

В США:

- количество задержанных нарушителей;
- количество нарушителей, отказавшихся от нарушения границы, что зафиксировано пограничным нарядами или датчиком;
- количество зафиксированных прорывов;
- количество незафиксированных пограничниками фактов нарушения границы;
- коэффициент рецидивизма;
- коэффициент эффективности предотвращения нарушений границы и др.

Литература:

1. *Гирник Е.С.* Развитие пограничной статистики в Европейском Союзе и США//Вопросы безопасности. – 2017. – № 6. – С. 36-56.
2. Основы государственной пограничной политики Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 25.04.2018 г. № 174 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43004> (дата обращения 20.10.2020).
3. Федеральный закон от 29 ноября 2007 г. № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учёте и системе государственной статистики в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/26570> (дата обращения 20.10.2020).
4. *Шумов В.В.* Иерархические и матричные модели пограничной безопасности//Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26. № 3. – С. 137-148.

Фурugian М.Г.

Планирование работ в многопроцессорной АСУ реального времени с несколькими типами ресурсов

Аннотация: Рассматривается комплекс работ, выполняемый в реальном масштабе времени с помощью многопроцессорной АСУ, состоящей из возобновляемых и не возобновляемых ресурсов. Каждая работа характеризуется длительностью и директивным интервалом. Определяются требуемые объемы ресурсов,

позволяющие полностью выполнять работы в своих директивных интервалах. Рассмотрены случаи, когда система состоит (а) только из возобновляемых ресурсов; (б) из возобновляемых и не возобновляемых ресурсов. Метод решения задач основан на сведении их к потоковой задаче в сети специального вида и задаче линейного программирования.

Ключевые слова: возобновляемые и не возобновляемые ресурсы, допустимое расписание, потоковая сеть

1. Введение

Задачам планирования работ и составления расписаний в многопроцессорных АСУ посвящено большое число публикаций. Отметим такие фундаментальные работы, как [1–3]. В них рассмотрены задачи построения расписаний как для однопроцессорных систем, так и для многопроцессорных, исследованы случаи, когда работы допускают прерывания и переключения с одного процессора на другой, так и случаи непрерываемых работ. Такие задачи возникают при решении различных проблем в самых разных областях деятельности человека. Например, при разработке и сопровождении сложных технических объектов (летательные аппараты, электростанции, робототехника), систем связи, конвейерных систем, систем ПВО и ПРО. Кроме того, задачи построения расписаний возникают при анализе больших массивов технической, экономической и экологической информации в реальном масштабе времени, в других областях. В [1–3] рассматриваются задачи распределения возобновляемых ресурсов.

Задачи распределения другого типа ресурсов, не возобновляемых, исследовались при разработке систем МКП (метод критического пути) и ПЕРТ (метод оценки и пересмотра плана) [4]. При этом были решены сложные задачи планирования, распределения ресурсов, установления сроков начала и окончания выполнения работ, связанных технологическими цепочками. Предполагалось, что длительность выполнения работы линейно зависит от объема выделенного ей ресурса.

В [5] рассмотрена задача планирования работ при наличии двух типов ресурсов, возобновляемых и не возобновляемых, которая

была сведена к задаче поиска потока минимальной стоимости в сети специального вида.

В настоящей статье рассматривается задача определения таких объемов ресурсов (возобновляемых и не возобновляемых) многопроцессорной системы, которые обеспечивают выполнение работ в заданные директивные сроки. Подобные задачи возникают при разработке вычислительных систем реального времени, в частности, бортовых систем.

2. Система с возобновляемыми ресурсами

В настоящем разделе рассматривается многопроцессорная система, состоящая только из идентичных процессоров, т.е. возобновляемых ресурсов. Имеется множество работ $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, подлежащих выполнению. Каждая работа $w_i \in W$, $i = \overline{1, n}$, характеризуется интервалом выполнения $[b_i, f_i]$, в котором она должна выполняться без прерываний одним процессором, начиная с момента времени b_i до момента времени f_i . Таким образом, весь интервал $[b_i, f_i]$ работа w_i должна выполняться каким-либо одним процессором. Процессор, выполняющий работу w_i , не может выполнять другую работу в интервале $[b_i, f_i]$. После завершения работы w_i процессор, выполнивший ее, может переключиться на выполнение другой работы. Для переключения процессора с работы w_i на работу w_j необходимо время τ_{ij} . В задаче требуется определить минимальное число процессоров, которые могут выполнить все множество работ W .

Для решения сформулированной задачи строится потоковая сеть $G = (V, A)$, где V – множество узлов, A – множество дуг. $V = \{s, t, a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n\}$, s – источник, t – сток, узлы a_i и b_i соответствуют работам $w_i \in W$, $i = \overline{1, n}$. $A = \{(s, a_i), (b_i, t), i = \overline{1, n}, (a_i, b_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}\}$, Дуга (a_i, b_j) присутствует в сети G в том и только том случае, когда после завершения работы w_i процессор, выполнивший ее, может выполнять работу w_j , т.е. если выполнено

соотношение $f_i + \tau_{ij} \leq b_j$. Пропускные способности всех дуг полагаются равными единице.

Лемма 1. Минимальное число процессоров, которые могут выполнить множество работ W , равно $n - k$, где k – величина максимального потока в сети G .

Таким образом, поставленная задача свелась к построению сети G и нахождению в этой сети максимального потока. Сложность предложенного алгоритма составляет $O(n^3)$.

3. Система с несколькими типами ресурсов

В этом разделе предполагается, что система состоит из m идентичных процессоров (возобновляемых ресурсов) и K типов не возобновляемых ресурсов. В каждый момент времени каждый процессор может выполнять не более одной работы, а каждая работа выполняется не более чем одним процессором. При выполнении работ допускаются прерывания и переключения с одного процессора на другой. Предполагается, что прерывания и переключения не сопряжены с временными затратами. Для всех работ $w_i \in W$, $i = \overline{1, n}$, установлен единый директивный интервал $[0, F]$ (т.е. работы могут выполняться только в этом интервале). Суммарное количество k -го типа не возобновляемого ресурса составляет R_k , $k = \overline{1, K}$. Если работе w_i выделено r_{ik} единиц не возобновляемого ресурса k -го типа, $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, то ее

длительность составляет
$$t_i = d_i - \sum_{k=1}^K a_{ik} r_{ik}, \quad \text{где } r_{ik} \in [0, \bar{r}_{ik}],$$

$\sum_{i=1}^n r_{ik} \leq R_k$, $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, $a_{ik} \geq 0$, $d_i > 0$, $\bar{r}_{ik} \geq 0$ – заданные

величины,
$$d_i - \sum_{k=1}^K a_{ik} \bar{r}_{ik} > 0.$$

Требуется найти такое распределение ресурсов r_{ik}^0 , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, при котором существует допустимое расписание (т.е. такое

расписание, когда каждая работа полностью выполняется в своем директивном интервале), или установить, что такого распределения ресурсов не существует.

Как следует из [1], необходимым и достаточным условием существования допустимого расписания в этом случае является

$$\text{выполнение неравенства } \sum_{i \in N} t_i \leq mF \quad \text{или} \quad \sum_{i \in N} (d_i - \sum_{k=1}^K a_{ik} r_{ik}) \leq mF,$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k=1}^K a_{ik} r_{ik} \geq \sum_{i \in N} d_i - mF. \quad \text{Пусть} \quad \sum_{i \in N} d_i - mF = B.$$

Тогда задача заключается в поиске такого распределения ресурсов r_{ik} , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, которое удовлетворяет системе линейных ограничений

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K a_{ik} r_{ik} \geq B, \quad \sum_{i=1}^n r_{ik} \leq R_k, \quad r_{ik} \in [0, \bar{r}_{ik}], \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, K}. \quad (1)$$

Таким образом, допустимое расписание существует тогда и только тогда, когда система линейных ограничений (1) имеет решение. Если задача (1) имеет решение r_{ik}^0 , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, то,

$$t_i^0 = d_i - \sum_{k=1}^K a_{ik} r_{ik}^0$$

определив и применив алгоритм упаковки [1], найдем допустимое расписание. Вычислительная сложность решения задачи (1), в которой nK переменных и $(nK + K + 1)$ линейных ограничений составляет $O((nk)^{4,5} \log(nKT_1))$, где T_1 – максимальное из чисел a_{ik} , \bar{r}_{ik} , B и R_k , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$.

4. Заключение

Исследована задача построения расписания выполнения комплекса работ при наличии двух типов ресурсов – возобновляемых (процессоров) и не возобновляемых. Разработаны алгоритмы нахождения требуемых объемов ресурсов, позволяющих полностью выполнить работы в своих директивных интервалах. Рассмотрены случаи, когда система состоит (а) только из возобновляемых ресурсов; (б) из возобновляемых и не

возобновляемых ресурсов. Метод решения задач основан на сведении их к потоковой задаче в сети специального вида и задаче линейного программирования.

Литература:

1. *Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М.* Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
2. *Brucker P.* Scheduling Algorithms. – Heidelberg: Springer, 2007. – 371 p.
3. *Лазарев А.А.* Теория расписаний. Оценка абсолютной погрешности и схема приближенного решения задач теории расписаний. – М.: МФТИ, 2008. – 222 с.
4. *Филипс Д., Гарсиа-Диас А.* Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
5. *Кононов Д.А., Фуругян М.Г.* Эффективное управление региональными проектами: распределение ресурсов и директивное планирование / Материалы двенадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем». MLSD'2019 (1–3 октября 2019 г., Москва, Россия). – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 811-813.

Говор М.В., Туманов А.Ю.

Алгоритм действий при проведении операций по ликвидации чрезвычайной ситуации на ПАО «Химпром»

Аннотация: В данной работе рассмотрены алгоритмы действий при проведении операций по ликвидации чрезвычайной ситуации на ПАО «Химпром» наиболее вероятных. А также предложен алгоритм действий структур, участвующих в локализации и (или) ликвидации последствий аварии на химически опасном объекте.

Ключевые слова: ликвидация, локализация, алгоритм, чрезвычайная ситуация, мероприятия, химическая авария

ПАО «Химпром» – это крупнейшее предприятие по производству продукции химии, которое находится по адресу: Чувашская республика, г. Новочебоксарск, ул., Промышленная 101.