УДК 656

Коптев А.А., Коптев А.Н., Петричко А.М.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ СЛОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

Задачи оперативного управления сложными производственными комплексами, как правило, не могут быть решены с помощью простых точных алгоритмических методов. В этих условиях, в рамках последних достижений в области создания систем искусственного интеллекта, для решения этих задач используется другой тип представления, сильно отличающийся от языка графического представления (сетевые графы). Необходимо такое представление, в котором все элементы задачи представлены без избыточности и многозначности. В этом случае пространство поиска решений X хорошо определено, прагматика и семантика задачи представлены в основном в формализованном виде. Задача становится и более абстрактной, и более строгой.

Задание пространства X означает в общем случае одновременное задание X и разрешённых операций над X. Знание X является определяющим в исходных данных.

С общих позиций, в наиболее формализованном виде условия задачи принятия решений математически могут быть записаны следующим образом: найти в заданном множестве X операторы x_1, x_2, …, x_n, удовлетворяющие множеству заданных ограничений K(x).

Решение этой задачи мало пригодно для практических нужд. Для её решения, как правило, эту формулировку необходимо перевести в другую форму, чтобы с учётом ограничений K(x) уменьшить размерность пространства X и улучшить практическое восприятие задачи.

Задача решается в процессе последовательных изменений представлений, причём последняя формулировка задачи даёт непосредственное её решение.

В рамках такой постановки задача производственное пространство содержит исходное состояние S_H, конечное состояние S_K и конечный перечень операторов f_i, которые позволяют перейти от одного состояния S_1 к другому S_2. Речь идёт о том, чтобы найти путь от S_H к S_K.

Переход от формальной постановки задачи к реальной требует особого знания специальных технических вопросов, что в свою очередь требует применение исчисления высших порядков или модальной логики. Решение задачи в рамках этого подхода является теоретической проблемой искусственного интеллекта. Предлагаемый подход базируется на ситуационном исчислении, предложенном в Стэндфордском исследовательском институте.

Ситуационное исчисление – это методика решения в рамках исчисления предикатов первого порядка таких логических задач, которые, обычно требуют применения исчисления высших порядков или модальной логики. Метод, посредством которого в ситуационном исчислении удаётся погрузить эти задачи высших порядков в рамки логики первого порядка, состоит во введении функциональных аргументов в предикаты. В частности, если имеется предикат первого порядка, скажем, двухместный предикат, то в ситуационном исчислении число аргументов повышаю на единицу с добавлением третьего места в предикате P, для нового аргумента, называемого переменной состояния:

$$P(x, y) \to P(x, y, s).$$

В общем случае, n-местный предикат заменяется на n+1-местный, всегда оставляя последнее место для переменной состояния, ассоциированной с этим предикатом. Рассмотрим в некотором абстрактном пространстве переменную состояния, которая может принимать значения (состояния) S_1, S_2, S_3, S_{17} и т.д. Эти состояния могут быть связаны в граф посредством различных операторов: f_1, f_2 и т.д. (рисунок 1).

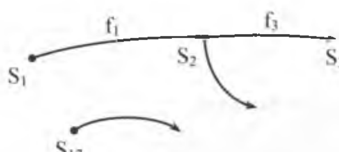

Рисунок 1 – Переменная состояния

Здесь f_1 означает переход из состояния S_1 в S_2 в результате действия оператора f_1.

Такого рода действия легко представляются в ситуационном исчислении, поскольку операторы отображают состояния на состояния.

Результаты применения таких операторов можно подставлять на место переменной состояния, точно так же, как и простую переменную.

В силу сказанного ситуационное исчисление, которое впредь будет обозначаться как SC, можно представить как пятёрку:

$$SC = (\check{R}, F, S, \alpha, \Omega).$$

Она состоит из множества предикатов $\check{R}$, множества операторов F, множества состояний S, систем аксиом α, множества объектов Ω.

Предикатные буквы P, Q и т. д., дополненные указанием аргументов, используются для записи выражений, которые могут быть истинными или ложными, как это принято во всех формализмах исчисления предикатов первого порядка. Операторы переводят состояния в состояния, а аксиомы α представляют систему аксиом специального вида. Рассматриваемые аксиомы – это не произвольные правильно построенные формулы исчисления предикатов, а формулы одного из двух типов.

Один тип аксиом таков:

$$P(x,s_1)\cdot(F(x,s_1)=s_2)\Rightarrow Q(x,s_2),$$

где $P,Q\in\dot{R},\ F\in\dot{F},\ S_1,S_2\in S$.

Аксиомы имеют следующий смысл: для того, чтобы применить оператор F в ситуации s_l, прежде всего необходимо выполнение условия P (начальное требование для применимости оператора F). После применения оператора F полученное состояние характеризуется предикатом Q. Таким образом, P – начальные условия, а Q – конечные условия по отношению к оператору F. Чтобы сделать аксиомы не зависящими от конкретного состояния s_1, можно в общем виде для произвольного состояния записать

$$\forall s\{P(x,s)\Rightarrow Q(x,F(x,s))\},$$

где используется подстановка F(x, s) вместо s_2, исключая обозначения двух конкретных состояний. Здесь s соответствует начальному состоянию s_1, а F(x, s) – конечному состоянию s_2.

Для описания начальной ситуации используются схемы аксиом вида

$$H(x,\ S_H),$$

где $H\in R;\ S_H\in S,\ x\in\Omega$.

Здесь S_H – конкретное начальное состояние, а индекс «*н*» заменяет слово «начальное»; x – элемент множества объектов – константа, имеющая существенное отношение к начальной ситуации. В каждое конкретное начальное условие может входить целый ряд объектов-констант. В свою очередь, H может представлять собой последовательность конъюнкций такого рода предикатов.

Задача ставится как теорема, которую следует доказать на основе аксиом ситуационного исчисления.

Ответ должен быть выдан в форме:

да,

$$S_K = F_1\,(x,\ F_2\,(x,\ \ldots,\ F_{n-1}\,(x,\ F_n\,(x,\ S_H))\ \ldots\ )) = F_1\,F_2\ \ldots\ F_n\,(x,\ S_H).$$

Таков вид решения задачи, поставленной в ситуационном исчислении.

Последовательность функциональных знаков должна пониматься как суперпозиция операторов, которые последовательно применяются к начальному состоянию и переводят его в конечное. Изобразим это графически. Пусть имеется начальное состояние S_H, а цель – достигнуть состояния S_K, т.е. некоторого желаемого конечного состояния. Графически наш вопрос означает: существует ли путь, ведущий из начального состояния в конечное (рисунок 2). В случае, изображённом на рисунке 2, ответ будет: да, это F_{10}, F_1, F_3, F_4. Меняя порядок записи, получаем:

$$S_K = F_4\, F_3\, F_1\, F_{10}\,(S_H).$$

Таков формализм ситуационного исчисления.

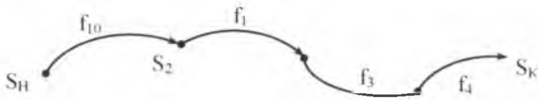

Рисунок 2 – Путь, ведущий из начального состояния в конечное

Это исчисление лежит в основе интеллектуального моделирования существенно отличаемого от традиционного сетевого моделирования. Сетевое моделирование является численным, в то время как интеллектуальное моделирование имеет много символьных процессов, оно использует поиск, управляемый по образцам, информация и управляющие функции разделены, что позволяет осуществить тестирование данных и проектирование эксперимента на модели.

Возможность создания на этой основе системы интеллектуального моделирования позволит эффективно решать задачи оперативного управления производством сложной продукции.