

го звена в определенной последовательности и обозначаются цифрами, однако эта информация не доступна студентам другого звена на начальном этапе (до момента представления ими отчетного материала по работе).

Далее звенья обмениваются заданиями и приступают к работе. Руководствуясь методиками по изучению свойств сырья (продуктов), студенты каждого звена проводят исследования и расшифровывают представленные им образцы. Посредством совместного обсуждения в группе (звене) студенты делают вывод о работе.

На следующем занятии студенты в группах меняются ролью и готовят задание для другого звена по теме, которую изучали на предыдущей лабораторной работе сами.

Положительный результат проведенного исследования одного звена подтверждают члены другого звена, выдавшего это задание.

Преподаватель при необходимости корректирует работу в звеньях и принимает отчет о проделанной лабораторной работе совместно у всех членов звена или индивидуально у каждого из них в зависимости от активности работы группы.

Таким образом, преподаватель выступает в качестве консультанта, а на студента возложена ответственность за принятие решения по конкретной проблеме. Такая организация обучающего процесса позволит пробудить у студентов интерес к выполняемой работе и проявить себя в роли исполнителя и заказчика.

### Физико-математические науки

#### НЕЧЕТКИЕ ГРАФЫ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Петрунина Е.В.

Пензенский государственный университет, Пенза,  
e-mail: [petruninaelenav@gmail.com](mailto:petruninaelenav@gmail.com)

Функционально-логическое моделирование представляет собой актуальное направление в разработке моделей предметных областей с большим числом причинно-следственных отношений между объектами, к которым относятся гетерогенные системы. Подобные модели типичны для систем имитационного моделирования сложных техногенных комплексов, когда решение принимается с использованием длинных последовательностей логических правил и большого количества функциональных моделей отдельных технологических элементов и агрегатов.

Функционально-логическое моделирование связано с применением формальных языков, учитывающих при записи статистические и физико-химические процессы в моделируемых объектах.

В сложных гетерогенных системах можно выделить следующие типы случайностей и неопределенностей, влияющих на процессы функционирования агрегатов и устройств:

- случайные изменения внешних воздействий (флуктуации таких физических параметров, как температура, давление, влажность и т.п.);
- случайные изменения параметров и характеристик функциональных элементов;
- случайные изменения функциональных причинно-следственных связей в процессе функционирования систем;
- неопределенный характер некоторых функциональных процессов в агрегатах и устройствах гетерогенных систем.

Теория вероятностных и нечетких функциональных графов (или гиперграфов) служит основой для проверки правильности функционирования параллельных алгоритмов логического управления (АЛУ) в условиях случайным образом меняющихся внешних воздействий.

Алгоритм логического управления (принятия управляющего решения) в общем случае можно задать системой уравнений вида:

$$Y = f(X, P); P = j(X, P);$$

$$X = g(Y, F); X'' \equiv Y'' \equiv P,$$

где  $X = \{x_i\}$  – множество входных переменных программного автомата (ПА);  $Y = \{y_i\}$  – множество выходных переменных ПА;  $P = \{p_i\}$  – множество промежуточных переменных ПА;  $F = \{f_i\}$  – множество физических переменных, характеризующих условия функционирования технологической системы (температура, давление, перемещение и т.д.).

В большинстве практических технологий для наглядного графического представления алгоритмов управления использует граф-схемы, в которых отражаются вершины слияния параллельных ветвей (И) и вершины слияния альтернативных ветвей (ИЛИ).

В качестве основы для проверки правильности функционирования параллельных алгоритмов логического управления в условиях случайным образом меняющихся внешних воздействий предлагается применить теорию вероятностных и нечетких функциональных графов (или гиперграфов). Аналогично подходу, принятому в неопределенном программировании, для функционально-логического моделирования АЛУ вводятся понятия нечетких и вероятностных графов (гиперграфов) с многократными неопределенностями.

Для адекватного формального отображения граф-схем предлагается воспользоваться моде-

лю в виде функционального нечеткого графа или гиперграфа (в дальнейшем  $F$ - или  $F_g$ -графа).

$$F = \{V, R\} \text{ или } FG\{V, R\},$$

где  $V$  и  $R$  – множества функциональных вершин и функциональных ребер.

Для графа справедливы следующие уравнения

$$V = V_1 \cup V_2 \cup V_3 \cup V_4 \cup V_5 \cup V_6 \cup V_7,$$

а

$$R = R_1 \cup R_2,$$

где  $V_1$  – подмножество вершин, интерпретирующих воздействия окружающей среды на систему;  $V_2$  – подмножество вершин, интерпретирующих воздействия системы на среду;  $V_3$  – подмножество вершин, интерпретирующих изменяющиеся физико-химические параметры;  $V_4$  – подмножество вершин, интерпретирующих сигналы от датчиков элементов (ОЭ);  $V_5$  – подмножество вершин, интерпретирующих химические вещества, потребляемые системой из окружающей среды;  $V_6$  – подмножество вершин, интерпретирующих химические вещества, выделяемые системой в окружающую среду.

Множество гиперребер  $R$  состоит из следующих подмножеств:

$R_1$  – подмножество гиперребер, интерпретирующих физико-химические процессы в ОЭ;

$R_2$  – подмножество гиперребер, интерпретирующих локальные логические алгоритмы управления подмножествами ОЭ.

Статистические параметры и характеристики функционирования отдельных технологических звеньев в рассматриваемых моделях учитываются в основных свойствах нечетких и вероятностных графов и гиперграфов, определяемых нижеследующим образом.

Нечеткое множество на множестве  $V$  вершин  $F$ - или  $F_g$ -графа рассматривается как подмножество  $A$ , которому отвечает характеристическая функция вида  $\hat{g}_A: V \rightarrow [0, 1]$ . Для каждой  $x \in V$  значение  $\hat{g}_A(x)$  есть мера или степень принадлежности вершины  $x$  нечеткому подмножеству  $A$ , например, к нечеткому подмножеству исправных элементов.

Рассматривается также функция вида  $\hat{g}_x: V \rightarrow [0, 1]$ , которая для каждой вершины  $x \in V$  определяет вероятность исправного состояния соответствующего элемента.

Вероятностные  $F$ - и  $F_g$ -графы определяются как множества вершин со случайными отображениями. Морфизмы  $\upsilon: A \rightarrow B$  – случайные отображения, которые можно интерпретировать как стохастические матрицы. Строка матрицы соответствует элементам множества  $A$ , а столбцы – элементам из  $B$ . Каждый элемент  $\upsilon(a, b)$  матрицы и есть вещественное число на отрезке  $I = [0, 1]$ , которое можно рассматривать как вероятность того, что вершина  $a \in A$  инцидентна вершине  $b \in B$ . При этом для каждой  $a \in A$  должно выполняться естественное условие нормировки  $\aleph$ , означающее, что  $a$  инцидентна некоторой вершине  $b$ .

В соответствии с введенными обозначениями алгоритм логического управления записывается в форме неопределенного  $F$ - или  $F_g$ -графа, интерпретирующего композицию операций действия, ожидания и дополнения. Каждой операции в  $F$ - или  $F_g$ -графе ставится в соответствие числовая функция, определяющая вероятность соответствующего события или надежность соответствующего отдельного технологического элемента.

Для осуществления предложенного метода моделирования разработана специализированная тестовая оболочка, отличающаяся удобным интерфейсом, возможностью работы на различных компьютерных платформах с различными операционными системами, возможностью настройки на отдельные технологические звенья различных техногенных комплексов, а также большим количеством корректных типовых алгоритмов управления простейшими узлами, блоками и агрегатам гетерогенных систем.

Проведенный вычислительный эксперимент алгоритмов моделирования и анализа позволяет сделать вывод, что предлагаемая технология гомоморфных отображений функциональных графов позволяет оптимизировать структуру исследуемого объекта и провести проверку корректности алгоритмов логического управления.

### Экономические науки

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТАМОЖЕННОГО ВУЗА

Белоусова Т.И.

Владивостокский филиал Российской таможенной академии, Владивосток, e-mail: belousovata@mail.ru

Сегодня основной целью российского профессионального образования, в том числе и таможенных вузов является подготовка квалифицированного специалиста, способного

к эффективной профессиональной работе по специальности и конкурентного на рынке труда. Необходимо не только выпустить специалиста, получившего подготовку высокого уровня, но и включить его уже на стадии обучения в разработку новых технологий, адаптировать к условиям конкретной производственной среды.

Изучение инновационного опыта показывает, что активизация познавательной деятельности достигается в условиях тесной связи теории и практики. В этой связи, очевидна актуальность всех видов практик, что нашло отражение