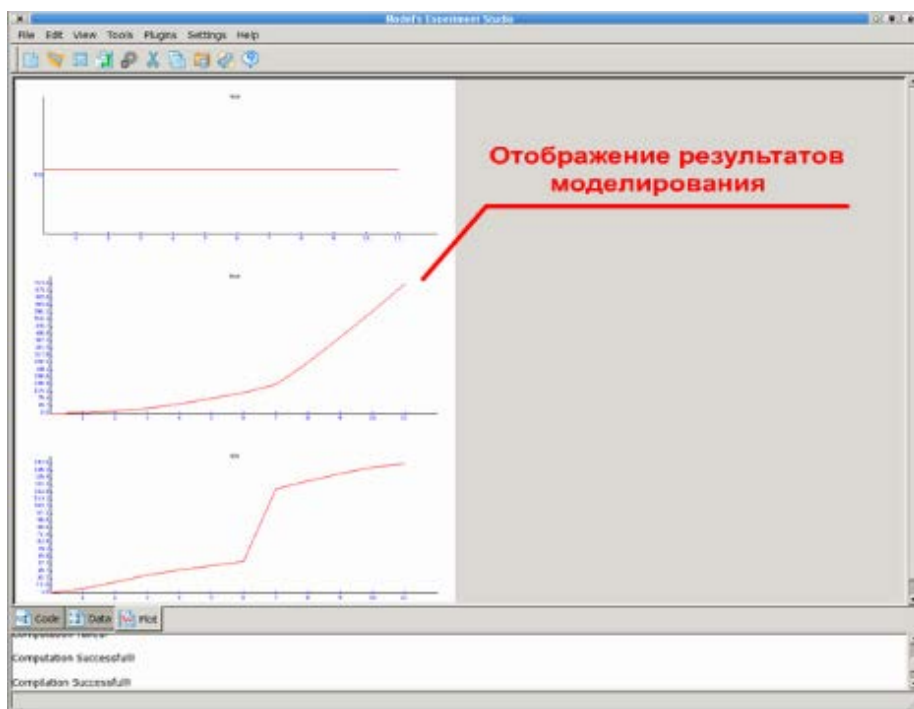


Рис. 4. Модуль графического отображения результатов моделирования

В дальнейшем планируется развитие модуля: расширение возможностей графического отображения и создание возможности отображение результатов по ходу имитации.

Развитие системы предполагает внедрение в процесс моделирования объектно-ориентированного подхода (ООП). По своей идеологии ООП сходен с технологией множественного моделирования (ТММ). Технология множественного моделирования состоит в разбиении предметной области или сложной системы на фрагменты, разработке базы фрагментарных моделей в виде АС и формировании комплексных моделей путем слияния АС моделей базы. Подобно технологии ООП, ТММ обеспечивает:

- распараллеливание разработки с помощью структуризации предметной области на фрагменты, каждый из которых может разрабатываться независимой группой экспертов;
- копирование и модификация структуры АС и имен переменных при формировании базы модели;
- многократное использование фрагментарных моделей как строительных компонент при формировании вновь создаваемых комплексных моделей.

Применение подхода ООП для ТММ позволяет непосредственно представлять многоуровневые структуры в виде многослойной АС.

Особенность технологии множественного моделирования состоит в использовании общего словаря переменных единого формализма представления, что позволяет автоматизировать процедуру взаимного согласования моделей базы. Приложения – комплексные модели той или иной конфигурации – формируются путем автоматического слияния АС из числа отобранных пользователем фрагментарных моделей. Наличие общего словаря переменных облегчает восприятие моделей и устранение неоднозначностей, а также позволяет автоматизировать процедуру комплексирования фрагментарных моделей базы. Для подхода ТММ разработана система операций над АС: слияние, вычитание, частичное обращение и выделения подграфа.

Многоуровневые АС можно представить как АС, в качестве операторов которой могут служить алгоритмические модели, связывающие значения переменных сети на интервале счета модели. Причем, здесь существует соответствие принципам ООП: внутренняя структура сети инкапсулирована в алгоритмических моделях, ранее созданные модели наследуются при формировании гиперсети.

Внедрение принципов объектно-ориентированного проектирования в технологию множественного моделирования даст возможность построения сложных моделей на основе алгоритмических сетей с помощью объектов (фрагментарных моделей) разных формализмов.

Использование разработанного аппарата распределенных АС позволит организовать в новой версии системы автоматизации моделирования КОГНИТРОН процесс распределенного моделирования.