

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХПРОМФИНПЛАНА

Л. А. САЕНКО, С. Н. ШЕЛЕШКОВА

(Киев)

Одним из этапов проектирования системы расчета показателей техпромфинплана является исследование информационной структуры системы* как необходимое условие определения последовательности счета на ЭВМ.

Выход системы — совокупность взаимосвязанных планово-экономических показателей. Анализ информационного состава выхода показывает, что сведения об одних и тех же затратах частично или полностью участвуют в расчете различных показателей. В то же время для формирования одного и того же показателя используется информация различных типов.

Вход системы — производственная программа предприятия, нормы расхода трудовых, материальных и прочих ресурсов — отличается массовостью использования.

Рассматриваемая система состоит из 64 взаимосвязанных задач (алгоритмов) и образует весьма сложную структуру с 365 информационными потоками. Каждая задача имеет отличное от других содержание: например, «Расчет сметы затрат на производство и себестоимости товарной продукции», «Расчет фонда заработной платы производственных рабочих», «Расчет потребности в материалах на основное производство».

В результате применения комплексного подхода в проектировании информационной системы [1] частные алгоритмы, описывающие расчеты по задачам, сохраняя свое индивидуальное назначение, подчинены требованиям выхода всей системы. Так, алгоритм расчета численности и фонда зарплаты ИТР и служащих использует в качестве исходной информации выходы алгоритмов расчета численности и фонда зарплаты основных производственных и вспомогательных рабочих, а также алгоритма расчета амортизационных отчислений, и в свою очередь вырабатывает информацию на вход нескольких алгоритмов, в том числе сводного расчета плана по труду и зарплате цеха, завода, расчета сметы затрат на производство и себестоимости, расчета прочих денежных расходов и др.

Таким образом, с точки зрения информационных взаимосвязей отдельные алгоритмы являются относительно обособленными частями общего комплекса расчетов. Их обособленность определена самостоятельным экономическим значением рассчитываемых показателей техпромфинплана, а относительность проявляется в использовании выходной информации для расчета других показателей.

Эти две стороны каждого алгоритма позволяют как цельную систему рассматривать весь комплекс расчетов, каждый элемент которой подчинен требованиям общей цели.

* Под структурой системы понимается способ взаимодействия потоков информации в системе.

В работе предлагаются графический метод представления информационной структуры системы и алгебраический аппарат для анализа подобных систем. В качестве математического аналога структуры системы расчета показателей техпромфинплана используется сеть взаимосвязанных событий. События в сети интерпретируют задачи системы. Линии связей между событиями — переходы от задачи к задаче по смежной* информации. Сеть содержит 64 события с 365 линиями связи.

Исследование информационной структуры системы включает следующие этапы: I. Выявление автономных задач; II. Поиск и разрыв замкнутых информационных путей; III. Установление рангов задач.

Выявление автономных задач. Автономными назовем задачи, алгоритмы которых не используют и не передают другим смежную информацию. В комплексе расчетов показателей техпромфинплана автономными являются, например, следующие задачи: «План производства выпуска продукции по заводу», «Расчет загрузки сталеплавильных печей».

Всего таких задач пять. Все остальные задачи воспринимают информацию от других задач системы или передают информацию им. Ниже речь будет идти только о задачах такого типа.

Поиск и разрыв замкнутых информационных путей. Ввиду того, что каждая задача x_i является узлом с несколькими входящими потоками u_{ij} (линиями связи сети), счет ее может быть начат только тогда, когда все потоки информации на ее входе будут получены. Из этого вытекает необходимость предварительного завершения расчетов по задачам, передающим информацию задаче x_i .

В большой системе расчета, характеризующейся пересечением потоков информации, вследствие ошибок** при формировании исходного множества задач (участков алгоритмизации), а также других причин, о которых будет сказано ниже, возможно появление следующей ситуации: из двух задач x_1 и x_2 для x_1 требуется выходная информация задачи x_2 , а для x_2 — задачи x_1 .

Наличие ситуации такого рода свидетельствует о существовании в системе замкнутого информационного пути, который мы назовем контуром. В таких случаях проблема установления очередности счета задач усложняется в связи с необходимостью обнаружения и разрыва контуров. Отметим, что в контур могут входить две или несколько задач.

Множество задач $\{X_i\}$, образующих контур K_l , называем задачами l -контура: $\{X_i\} \rightarrow K_l$. Контуров могут быть смежными, т. е. такими, для которых общими являются две или более задач.

Пучком параллельных линий связи u_{ij} называем множество потоков смежной информации, у которых совпадают номера предшествующей и последующей задач***. Мощность пучка характеризуется числом $[P]_i^{11}$.

Возникновение контуров в системе может быть вызвано рядом причин. Основные из них: наличие обратных связей задач в соответствии с экономическими методиками расчета; ошибки в формировании исходного множества задач, возникающие из-за невозможности учесть взаимозависимости между расчетами во времени при разбиении всей задачи на участки алгоритмизации.

В процессе исследования структуры расчета показателей техпромфинплана обнаружено 18 контуров, включающих 14 задач. Графическое изо-

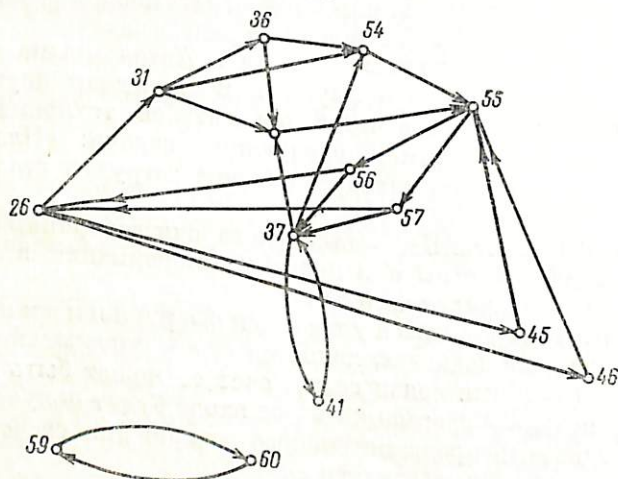
* Смежной информацией называем информацию, вырабатываемую одним алгоритмом для передачи другому.

** Речь идет об ошибках, предупреждение которых невозможно на ранних стадиях проектирования системы.

*** Номер задачи и события в сети однозначно совпадают.

бражение их приведено на рисунке. Как видно на рисунке, часть задач входит одновременно в более чем один контур и образует смежные контуры.

Последовательность счета при реализации комплекса задач на ЭВМ не может быть установлена без предварительного разрыва замкнутых информационных потоков в системе. Поэтому после обнаружения контуров необходимо устранить их. Разрыв контура производится путем снятия определенной линии связи в сети (потока смежной информации системы).



Участок разрыва контура (линии связи u_{ij}) выбирается в зависимости от ряда конкретных условий и требований, которые определяют рассматриваемую цепь взаимосвязей. Назовем их:

1. Число P параллельных линий связи контура K_l . Целесообразно разрывать контур по пучку u_{ij} , где $P(u_{ij}^{K_l}) = \min \{P(u_{ij}^{K_l})\}$.

2. Анализ контуров, смежных с K_l . Рационально ликвидировать пучок u_{i^*j} , общий для смежных контуров. При этом снятием u_{i^*j} одновременно будут разомкнуты все смежные контуры, включающие этот пучок.

3. Возможность подготовки первичной информации, эквивалентной потоку смежной информации u_{i^*j} контура, с целью замены второй на первую. Это требование играет роль в том случае, когда причиной появления контура является наличие обратных связей в экономических методиках расчета.

Для принятия окончательного решения о способе разрыва контура следует учитывать указанные требования наряду с конкретными знаниями экономической природы расчетов.

Установление рангов задач. В системе расчета с достаточно большим числом алгоритмов (задач) и информационных потоков между ними оказывается невозможным установить последовательность счета на ЭВМ без анализа всех информационных связей на основе единого подхода. Локальное решение, не учитывающее хотя бы одну информационную связь в системе, не удовлетворяет в общем случае решению системы в целом. Поэтому эффективным может быть только метод комплексного анализа всех взаимосвязей, основанный на исследовании структуры системы.

Результатом такого анализа системы расчета показателей техпромфинплана явилась сеть, отражающая очередность поступления смежной информации системы на базе распределения задач по рангам.

Задачи распределяются по восьми R -рангам. Каждому рангу принадлежат в общем случае n_R задач системы $n_R \leq n$; n — число задач системы. Задачи R -го ранга могут передавать информацию задачам $R+1$, $R+2$, $R+3$, ... рангов и получать информацию от задач $R-1$, $R-2$, $R-3$, ... рангов. Ранг задачи полностью определяет уровень ее зависимости от всех потоков смежной информации системы. Следовательно, более высоким рангом обладают те задачи, алгоритмы которых описывают более высокую степень обработки информации системы. Поэтому, например, алгоритмы «Расчета сметы затрат на производство и себестоимости товарной продукции», «Расчета основных финансовых показателей», пользующихся информацией всех задач системы, обладают самым высоким рангом.

Сеть взаимосвязанных событий, имитирующая структуру системы расчета показателей техпромфинплана, образованная потоками смежной информации системы, есть ориентированный граф $G_1(X, U)$, где X — множество вершин x_i (задач системы), причем $[i]_1^n$ — конечное множество; U — множество дуг u_{ij} (потоков смежной информации системы), причем $[j]_1^m$ — конечное множество; дуга u_{ij} , инцидентная вершинам x_i , x_j с направлением $i \rightarrow j$, называется входящий в вершину x_j и выходящей из вершины x_i [2].

Параллельные линии связи сети взаимосвязанных событий соответствуют параллельным дугам графа $G_1(X, U)$. Число их для двух граничных вершин находится в интервале $[0, 11]$. Оценка числа параллельных дуг вершин необходима для ликвидации контура графа для каждой пары соседних вершин необходима для ликвидации контура. Однатуров как одно из условий, определяющих способ разрыва контура. Однако на первом и втором этапах анализа при обнаружении контуров в графе ко на первом и втором этапах анализа оказывается несущественным. Принимается во внимание только наличие или отсутствие линии связи (дуги). Поэтому метод выполнения этих работ будем рассматривать на модификации исходного графа $G_2(X, U)$, в котором $\max P(u_{ij}) = 1$ для каждой пары x_i и x_j граничных вершин.

В качестве интерпретации графа, обеспечивающей поиск решения, используется матрица смежной информации системы, обозначаемая через M_1 :

$$M_1 = (\delta_{ij}); \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{ij} \in G_2(X, U), \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Номера строк и столбцов матрицы M_1 соответствуют номерам вершин графа $G_2(X, U)$. Строки M_1 описывают задачи, которые передают информацию другим задачам, столбцы — задачи, принимающие информацию от других задач. Размерность матрицы M_1 составила 64×64 . Практическая выгода использования матрицы смежной информации становится очевидной при рассмотрении формализованного метода анализа.

В соответствии с этапами анализа I—III используются три последовательно применяемых оператора: $F1$ — для определения автономных задач системы, $F2$ — для обнаружения контуров в ней, $F3$ — для определения рангов задач системы. Всем строкам и столбцам матрицы присваиваются взаимоисключающие знаки $\oplus$, $\ominus$ (активности или пассивности). Операторы $F1$, $F2$, $F3$ работают только с активными строками (столбцами).

Оператор $F1$ последовательно сжимает матрицу M_1 по следующему принципу. Просматриваем строки M_1 . Если для i^* -й строки $\delta_{i^*j} = 0$, то просматриваем элемент столбца $j^* = i^*$. Если $\delta_{i^*j^*} = 0$, то строке i^* и столбцу j^* присваивается знак $\ominus$. Число просмотров ограничивается числом активных столбцов матрицы M_1 . Отсюда следует вывод, что множество

номеров $i^* = j^*$, для которых $\delta_{ij^*} = 0$ и $\delta_{i^*j} = 0$, образует множество номеров автономных задач системы.

Оператор $F2$ включает три действия. Действие 1: просматриваем активные столбцы M_1 в порядке $j = 1, 2, \dots, n$. Если для столбца $\delta_{ij^*} = 0$, то столбцу j^* и строке $i^* = j^*$ присваивается знак $\ominus$. Это действие производится до тех пор, пока при очередном просмотре матрица не будет содержать столбцов, для которых $\delta_{ij^*} = 0$.

В случае, если $\{j\oplus\} = \emptyset$ (случай 1), граф $G_2(X, U)$ не содержит контуров и оператор $F2$ заканчивает работу.

В случае, если $\{j\oplus\} \neq \emptyset$ (случай 2), переходим к действию 2.

Замечание. В результате применения к матрице M_1 оператора $F1$ и действия 1 оператора $F2$ в случае 2 получаем квадратную матрицу M_2 меньшей размерности за счет удаления из графа $G_2(X, U)$ изолированных вершин и вершин без входящих дуг относительно действия 1.

Действие 2: инвертируем матрицу M_2 и применяем к ней действие 1. Полученную матрицу назовем M_3 .

В случае 1 $\{j\oplus\} = \emptyset$ граф $G_2(X, U)$ не содержит контуров и оператор $F2$ заканчивает работу. В случае 2 $\{j\oplus\} \neq \emptyset$ граф $G_2(X, U)$ содержит контуры. Переходим к действию 3, описывающему процесс отыскания контуров.

Замечание. В результате применения к матрице M_1 действия 1 и 2 в случае 2 получаем граф $G(X, U)$, неприводимый относительно процедур 1 и 2. Доказательство этого утверждения приводится в работе [3].

Матрицу M_3 назовем матрицей контуров, а множество ее элементов $\delta_{ij} = 1$ — опорным множеством. Последнее может включать дуги, исходящие из одних и тех же вершин, например: $x_{26} - x_{31}$; $x_{26} - x_{45}$; $x_{26} - x_{46}$.

Действие 3: для элементов $\delta_{ij} = 1$ полученной матрицы строим путь графа по принципу $(x_a - x_b)(x_b - x_c) \dots, (x_f - x_a)$ $i = a, b, \dots, f$; $j = b, c, \dots, a$, составленному дугами, исходящими из вершин, впервые встретившихся при просмотре опорного множества. Этот путь обязательно замкнется, т. е. содержит контур K_i . Фиксируем последнюю дугу $u_{f,a}$ обнаруженного контура и в матрице M_3 элемент $\delta_{f,a}$ заменяем на 0. К полученной матрице применяем правила 1 и 2. Оператор $F2$ заканчивает свою работу, когда множество элементов матрицы, поступающих на начало действия 3, становится пустым.

Замечание. В результате целенаправленного циклического процесса 3, 1, 2 обнаруживаются все различные контуры графа. Если граф содержит смежные контуры, то они обнаруживаются в цикле 3 без последующего применения правил 1 и 2 при построении всех возможных путей, составленных из элементов опорного множества.

Оператор $F3$ завершает анализ. Исходной информацией для определения рангов задач системы является матрица смежной информации, скорректированная на наличие контуров и автономных задач. Целенаправленный перебор элементов этой матрицы по алгоритму $F3$ подчинен следующему правилу.

Просматриваем все активные столбцы в порядке $j = 1, 2, \dots, n$. Если для столбца j^* $\delta_{ij^*} = 0$, то столбцу j^* и строке $i^* = j^*$ присваиваем знак $\ominus$. На каждом шаге (в общем случае S -м) указанное правило выполняем до тех пор, пока не просмотрены все активные столбцы исходной матрицы. После каждого S -го шага всем столбцам (строкам) матрицы, получившим на S -м шаге знак $\ominus$, присваиваем число S , равное R , т. е. рангу задачи. Алгоритм заканчивает работу, если все события исходной сети получили признак R .

Замечание. Нулевые столбцы матрицы сложной информации соответствуют начальным вершинам [2] графа относительно оператора $F3$ на S -м шаге. Ранг $R = S$ присваивается вершинам графа, которые в результате шага S становятся изолированными.

На основе топологического упорядочения по алгоритму $F3$ строим сеть очередности использования смежной информации системы. Описанный алгоритм анализа информационной структуры системы ($F1$, $F2$, $F3$) легко реализуется вручную для графа порядка 200—300 событий. При использовании ЭВМ он служит примером автоматизации одного из этапов проектирования большой системы взаимосвязанных расчетов, а также имеет другие приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Саенко. Особенности проектирования системы взаимосвязанных расчетов на примере автоматизированной системы расчета показателей техпромфинплана. Материалы Всес. теорет. конф. по эконом. кибернетике. М., 1966 (ротапринт).
2. К. Берг. Теория графов и ее применения. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
3. В. А. Перепелица. Алгоритм выделения элементарных контуров на ориентированном графе без петель. Научн. тр. Новосибирск. гос. ун-та, 1965, № 5.

Поступила в редакцию
24 X 1966