

УДК 007:159.955

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ДОСТИЖИМОСТИ ДЕРЕВА ЦЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

М.А. Щербаков, В.А. Кушников

Саратовский государственный технический университет

e-mail: maxi201@yandex.ru

При решении задач управления сложными техническими объектами как производство листового стекла, относящимися к классу больших систем, часто возникает необходимость в научном обосновании правильности выбора целей и задач, достигаемых в процессе функционирования разрабатываемой системы управления. Традиционно данная проблема решается на основе системных исследований, позволяющих оценить возможность достижения поставленной генеральной цели, а также провести ее декомпозицию до уровня задач, с решения которых можно начать операцию по достижению выбранной цели [1].

Проведенный в [2,3] анализ методик построения деревьев целей показал, что большинство из них восходит к машинно-информационной системе ПАТТЕРН, разработанной специалистами компании RAND. Совершенно очевидно, что многие текущие и надвигающиеся проблемы при изготовлении листового стекла останутся нерешенными, пока мы не будет создан и применены информационные системы и средства подготовки решений, соответствующие тем изменениям, которые происходят и будут происходить на предприятиях по производству стекла.

Накопленный за истекшие десятилетия опыт практического использования моделей и методов программно-целевого управления выявил ряд особенностей ПАТТЕРН и родственных ей систем, негативно влияющих на оперативность и качество управленческих решений, принимаемых на основе анализа дерева целей. Так стало очевидным, что процесс достижения каждой цели может зависеть от большого количества различных взаимосвязанных условий, проверка выполнения или не выполнения которых представляет собой весьма сложную логическую задачу. Достаточно часто эти условия известны лишь ограниченному кругу специалистов, плохо поддаются формализации и могут значительно изменяться во времени. Так, например, на возможность успешной реализации локальной цели, связанной с ликвидацией аварийных ситуации, возникшей в результате отказа технологического оборудования или возникновение дефектов на отдельных стадиях процесса изготовления стекла, оказывает влияние несколько десятков факторов, входящих в состав многочисленных условий, формируемых оперативно-диспетчерским персоналом предприятия на основе личного опыта, знаний особенностей объекта и системы управления, интуиции и т.д.

Указанное обстоятельство обуславливает необходимость разработки и внедрения в составе специализированного математического обеспечения, используемого при оперативном управлении производством листового стекла, новых моделей и алгоритмов, позволяющих проанализировать как отразиться на достижении генеральной цели изменение тех или иных элементов целевой структуры, факторов или условий и преодолеть указанные трудности.

Допустим, что процесс достижения цели G_{ch} характеризует дерево целей, построенное по одной из методик [3] в виде ориентированного графа $G(V,A)$ (V - вершины графа, соответствующее достигаемым целям; A - дуги графа). Две произвольно взятые вершины $V_i, V_j \in V$ соединены дугой с началом в i и концом в j в том случае, если между целями ch_i, ch_j , соответствующим вершинам $V_i, V_j \in V$, существует отношение предшествования v^* и ch_i предшествует ch_j .

Допустим также, что для каждой вершины графа $v_i \in G(V, A)$ известно множество условий $cond_i \in \{COND\}$, препятствующих или способствующих достижению локальной цели ch_i и сформулированных в виде следующих продукций:

Цель ch_i будет достигнута (не достигнута), если выполнены (<условие 1>: = f) h (<условие 2>: = f) h..h(<условие n >) (1)

($f_i, i = \overline{1, n}$ – логико-лингвистические переменные, заданные на множестве $F = \{\text{«выполнено»}; \text{«не выполнено»}\}$; n – мощность множества $Cond_i$, т.е. количество условий, влияющих на процесс выполнения цели ch_i ; H – логико-лингвистическая переменная, заданная на множестве $\{\text{«AND»}; \text{«OR»}, \text{«NOT»}\}$; AND, OR, NOT – логические операции конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, соответственно; $\{COND\}$ – множество условий, влияющих на процесс достижения цели G_{ch}).

При необходимости каждое <условие i >, $i = \overline{1, n}$ может быть представлено экспертами в виде дерева целей G_i , которое формируется по тем же правилам, что и граф $G(V, A)$.

С учетом сделанных допущений содержательная постановка решаемой задачи имеет следующий вид. Необходимо разработать математические модели и алгоритмы, позволяющие в течение времени ΔT , отведенного ЛПП на обоснование способа достижения поставленной цели G_{ch} , при наличии большого количества условий, влияющих на процесс достижения G_{ch} , выполнить следующие действия:

- оперативно проверить возможность достижения генеральной цели G_{ch} в текущий момент времени с учетом всех условий множества $\{COND\}$, влияющих на процесс ее осуществления;
- оперативно проверить возможность достижения генеральной цели при заданном наборе условий $cond_i \in \{COND\}, i = \overline{1, k}$, состоящем из k элементов.

В основу разрабатываемой формальной модели положено допущение, что каждая цель ch_i может быть достигнута только после того, как будут достигнуты все цели, с которыми ch_i связана на графе $G(V, A)$. Исходя из этого условия, граф $G(V, A)$ описывается системой продукций: Начало алгоритма; На графе $G(V, A)$ определить вершину v^* с нулевой полустепенью захода $d^-(v^*) = 0$. На дереве целей эта вершина соответствует генеральной цели G_{ch} ; На графе $G(V, A)$ определить все вершины $v_{m0}, v_{k0}, v_{h0}, v_{l0} \in V$, соединенные дугами с вершиной v^* . В формируемую продукционную модель записать условие: цель G_{ch} будет достигнута, если достигнуты цели, соответствующие вершинам графа $v_{m0} \text{ AND } v_{k0} \text{ AND } v_{h0} \dots \text{ AND } v_{l0}$; Для вершины v_{m0} , определить все вершины $v_{m1}, v_{k1}, v_{h1} \dots v_{l1}$, соединенные дугами с вершиной v_{m0} ; В формируемой модели записать условие: цель v_{m0} будет достигнута, если достигнуты цели, соответствующие вершинам графа $v_{m1} \text{ AND } v_{k1} \text{ AND } v_{h1} \dots \text{ AND } v_{l1}$; Продолжить формирование продукционной модели, пока не будут достигнуты конечные вершины графа $G(V, A)$, с нулевой полустепенью исхода $d^+(v_k) = 0$; В формируемую модель добавить продукции (1), описывающие условия, влияющие на процесс достижения целей ch_i ; Конец алгоритма.

Полученной системе продукций в соответствие ставится логическая функция $f(v_1, v_2, \dots, v_k)$, которая принимает значение «1» при выполнении цели G_{ch} , и значение 0

– при ее не выполнении. Каждый аргумент v_i этой функции также может принимать единичное или нулевое значение, что будет означать выполнение или не выполнение тех или иных факторов, влияющих на процесс достижения целей ch_i , входящих в состав графа $G(V, A)$.

Для логической функции $f(v_1, v_2, \dots, v_k)$ построим цифровое устройство на базе конъюнкторов, дизъюнкторов и инверторов, имеющее ту же таблицу состояний, что и функция $f(v_1, v_2, \dots, v_k)$. При помощи цифрового устройства, практическая реализация которого может быть осуществлена как программным, так и аппаратным путем, ниже решаются следующие задачи:

- оценивается возможность достижения цели G_{ch} при большом количестве условий (1), выполнение которых сложно проверить логически;
- при необходимости составляется альтернативный план мероприятий по достижению цели G_{ch} ;
- формируются новые условия, при выполнении которых цель G_{ch} может быть достигнута.

Оценка возможности достижения цели G_{ch} . На текущий момент времени определяются уже достигнутые цели $ch_i \in G(V, A)$, а также проверяется выполнение условий (1). На вход цифрового устройства подаются единичные сигналы, соответствующие уже достигнутым целям и выполненным условиям, и нулевые сигналы, соответствующие не достигнутым целям и не выполненным условиям.

Формирование альтернативного плана мероприятий по достижению поставленной цели. В начале выполняется оценка возможности выполнения намеченного плана мероприятий M_1 , позволяющего достигнуть цель G_{ch} . Если существующий план по тем или иным соображениям не устраивает ЛПР, то выполняются следующие действия:

- по разработанной выше методике формируется логическая функция $f(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$, принимающая значение «1» – при выполнении и «0» – при не выполнении плана;
- при помощи преобразования выражений булевой алгебры, функция $f(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$ преобразуется к функции $f^*(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$ так, чтобы таблицы истинности совпадали;
- M_1 корректируется таким образом, чтобы он соответствовал $f^*(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$;
- по логической функции $f^*(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$ синтезируется новое цифровое устройство, на основе которого проверяется возможность выполнения нового плана мероприятий M^* . Если данный план не удовлетворяет ЛПР, то формируется новая логическая функция $f^*(v_{1a}, v_{2a}, \dots, v_{ka})$ и так до тех пор, пока ЛПР не остановит процедуру автоматизированного синтеза нового плана мероприятий.

Проиллюстрируем процедуру синтеза цифрового устройства, используемого для анализа плана мероприятий M_1 , практическим примером. Допустим, что в процессе ликвидации аварийной ситуации, связанной с процессом варки-выработки при изготовлении стекла, предстоит реализовать план мероприятий M_1 , граф $G_1(V, A)$ которого приведен на рис.1.

Имеем:

ПЛАН M_1 БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ НЕ ПРОИЗОШЛО СБОЕВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕРОПРИЯТИЯ M_2 OR M_3 ; M_2 (свойства листового стекла в зависимости от варки-выработки) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ

МЕРОПРИЯТИЯ M4 AND M5 AND M6; M4 (механические свойства стекла) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M7(плотность от 2,45 – 2,55 г/см³) AND M8 (боя не более 40%) AND M9 (содержание окислов железа 0,08-0,13%); M5 (оптическое свойство) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M9 (светопропускание для прозрачных стекол от 0,84 – 1); M6 (химическая устойчивость) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M10(содержание водорода в защитной атмосфере 2,7-6%) AND M1 (температура стекломассы в выработочном канале 1114 - 1120 °C); M3 (пороки листового стекла) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M12 OR M13; M12 (твердые включения) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M18 (стекловидные) OR M19 (не стекловидные (камни)); M13 (газообразные включения) БУДЕТ ВЫПОЛНЕН, ЕСЛИ ВЫПОЛНЕННЫ МЕРОПРИЯТИЯ M14 (неполное удаление газообразных продуктов разложения шихты) OR M15 (вторичное разложение составных частей стекломассы и взаимодействие ее с печными газами) OR M16 (не произошло попадание воздуха в стекломассу) OR M17 (нет присутствия в стекломассе металлического железа).

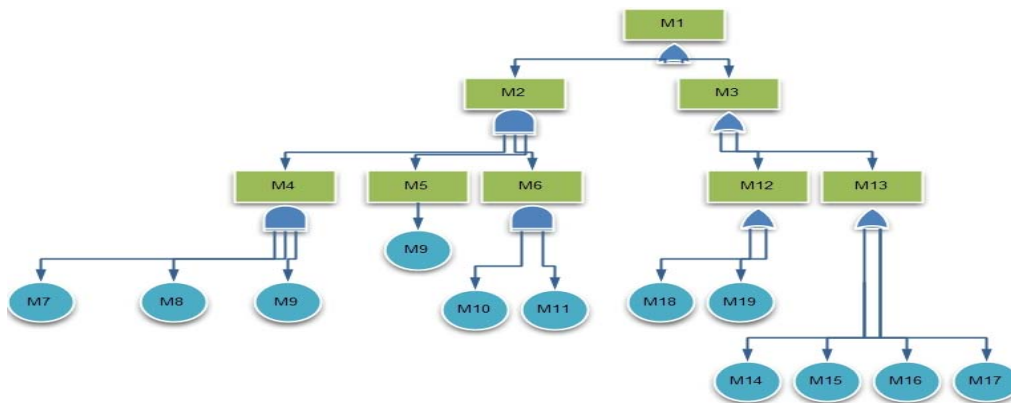


Рис.1. Фрагмент плана мероприятия при изготовлении листового стекла

Задавая на входе цифрового устройства различные комбинации входных сигналов, можно анализировать степень выполнения плана M₁, а также определить его так называемые «узкие места», т.е. отдельные еще не выполненные мероприятия и условия, препятствующие успешному осуществлению всего плана в целом.

Литература

1. Моделирование и управление в сложных системах : сб. науч. ст. / Саратов. гос. техн. ун-т ; отв. ред. В. А. Кушников. - Саратов : СГТУ, 2004. - 103 с. : ил. ; 20 см. - ISBN 5-7433-1389-X.
2. Системное проектирование радиоэлектронных предприятий с гибкой автоматизированной технологией / Волкова В.Н., Градов А.П., Денисов А.А. и др. Под ред. Мясникова В.А. и Темникова Ф.Е. М.: Радио и связь, 1990. - 296 с.
3. Голованов О.В., Зотов Е.А., Майков Г.П. и др. Совершенствование программно-целевого управления в приборостроении // Изв.АН СССР Автоматика и телемеханика. 1987.- №4. - С.66-74.