

**СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВЫХ СИСТЕМ
В СРЕДЕ MS EXCEL****В. П. Морозов (Санкт-Петербург)**

Возможности внедрения моделирования в решение задач, связанных с практической деятельностью, определяются наличием двух основополагающих моментов: наличием методик моделирования, доступных пониманию широкого круга пользователей, и наличием соответствующих программных средств, не требующих серьезных затрат на освоение и эксплуатацию. Исходя из этого, в основу предлагаемой системы положены: ориентированная на конечного пользователя методология моделирования на основе алгоритмических сетей и получившая широкое распространение программная среда MS Excel. С точки зрения конечного пользователя данная система может рассматриваться как расширение возможностей MS Excel в область моделирования и поддержки принятия решений.

Методология моделирования на основе алгоритмических сетей, разработана в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН [1–5]. Основные компоненты методологии, согласно [1], включают:

1. Соглашение о допустимом минимуме профессиональных знаний предполагаемых пользователей.

2. Алгоритмический подход как парадигму моделирования, наилучшим образом отражающую специфику процедурных предметных знаний пользователей, а именно: представление математических моделей, описывающих процедурные знания предметной области в виде алгоритмов, структуризация вычислительных процедур которых осуществлена в соответствии с представлениями пользователя о причинно-следственных или временных связях явлений, характеризующих моделируемые объекты.

3. Доступный пользователю единый графический язык представления для описания моделей знаний предметной области, математических моделей решаемых задач и вычислительных алгоритмов, по которым осуществляется решение. Язык, оперирующий исключительно функциональными зависимостями, имеющими место в предметной области, которой принадлежит исследуемый объект – язык алгоритмических сетей (ЯАС).

4. Автоматизацию программирования, обеспечивающую возможность решения новых задач.

5. Использование методов, ориентированных на привлечение плохо формализуемых знаний ЛПР непосредственно в процесс получения конечного результата.

На сегодняшний день методология, ориентированная на предметные знания эксперта, реализуется в двух основных направлениях:

◆ Поддержка принятия решений в ходе решения задач, связанных с необходимостью формирования исходного множества альтернатив.

◆ Поддержка принятия решений в ходе решения задач, связанных с выбором наилучшей альтернативы из некоторого множества заданных.

В качестве языка представления в методологии используется язык ЯАС [4, 5] – графический язык, оперирующий исключительно функциональными зависимостями, имеющими место в предметной области, которой принадлежит исследуемый объект.

Основными понятиями ЯАС являются понятия функционального оператора и интерфейсной дуги.

Функциональный оператор реализует функциональное отношение, связывающее явления, которые представляют объект моделирования. Графическим отображением

функционального оператора является круг, внутри которого помещен символ реализуемого оператором класса функций. Конкретный вид функции определяется множеством входных и выходных дуг, связанных с данным оператором. Различают операторы ввода–вывода информации и преобразующие операторы сети. Последние разделяются на операторы-вычислители, реализующие аналитические выражения элементарной математики, операторы-распознаватели, реализующие конструкции типа «IF_THEN_ELSE», и оператор «задержка по времени» (операторы данного вида необходимы для учета последствий в модели и позволяют описывать динамику объекта). Формирование выходных переменных оператора осуществляется, как только становятся известными все его входные переменные. Таким образом, «срабатывание оператора» в вершинах сети носит асинхронный характер, и сама алгоритмическая сеть предстает в виде алгоритма, описывающего параллельные вычисления.

Интерфейсная дуга отображает одно из множества явлений, характеризующих объект моделирования. Графическим отображением интерфейсной дуги является однонаправленная стрелка. Направление стрелки определяет связь явлений в модели. Каждая интерфейсная дуга имеет уникальный номер и имя, являющееся оборотом существительного.

Синтаксис ЯАС включает ряд запретов и ограничений:

- ◆ запрет вычисления одной и той же переменной более чем одним оператором (конструкция «неоднозначность»);

- ◆ запрет использования в качестве входной информации оператора информации, являющейся результатом его расчета, в случае, если в образовавшемся контуре отсутствует оператор «задержка по времени» (конструкция «дедлок»);

- ◆ запрет соединения альтернативных процессов моделирования в любых операторах сети, кроме оператора логического слияния (конструкция «зависание»).

В качестве примера рассмотрим простейшую алгоритмическую модель «Демография». Алгоритмическая сеть модели представлена на рис. 1. Модель описывает процессы, происходящие с населением региона в течение выбранного интервала времени, и обеспечивает определение количества населения на конец года X_{10} в зависимости от начального значения X_1 , доли убытия X_2 , коэффициента естественного прироста X_6 , механического прироста X_9 . Модель позволяет рассмотреть процесс во времени благодаря использованию оператора «задержка» Δt , определяющего значение переменной на конец текущего периода в качестве начального значения соответствующей переменной для последующего периода: $X_1(t+1) = X_{10}(t)$. Кроме того, модель определяет величину трудового ресурса региона X_{12} на основании доли трудового ресурса X_{11} и количества имеющегося населения X_{10} . В таблице приведены наименования переменных модели и расчетные формулы, их связывающие.

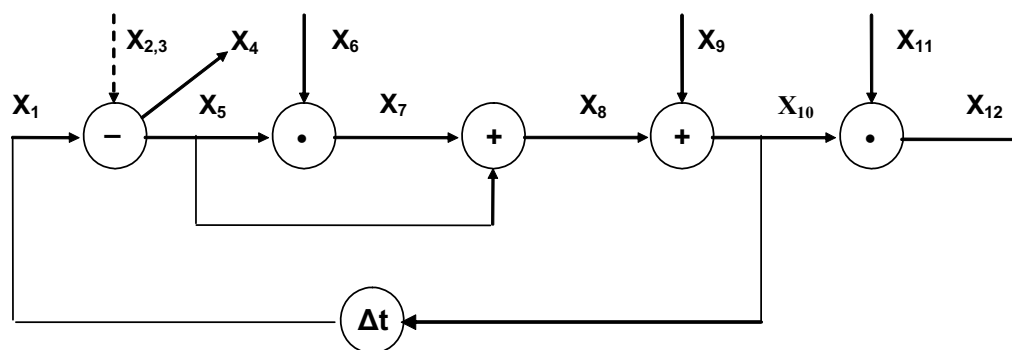


Рис. 1. Алгоритмическая сеть модели «Демография»

Переменные и расчетные формулы модели «Демография»

Входные переменные	Расчетные переменные	
	Наименование переменной	Расчетная формула
X_1 – количество населения на начало года	X_4 – количество убывшего населения	$X_4(t) = X_1(t) * X_2(t)$
X_2 – доля убывшего населения	X_5 – количество оставшегося населения	$X_5(t) = X_1(t) * X_3(t)$
X_3 – доля оставшегося населения	X_7 – естественный прирост населения	$X_7(t) = X_5(t) * X_6(t)$
X_6 – коэффициент естественного прироста	X_8 – коренное население	$X_8(t) = X_5(t) + X_7(t)$
X_9 – механический прирост населения	X_{10} – населения на конец года	$X_{10}(t) = X_8(t) + X_9(t)$
X_{11} – доля трудового ресурса	X_{12} – трудовой ресурс региона	$X_{12}(t) = X_{10}(t) * X_{11}(t)$
Передача значения населения в конце года t на начало года $t + 1$ для последующего расчета		$X_1(t+1) = X_{10}(t)$

Методология моделирования на основе алгоритмических сетей прошла успешную проверку на практике. На ее основе был создан ряд систем, эксплуатировавшихся в различных организациях, в том числе в Госплане России. Среди предметных областей, для которых были разработаны алгоритмические модели, можно назвать макроэкономику, промышленность, химию, кораблестроение, военное дело, городское и сельское хозяйство, экологию. Система автоматизации моделирования «САПФИР-Искра.87» награждена серебряной медалью ВДНХ СССР, модель «Россия 84» – бронзовой медалью.

Одной из причин недостаточного распространения системы, по мнению разработчиков, стала, как это ни парадоксально, оригинальность разработки, в связи чем было принято решение реализовать технологию КОГНИТРОНа в широко используемой среде MS Excel.

Разрабатываемая в среде MS Excel система (КОГНИТРОН-Excel) предназначена для решения проблемы автоматизации моделирования на базе алгоритмических сетей, как на этапе создания моделей, так и на этапах проведения модельных экспериментов и принятия решений на их основе.

Система ориентирована на пользователя-эксперта в области принимаемых решений, для которого математика и программирование не являются основной сферой деятельности. Согласно принятому соглашению о минимально допустимых знаниях пользователя предполагается, что последний имеет представление о причинно-следственных или временных связях переменных, описывающих решаемую задачу, возможных интервалах изменения их значений, а также знание математики по крайней мере на уровне средней школы.

Пользователями системы могут быть лица среднего и высшего управляющего звена (поддержка принятия решений), а также научные сотрудники, осуществляющие исследования на основе моделирования (поддержка построения моделей и проведения модельных экспериментов).

Система поддерживает полный цикл работы с моделью от ввода ее аналитического представления до модельного эксперимента (расчета), реализуемый с помощью трех основных режимов: «Модель», «Данные» и «Эксперимент».

Режим «Модель» предназначен для ввода в систему исследуемой модели. Специфика среды реализации не позволяет обеспечить традиционный графический ввод, поэтому в качестве альтернативы в системе используется ввод с помощью шаблонов, соответствующих аналитическим выражениям, реализуемым операторами алгоритмической сети. Экранная форма режима представлена на рис. 2. Режим обеспечивает ввод и редактирование операторов, коротких и длинных имен переменных, синтаксическую проверку модели, а также ввод и редактирование ее описания. Порядок ввода операторов произволен.

Режим «Данные» обеспечивает формирование массивов данных, используемых в ходе модельных экспериментов. Ввод значений переменных автоматизирован благодаря возможности генерации констант, а также за счет использования линейной интерполяции значений введенных переменных. Режим позволяет просматривать и редактировать существующие массивы. Экранная форма режима представлена на рис. 3.

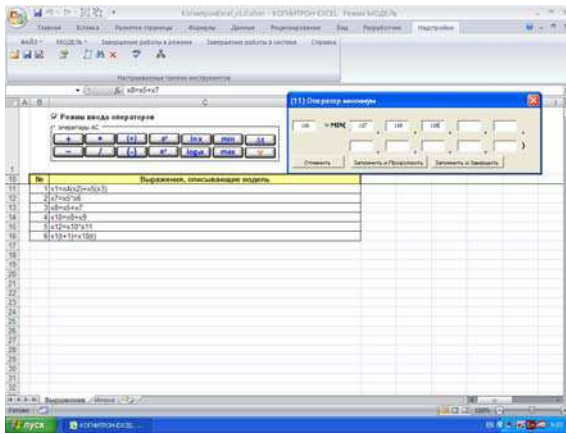


Рис. 2. Режим «Модель»

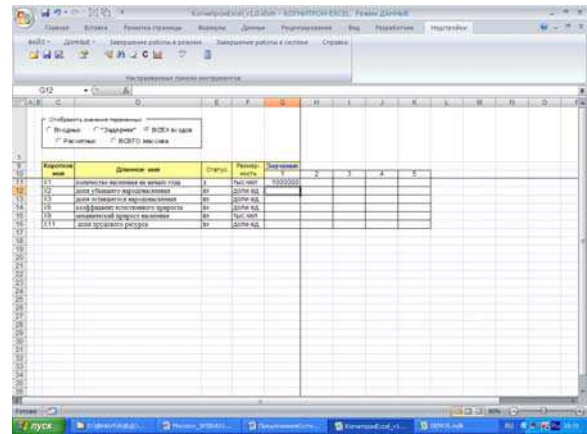


Рис. 3. Режим «Данные»

Режим «Эксперимент» позволяет провести эксперименты с моделью, как для изучения свойств исследуемого объекта, так и для формирования информации, необходимой для принятия соответствующих решений.

Система обеспечивает имитационный и аналитический способы получения требуемых результатов. В имитационном режиме пользователю предоставляются подсказки, облегчающие достижение требуемого результата, в том числе подсказки о входных переменных, влияющих на результаты расчета исследуемой выходной переменной, и рекомендуемых знаках их приращений. Аналитические способы, позволяющие получить результат без исследования пользователем поведения системы, основываются и на численных методах, в том числе реализованных в Excel, и на методах, обеспечивающих нахождение решений в общем виде (метод обращения [6]).

Система поддерживает формирования среды принятия решений, включающей рабочую таблицу, таблицу ограничений и графики зависимостей переменных от времени или от значений других переменных. Экранная форма режима для графического представления результатов представлена на рис. 4.

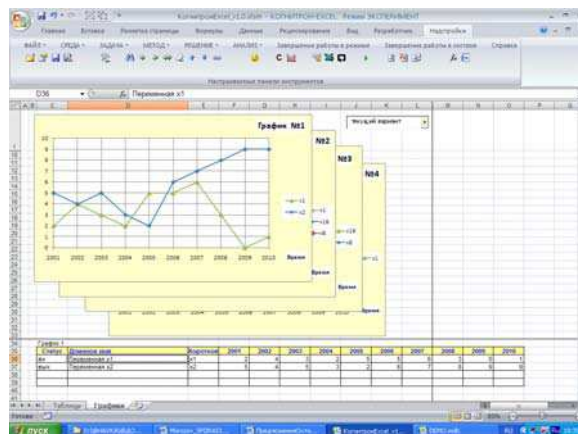


Рис. 4. Режим «Эксперимент»

В настоящий момент система находится в стадии реализации. Среда реализации MS Excel, язык реализации Visual Basic for Applications.

Выводы

1. Реализация методологии в среде MS Excel позволяет широкому кругу пользователей данного продукта получить доступ средствам и методам моделирования и поддержки принятия решений.
2. Ориентация на привлечение плохо формализуемых знаний экспертов повышает адекватность решений реальным условиям поставленной задачи, сокращает время принятия решений благодаря удалению посредников в лице математиков и программистов.
3. Наличие и возможность совместного использования методов, поддерживающих режимы аналитического и имитационного моделирования, позволяет существенно сократить время, необходимое для достижения требуемых результатов.

Литература

1. **Морозов В. П.** Методология и системы моделирования на основе алгоритмических сетей // X Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика-2006» («РИ-2006»), Санкт-Петербург, 24–26 октября 2006 г.: Труды конференции. СПб.: СПОИСУ, 2007. С. 112–118.
2. **Иванищев В. В., Марлей В. Е.** Введение в теорию алгоритмических сетей. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 179 с.
3. **Иванищев В. В., Михайлов В. В.** Автоматизация моделирования экологических систем. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 171 с.
4. **Иванищев В. В., Марлей В. Е., Морозов В. П.** Язык алгоритмических сетей: Препринт №63 ЛНИВЦ АН СССР. Л., 1984. 37 с.
5. **Иванищев В. В., Марлей В. Е., Морозов В. П.** Система автоматизации моделирования САПФИР-Искра. Основы построения системы: Препринт №99 ЛИИАН. Л., 1989. 63 с.
6. **Морозов В. П.** Задачи на вычисление при наличии ограничений. Метод обращения // Алгоритмическое моделирование, инструментальные средства и модели. СПб.: СПИИРАН, 1992. С. 112–137.