Условия контроля автоматов "почти" обходами

В.А. Козловский, О.М. Копытова

Институт прикладной математики и механики НАН Украины, Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

kozlovskii@iamm.ac.donetsk.ua, omkop@list.ru

Контрольные эксперименты с автоматами и их обобщения - представления обычно рассматриваются относительно достаточно богатых по “неисправностям” классов. При этом наблюдается значительное различие в сложности построения и оценках параметров экспериментов в зависимости от выбора класса. Можно выделить два существенно различных случая: 1) случай, когда практически всякий обход по дугам автомата является контрольным экспериментом; 2) случай, когда обход по всем дугам автомата является лишь необходимым условием для контрольного эксперимента и далеко не гарантирует, что обход-эксперимент будет контрольным. Во втором случае существенно возрастает сложность построения минимальных контрольных экспериментов и распознавания таких экспериментов, превращая последнюю задачу в NP-полную [1].

В докладе рассматривается задача описания таких классов ”неисправностей”, для которых всякий обход по дугам автомата-эталона либо является контрольным экспериментом этого автомата, либо может быть достроен до него приписыванием к обходу произвольного вход-выходного слова длины, не превосходящей некоторой константы m, определяемой классом и эталоном. Такие контрольные эксперименты и будем называть "почти" обходами порядка m.

Под автоматом понимаем систему $A=(S,X,Y,\delta,\lambda)$, где S, X, Y – алфавиты состояний, входов и выходов соответственно, а $\delta: S\times X\to S$, $\lambda: S\times X\to Y$ – функции переходов и выходов. Функции автомата обычным образом распространяются на множество X^*.

Будем говорить, что вход-выходное слово w = (p,q) порождается состоянием s автомата A, если $q=\lambda(s,p)$. С каждым состоянием s ассоциируется автоматное отображение λ_s, которое понимаем как множество всех вход-выходных слов, порождаемых этим состоянием. Автомат A задаем списком дуг его графа переходов, и под дугами понимаем четверки (s,x,y,t) = u , где $t=\delta(s,x)$, $y=\lambda(s,x)$, и пара (x, y) называется отметкой дуги u.

Множество W вход-выходных слов назовем экспериментом автомата A, если $W\subseteq\lambda_s$ для некоторого $s\in S$. Его длину (сумму длин его слов) обозначим l(W). Пусть F некоторый класс автоматов. Эксперимент W называется контрольным для (A,F), если в любом автомате из класса F, порождающем этот эксперимент, найдется подавтомат, эквивалентный A. Каждый эксперимент определяет в порождающем его автомате совокупность путей, исходящих из соответствующего состояния. Дуги автомата, входящие в такие пути будем считать покрытыми таким экспериментом, и кратностью дуги в эксперименте называем число ее появлений в соответствующих эксперименту путях. Если эксперимент покрывает все дуги графа,то его назовем обходом автомата. Окрестностью состояния $s\in S$ назовем множество тех состояний автомата, которые достижимы из s или из которых достижимо s по некоторому $x\in X$, включая само s. Каждой дуге u автомата A поставим в соответствие некоторое множество состояний O_u, содержащее окрестность начала этой дуги, а объединение всех таких множеств обозначим через O(A). Класс автоматов, полученных из автомата A заменой концов дуг (s,x,y,t) = u состояниями из O_u обозначим LO(A) и назовем локально определенным. Автомат назовем локально диагностируемым, если для любой его дуги u и любых s, t из O_u и $x\in X$ $\lambda(s,x)\neq\lambda(t,x)$. Пусть некоторое состояние r такого автомата A имеет (глобальный) начальный идентификатор (x,y), т.е. никакое другое состояние автомата не порождает эту вход-выходную пару. При этих условиях справедлива

Теорема. Эксперимент для (A,LO(A)) является контрольным тогда и только тогда, когда он является обходом A , в котором для любого слова эксперимента дуга, покрытая этим словом последней, имеет кратность в обходе больше 1.

Таким образом, для указанного случая всякий эксперимент, являющийся “почти” обходом порядка 1, контрольный.

Следствие. Длина минимального контрольного эксперимента W при указанных условиях удовлетворяет неравенствам: $mn+1\le l(W)\le mn+1+(m-1)n(n-1)/2$, где m, n число состояний и входов автомата соответственно, и обе оценки достижимы.

Можно показать,что теорема может быть обощена на существенно более широкий класс фрагментов поведения автоматов – представлений автоматов [1]. В этом случае место экспериментов занимают частичные автоматы, гомоморфно отображающиеся в автоматы класса – фрагменты поведения, а контрольные эксперименты обобщаются до представлений. Можно также показать, что для групповых автоматов при условии сохранения свойства “быть групповым автоматом” теорема может быть усилена отказом от приставки “почти” с соответствующей корректировкой следствия.

1. *Грунский И.С., Козловский В.А.* Синтез и идентификация автоматов.- Киев: Наукова думка, 2004.- 246 с.