

Созданные в данной работе файлы содержат поля, значениями которых являются выражения, используемые при создании системы меню, компоненты структурной формулы, уравнения границы области и ее участков в виде логических формул, описания геометрических, физических и аналитических объектов и др.

Для реализации указанной системы знаний используется система управления базами данных Visual FoxPro 5.0. Общение пользователя с системой организовано в форме диалога, который обеспечивает поиск в базе знаний необходимой информации, обработку ее, построение программы на языке RL, выдачу результатов на средства отображения информации.

Разработанная система основана на правилах или имеет вывод, использующий сопоставление по образцу. Такие системы называют продукционными. Знания в системе представлены набором правил, имеющих вид:

если <условие>, то <действие> ,

где условие задано на экране, а действие — совокупность команд, управляющих ходом решения задачи. Так, выбор структуры решения задачи осуществляется с использованием правил следующего вида:

ЕСЛИ краевые условия первого рода

И точное удовлетворение краевым условиям

И тело однородное

ТО выбрать структуру 1,

где структура 1 находится в одном из файлов базы правил. Вся необходимая пользователю в ходе диалога информация отображается на экране в виде системы меню и вопросов.

УДК 621.391(07), 658.12.512.011

ЗАДАЧА СОСТАВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СБОРНЫХ ПАЧЕК ПРИ ЭКСПЕДИРОВАНИИ ИЗДАНИЙ

КУЗЬМЕНКО В.М., НЕНЬКО Л.Ф.

Рассматривается задача составления оптимального расписания формирования сборных пачек при экспедировании периодических изданий. Разработан эвристический алгоритм составления расписания, основой которого являются теоремы теории расписаний. Алгоритм используется в АС почтовой связи.

Процесс экспедирования периодических изданий включает следующие основные операции: прием тиражей изданий, сортировка по местам накопления и обработки, формирование сборных пачек и посылов в адрес получателей, формирование посылов по маршруту доставки, отправки получателям. При управлении экспедированием необходимо решать задачи выбора оптимального количества поточных линий обработки изданий, оптимального ритма экспедирования и оптимального графика формирования сборных пачек.

Пользователь выбирает маршрут решения краевой задачи, осуществляя выбор пунктов меню и вводя ответы на вопросы, задаваемой системой. В зависимости от выбора пользователя система выбирает алгоритм, а затем строит программу решения поставленной задачи. Для информирования пользователя о ходе процесса решения задачи предусмотрена система подсказок-сообщений, а также визуализация результатов.

Система ориентирована не на специалистов, а в первую очередь на инженеров-технологов, конструкторов, испытателей, может применяться в научных исследованиях, инженерных расчетах и учебном процессе.

Литература: 1. Грицюк Е.М., Шевченко Л.П. Регионально-аналитический метод моделирования тепловых процессов в поршнях ДВС// Вестник ХГПУ, 1999, Вып. 47. С.142-144. 2. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко Е.Л. Диалоговые системы и представление знаний. К.: Наук. думка, 1993. 445 с.

Поступила в редколлегия 25.04.2000

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Авраменко В.П.

Грицюк Екатерина Марковна, аспирантка кафедры информатики Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка специализированных диалоговых систем. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Сумская, 40, тел. 40-29-25.

Шевченко Людмила Петровна, канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующая кафедрой информатики Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка специализированных диалоговых систем. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Сумская, 40, тел. 40-29-25.

Пачки n_{*}^l , сформированные на поточных линиях обработки газет, поступают на ручной участок, где из них в контрольные сроки $t^k(3_{ij}^l)$ формируются сборные пачки n_{ij}^l ($n_{ij}^l = (3_{ij}^l < h)$), т.е. поступление пачек n_{*}^l задаёт для ручного участка некоторое множество работ $A^l = \{A_{ij}^l\}$ по формированию сборных пачек n_{ij}^l . Каждая такая работа A_{ij}^l характеризуется: τ_{ij}^l — продолжительностью формирования сборных пачек n_{ij}^l ; a_{ij}^l — количеством затрат труда в единицу времени; $t^k(n_{ij}^l)$ — контрольным сроком окончания формирования сборной пачки. Несвоевременность выдачи сборных пачек приводит к потерям по формированию маршрутов, которые могут быть оценены штрафом α_{ij}^l за сдвиг момента времени формирования сборной пачки. Ручной участок в z -м промежутке времени располагает ресурсами P_{py} , которые необходимо равномерно использовать в планируемом промежутке времени, т.е. необходимо обеспечить равномерную

загрузку бригад в планируемом промежутке времени z ($z = 1, Z$). Отклонение от суммарной величины используемых ресурсов R_{py} оценивается удельной величиной β штрафа.

Работы по формированию сборных пачек n_{ij}^l независимы между собой и не допускают разрывов при выполнении.

Необходимо определить такую последовательность формирования сборных пачек n_{ij}^l , чтобы сумма штрафов за сдвиг сроков окончания работ по формированию сборных пачек была минимальной, т.е. максимально стабилизировать выполнение работ в заданные сроки. Кроме того, необходимо свести к минимуму колебания ресурсов, используемых в любой момент времени вокруг заданной величины, т.е. стабилизировать использование имеющихся ресурсов.

В такой постановке данная задача является многоцелевой задачей теории расписаний и согласно [1] носит название задачи стабилизации. В [1] предлагается следующий подход к ее решению, который основан на использовании метода динамического программирования [2]. Решение задачи рассматривается в динамике, при этом весь процесс делится

на g шагов с величиной шага оптимизации $S = \frac{t^k}{g}$. Решение достигается при минимальном значении целевой функции:

$$F_3 = \min_{z_1, \dots, z_g} \sum_{\pi=1}^g [f_{\pi}(z_{\pi}) + \psi_{\pi}(R_{py}, z_{\pi})], \quad (1)$$

где z_{π} — множество работ на π -м шаге оптимизации ($\pi = 1, g$); $f_{\pi}(z_{\pi})$ — функция общих затрат за сдвиг работ множества z_{π} ; $\psi_{\pi}(R_{py}, z_{\pi})$ — функция общих затрат за отклонение суммарной величины используемых ресурсов от R_{py} .

Ограничениями в задаче являются следующие условия:

$$\bigcup_{\pi=1}^g z_{\pi} = \{A_{ij}^l\}; \quad (2)$$

$$\forall i \in I [\gamma_i = \text{const} \mid a_i = \text{const} \mid \gamma_i \equiv 0(\text{mod } S) \mid n_i \equiv 0(\text{mod } S)]; \quad (3)$$

$$\forall i \in I \exists t \in (1, 2, \dots, m) \left[\bigcap_{k=t}^{t+\gamma_i} z_k \neq \emptyset \right]. \quad (4)$$

Алгоритм решения задачи (1)-(4) состоит [1] в определении таблицы оптимальных стратегий z_k путём вычисления по рекуррентному соотношению:

$$\begin{aligned} \lambda_k(\varepsilon_k) = & \min_{z_k^{(pl)}} \left\{ \sum_{i \in z_{plk}} \alpha_i a_i t_i + \right. \\ & + \sum_{i \in \Phi_k^{(pl)}} \alpha_i a_i + \beta |V| + \sum_{i \in z_k^{(pl)}} a_i | + \\ & \left. + \lambda_{k+1}(\varepsilon_{k+1}) \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

По таблице оптимальных стратегий определяется наилучший вариант последовательности выполнения работ с точки зрения минимизации функции (1) при заданном начальном соотношении ε_1 .

Данный алгоритм решения задачи (1) – (4) не может быть использован при оперативном управлении работой ручного участка, так как имеет длительное время выполнения [1]. Используя этот алгоритм при планировании работы ручного участка, удается получить на каждый плановый промежуток времени $T_{пл}$ оптимальный объём ресурсов R_{py} (бригад рабочих), перечень работ A_{ij}^l по формированию сборных пачек n_{ij}^l и последовательность их выдачи для формирования маршрутов отправки. Необходимо так распределить выполнение этих работ между исполнителями, чтобы свести к минимуму несвоевременность выдачи сборных пачек для формирования маршрутов, т.е. минимизировать функцию:

$$F' = \min_{l, i, j} \sum [\alpha_{ij}^l [t^*(n_{ij}^l) - t^k(n_{ij}^l)]], \quad (6)$$

где $t^*(n_{ij}^l)$ — фактическое время выдачи сборной пачки n_{ij}^l .

Рассмотрим более подробно особенности данной задачи. Каждая сборная пачка n_{ij}^l характеризуется

контрольным сроком окончания $t^k(n_{ij}^l)$ формирования и моментом готовности к формированию $t^c(n_{ij}^l)$, который определяется моментом

$t^c(n_{ij}^l) = t^{\Phi}(n_{z*}^l)$ фактического поступления на ручной участок последней из стандартных пачек n_{z*}^l , из которых должна быть сформирована сборная пачка. Так как формирование сборных пачек и передача их на формирование маршрутов отправки происходит в порядке следования заявок $3_{ij}^l < h$,

то для каждой пачки n_{z*}^l имеется набор сборных пачек n_{ij}^l с возрастающим резервом времени d_{ij}^l :

$$a_{i1}^l \leq a_{i2}^l \leq \dots \leq a_{ij}^l \leq \dots; a_{ij}^l = t^k(3_{ij}^l) - t^{\Phi}(3_{ij}^l). \quad (7)$$

Время формирования каждой из сборных пачек является линейной функцией ее размера: $\gamma_{ij}^l = q n_{ij}^l$ (q — коэффициент, учитывающий размерность сборной пачки). Так как размер сборной пачки n_{ij}^l

известен заранее, то величины τ_{ij}^l известны перед началом решения задачи. Каждая из сборных пачек готова к формированию в момент $t^{\Phi}(n_{z*}^l)$ прихода стандартной пачки n_{z*}^l , т.е. одновременно готовы к формированию только те из сборных пачек, которые входят в данную стандартную пачку n_{z*}^l :

$$N_l = \{n_1^l, n_2^l, \dots, n_{z*}^l\}, z^* = \overline{1, Z_k};$$

$$\sum_{z^* \in Z_k} n_{z^*}^l = \sum_{i \in I, j \in J} (3_{ij}^l < h), \quad (8)$$

где N_l – множество стандартных пачек, из которых состоит тираж издания, отправляемый для формирования сборных пачек; 3_{ij}^l – заявка на формирование сборной пачки; h – ее минимально-допустимый размер.

Основными ограничениями задачи являются:

1) сборная пачка формируется τ_{ij}^l времени без перерыва:

$$t^*(n_{ij}^l) = t^\mu(n_{ij}^l) + \tau_{ij}^l, \quad (9)$$

здесь $t^\mu(n_{ij}^l)$ – момент начала формирования сборной пачки;

2) каждая сборная пачка готова к формированию в момент прихода её соответствующей стандартной пачки:

$$t^\mu(n_{ij}^l) \geq t^\phi(n_{Z*}^l); n_{ij}^l \in n_{Z*}^l; \quad (10)$$

3) сборные пачки формируются последовательно друг за другом:

$$t^*(n_{ij}^l) \leq t^\mu(n_{ij+1}^l); \quad (11)$$

4) исполнитель не может одновременно выполнять более чем одну операцию по формированию сборной пачки:

$$\{(i, j, l) : \{i_1, j_1, l_1\} : k_{i_1 j_1}^l = k_{ij}^l, t^\mu(n_{i_1 j_1}^l) \leq t^\mu(n_{ij}^l) \leq t^*(n_{i_1 j_1}^l)\} \neq \emptyset\} = \emptyset. \quad (12)$$

Анализ характеристик технологического процесса формирования сборных пачек на ручном участке показывает, что при $\alpha_{ij}^l = \text{const}$ минимум функционала (6) достигается путем минимизации среднего временного смещения $\bar{L}$. Функционал (6) может быть представлен в следующем виде:

$$F' = \alpha_{ij}^l \min_{i,j,l} \sum [t^*(3_{ij}^l) - t^K(3_{ij}^l)]. \quad (13)$$

Сумму в выражении (13) представим в виде:

$$\sum_{l,i,j} [t^*(3_{ij}^l) - t^K(3_{ij}^l)] = N(3_{ij}^l < h) \times \sum_{l,i,j} [t^*(3_{ij}^l) - t^K(3_{ij}^l)] / N(3_{ij}^l < h) = N(3_{ij}^l < h) \bar{L},$$

где $N(3_{ij}^l < h)$ – общее количество сборных пачек.

$$\text{Тогда } F' = \alpha_{ij}^l N(3_{ij}^l < h) \min \bar{L}. \quad (14)$$

Следовательно, (6)-(12) сводится к задаче составления оптимального расписания при формировании сборных пачек на R_{py} рабочих местах. При этом, согласно изложенному, оптимальным будет то из расписаний, для которого минимально средневременное смещение $\bar{L}$.

Правила составления подобных расписаний для параллельно работающих исполнителей с одинаковой и разной производительностью получены в [3]. Однако они могут быть использованы при $t^2(n_{ij}^l) = 0$. Результаты составления расписаний

при $t^2(n_{ij}^l) \neq 0$, приведенные в [4,5], позволяют предложить для решения поставленной задачи следующий алгоритм, основанный на использовании ряда теорем теории расписаний [4]:

1) определяется ресурс времени работы исполните-

лей: $t^P = \sum_{r_{py}=1}^{R'_{py}} t_{r_{py}}^P$; $r_{py} = 1, R_{py}$; 2) для минимизации $\bar{L}$ согласно теореме 3.3 [4] все сборные пачки n_{ij}^l сортируются в соответствии с возрастанием плановых сроков;

3) в результате сортировки возможно следующее: а – равенство $t^K(3_{ij}^l) = t^K(3_{ij}^{l+1})$ плановых сроков готовности сборных пачек. В этом случае, если $P_l = P_{l+1}$, то первой формируется сборная пачка с меньшим γ_{ij}^l . Если же $P_l \neq P_{l+1}$, то первой формируется сборная пачка с большим приоритетом; б – если $t^K(3_{ij}^l) < t^K(3_{ij}^{l+1})$, но

$t^K(3_{ij}^l) - \gamma_{ij}^l > t^K(3_{ij}^{l+1}) - \gamma_{ij}^{l+1}$, то первой формируется сборная пачка с высшим приоритетом, а если $P_l = P_{l+1}$, то первой формируется сборная пачка с меньшим γ_{ij}^l ; 4) производится перераспределение сборных пачек для участков расписания, где максимальное запаздывание формирования сборных пачек равно нулю (согласно теореме 3.5 [4]); 5) производится совмещение моментов $t^*(3_{ij}^l)$ и $t^\mu(n_{ij}^l)$; 6) после распределения всех сборных пачек производится разбиение промежутка времени t^P на отрезки $t_1^P, t_2^P, \dots, t_{R_{py}}^P$.

В результате выполнения алгоритма производится распределение множества работ по формированию сборных пачек $A^l = \{A_{ij}^l\}$ между исполнителями согласно контрольным срокам $t^K(n_{ij}^l)$.

Литература: 1. Щербак А.Ф., Левин Г.Л., Волчек Б.А. К вопросу решения одного класса задач теории расписаний / Кибернетика, 1973. №5. С.126-127. 2. Черчмен У., Акоф Р., Арноф Л. Введение в исследование операций. М.: Экономика, 1970. 208 с. 3. Бурдюк В.Я., Шкурба В.В. Теория расписаний. Задачи и методы решения / Кибернетика, 1971. №1. С.89-102. 4. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний. М.: Наука, 1975. 360 с. 5. Шкурба В.В. О задачах упорядочения / Кибернетика, 1967. № 2. С. 68-73.

Поступила в редколлегию 10.04.2000

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Борячок М.Д.

Кузьменко Виктор Михайлович, канд. техн. наук, профессор университета, профессор каф. системотехники ХТУРЭ. Научные интересы: математическое и имитационное моделирование технологических процессов Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр.Ленина 14, тел. 40-93-06, 19-76-36.

Ненько Леонид Федорович, директор дирекции обработки и перевозки почты УГППС "УКРПОЧТА". Научные интересы: системы автоматизированного управления и информационные технологии. Адрес: Украина, 04999, Киев, ул. Петровзаводская, 2, тел. 220-06-74, 246-64-54.