

АВТОМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ СТРУКТУР СЛОЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОМПЛЕКСОВ

В. Г. Новиков

Ю. П. Банаев

Харьков

Метод автоматического моделирования и распознавания структур* сложных промышленных изделий и комплексов** разработан, как органическая часть проекта автоматизированной системы управления предприятием с дискретным типом производства.

А. Постановка вопроса

Радиотехнические, приборостроительные, машиностроительные и многие предприятия других отраслей в настоящее время выпускают довольно сложные изделия и комплексы. При этом под сложными понимаются изделия и комплексы, состоящие из $1 \cdot 10^3$ и более элементов.

Например, телевизор «Электрон» по составу элементов находится в пределах указанного числа, тепловоз ТЭП-60 $\approx 2 \cdot 10^4$ элементов. В то же время некоторые радиотехнические и другие комплексы по своему составу превышают последний на порядок и выше.

В технической подготовке производства таких изделий и комплексов, технико-экономическом планировании, материально-техническом обеспечении, оперативно-календарном планировании, учете и управлении производством решение основных задач связано с работой над их структурами с узлованием и разузлованием***. Например: в конструировании и выпуске опытной партии изделий и комплексов, учете и анализе применяемости составляющих их элементов; расчетах изделий и комплексов на технологичность, в технологической подготовке серийного производства, расчетах цикловых графиков сборки; сводном нормировании трудоемкости и расхода материалов, комплектующих элементов; калькулировании себестоимости (плановой и фактической) изделий и комплексов; формировании подетально-узловых программ завода и цехов на определенные плановые периоды; учете и регулировании выпуска изделий и комплексов, а также в их комплектации.

* Под структурой понимается топология состава изделия или комплекса из множества последовательно узлуемых (соединяемых) элементов (деталей, узлов, приборов, агрегатов).

** Комплексу соответствуют или некоторые крупные семейства сложных изделий, или большие технические системы.

*** Под разузлованием понимается процесс, обратный узлованию, т. е. расчленение изделий на составляющие их элементы.

Это далеко не полный перечень решаемых при управлении предприятием задач на основе состава производимых изделий и комплексов.

Однако даже в указанном перечне можно заметить, что результаты решений большинства из перечисленных задач являются основополагающими критериями в деятельности предприятия. Для дальнейших рассуждений выделим этот весьма широкий круг задач в класс, так называемых, структурных задач и обозначим его через S .

В традиционных системах управления производством сложных изделий и комплексов, как правило, решение данного класса задач осуществляется путем обработки вручную весьма объемных ведомостей, конструкторских и других документов, характеризующих их состав и принципы узлового из элементов.

Такая постановка решений при современных темпах не только тормозит, но и приводит к некоторым несоответствиям в производственных процессах.

В этом случае необходимо применение электронных вычислительных машин ЭВМ и автоматизированных систем управления предприятием АСУП, как инструментария эффективного решения задач управления производством с необходимой к тому оптимизацией.

АСУП, являясь информационной системой, требует качественного информационного отображения структуры целевой функции производства, т. е. отображения тех множеств, структурно и функционально зависимых элементов, которые соответствуют выпускаемым изделиям и комплексам. Поэтому, на наш взгляд, при создании АСУП первоочередно должно рассматриваться решение задач класса S с центральными процессами моделирования и распознавания структур.

В настоящее время применяются методы отображения состава узлового и разузлования изделий на ЭВМ посредством:

а) построения характеристических матриц применяемости составляющих элементов изделия;

б) двухмакетного формирования массивов составляющих элементов по степеням (уровням) вхождения их в изделия.

Однако с позиций современной постановки вопроса, когда АСУП должна работать в режиме, близком к реальному масштабу времени, указанные методы при обработке на ЭВМ сложных изделий и комплексов не удовлетворяют поставленным требованиям скоротечности решений: первый — в силу значительной неопределенности в последовательностях вхождения элементов друг в друга на разных уровнях узлового; второй — из-за наличия многократных и тяжелых сортировок, в процессах узлового и разузлования.

Эти обстоятельства определили поиск эффективного по времени и качеству метода узлового и разузлования состава сложных промышленных изделий и комплексов в процессах решения задач класса S на ЭВМ.

Б. Основные посылы

В результате исследования конструктивного состава, процессов узлового и разузлования некоторых изделий и комплексов с целью формализации и постановки решения задач класса S на ЭВМ было установлено:

1) сложные изделия и комплексы можно выразить некоторыми конечными множествами структурно или функционально связанных между собой элементов;

2) отражение структурных или функциональных связей вхождений элементов (узлования) в изделия и в комплексы достаточно формализуется средствами теории графов;

3) в различных связях структур изделий и комплексов, как правило, наблюдается значительная повторяемость элементов, что создает избыточность информации.

К категории этих элементов относятся стандартизованные и заимствованные приборы, узлы и детали;

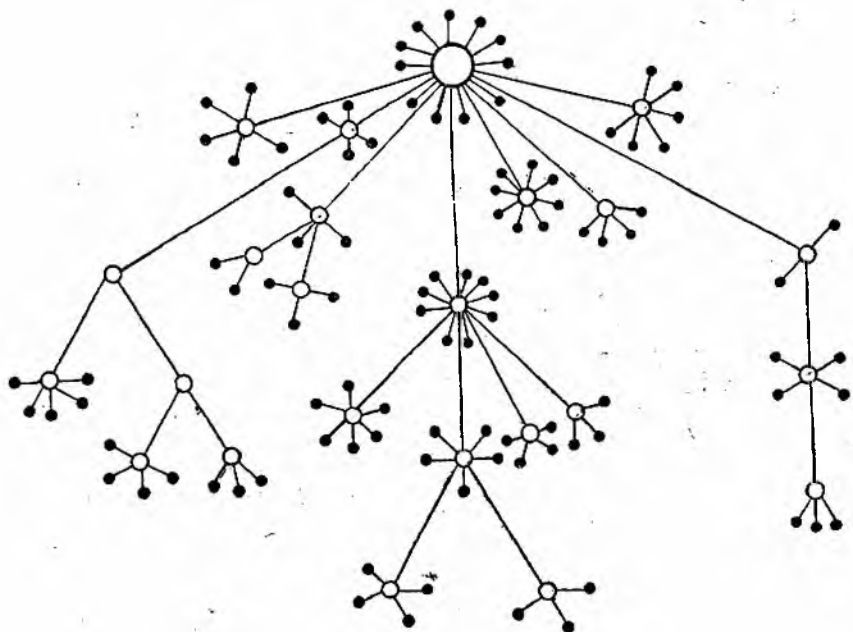


Рис. 1.

4) ввиду наличия больших множеств элементов, составляющих изделия и комплексы, и ограничения по времени на процессы их узлования и разузования необходимо, чтобы эти процессы в ЭВМ обладали хорошей избирательностью;

5) как видно из пп. 1 и 2, для полного отражения структур изделий и комплексов необходимо и достаточно перейти к их рассмотрению в трехмерном пространстве.

Тогда, выразив все составные части изделия в виде конечных и упорядоченных множеств вершин, а их конструктивные и функциональные связи ребрами, получим топологию состава изделия в виде конечного объемного графа — дерева с корнем*. Пример такого графа (в плоском представлении) структуры электробритвы «Харьков-5» показан на рис. 1.

В практике структуры большинства сложных изделий вообще трудно изобразить графически. Например, граф состава тепловоза ТЭП-60 будет содержать $\approx 2 \cdot 10^4$ вершин соединенных ребрами.

Аналогом ему может лишь служить большое природное дерево.

Топология комплекса в таком случае выразится сложным пространственным графом — лесом деревьев.

* Дерево с корнем понимается как связанный неориентированный объемный граф без циклов с некоторой вершиной U_i , называемой корнем дерева.

Отсюда испытывается необходимость в разработке метода моделирования и распознавания подобных структур с применением ЭВМ.

б) Так как высокая сложность изделий и комплексов повсеместна и требует при их моделировании на ЭВМ широкоразвитой памяти, поэтому при разработке метода необходимо учитывать случаи ограниченных возможностей последней.

В. Общее решение

Метод автоматического моделирования и распознавания структур сложных промышленных изделий и комплексов разработан в плане посылок раздела Б с некоторой универсализацией алгоритмов решения.

В общем виде суть метода состоит в следующем:

1. Допустим, необходимо смоделировать на ЭВМ структуру некоторого комплекса Q весьма сложных существенно пересекающихся между собой изделий U_i , где $i = 1, 2, \dots, \tau - 1, \tau$ (τ — номер изделия в комплексе).

При этом каждое изделие состоит из множества элементов:

а) узлов и агрегатов y_j^r ,

где r — показатель ранга вхождения y_j в изделие.

Показатель $r = 1$, означает непосредственное вхождение узла (агрегата) в изделие; при $r \geq 2$ указываются узлы последующих ступеней вхождения в изделие, т. е. через узлы y_j^1 и y_j^2 и другие.

$$1 \leq j \leq \varphi;$$

б) деталей d_k , входящих или в U_i или в y_j^r .

$$1 \leq k \leq \psi$$

(φ, ψ — целые положительные числа).

2. Выражение отношений элементов y_j^r и d_k в структурах обычно имеют двухместное значение по принципу «что входит», «куда входит» и другие.

Обозначим эти отношения следующими знаками:

а) $y_j^r \supseteq d_k$ — знак $\supseteq$ означает, что деталь d_k является частью узла y_j^r ;

$y_j^r \supseteq y_j^{r+1}$ — узел y_j^{r+1} является частью узла y_j^r ;

$U_i \supseteq y_j^r$ — узел y_j^r является частью изделия U_i ;

б) d_k / y_j^r — означает, что деталь d_k раньше узла y_j^r ;

y_j^r / y_j^{r+1} — узел y_j^r раньше узла y_j^{r+1} ;

y_j^r / U_i — узел y_j^r раньше изделия U_i ;

в) $d_k \rightarrow y_j^r$ — означает, что деталь d_k предопределяет узел y_j^r ;

$y_j^{r+1} \rightarrow y_j^r$ — узел y_j^{r+1} предопределяет узел y_j^r ;

$y_j^r \rightarrow U_i$ — узел y_j^r предопределяет изделие U_i .

По условию п. В1 и в силу посылки п. Б3 все множества $U_1, U_2, \dots, U_i$ при отображении на некотором универсальном множестве Θ между собой пересекутся, как показано на рис. 2.

При этом каждое пересечение, обозначенное через E_σ будет характеризовать степень применимости его элементов в изделиях комплекса-

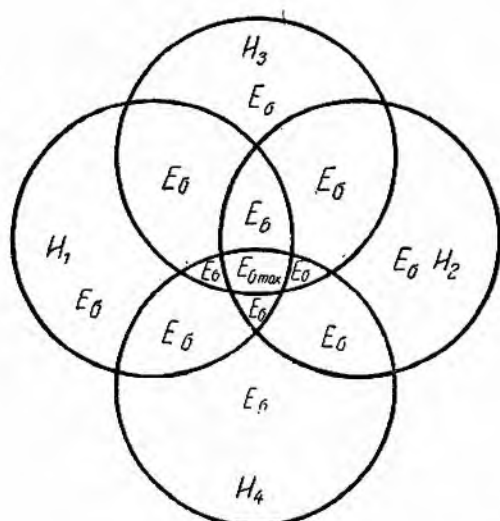


Рис. 2.

Если каждому E_σ поставим в соответствие число h_σ , т. е. частоту повторения его элементов во всем комплексе и по h_σ упорядочим E_σ в исходной информации так, как показано на рис. 3, то такое эвристическое правило, примененное при моделировании структуры комплекса на ЭВМ, позволит вести построение леса комплекса в оптимальном режиме. В этом случае кроны деревьев в лесу комплекса сплетутся.

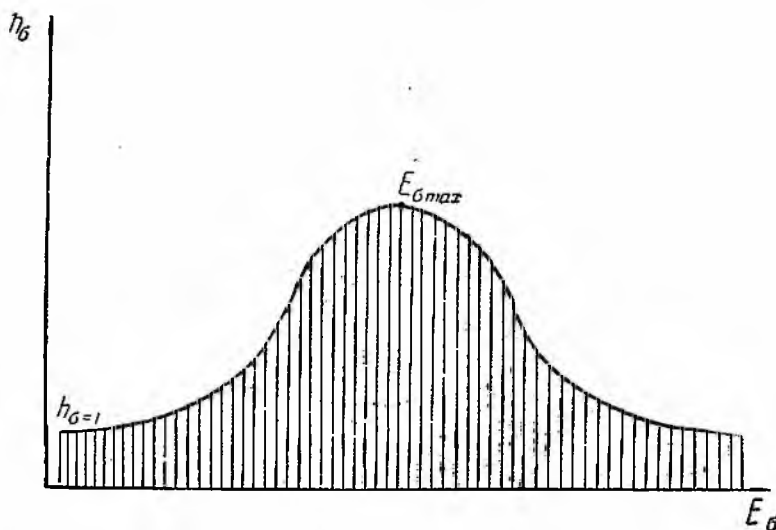


Рис. 3.

В результате получится сжатое объемное отображение структур U_i в памяти ЭВМ в виде сложного объемного графа с циклами. Назовем его мультиграфом и обозначим G .

В дальнейшем на базе такого мультиграфа можно вести автоматическое распознавание смоделированных в нем структур.

Рассмотрим алгоритмы машинного решения задач в порядке последовательности их исполнения.

Г. Алгоритм подготовки исходной информации

Перечисленные в пункте В2 двухместные отношения элементов кодируются на машинные носители информации с угловых спецификаций сборочных, монтажных и других чертежей с сопутствующей связке информацией.

В общем виде структура каждого сообщения на носителях следующая:

$$I_t = R_1 \supseteq R_2 \wedge N_2 \wedge M_2, \quad (1)$$

где I_t — сообщение отношения о паре элементов;
 $1 \leq t \leq x$ — количество элементов в комплексе;
 R_1 — регистр информации с кодовым значением элемента более старшего ранга;
 R_2 — регистр информации с кодовым значением элемента низшего ранга;
 N_2 — регистр информации со значением количества вхождения элемента низшего ранга в высший;
 M_2 — сопутствующая информация об элементе из R_2 ; в нашем случае межцеховой маршрут элемента;
 $\wedge$ — знак конъюнкции, означающий необходимую совместимость значений в информационных регистрах, соединенных им.

Все I_t в процессе кодирования на машинные носители контролируются на правильность, после чего из них формируются определенные массивы.

Д. Упорядочение информации с целью квазиоптимизации формирования на ЭВМ мультиграфа G

Закодированная по (1) на носители информация содержит следующие типы сообщений:

$$U_i \supseteq y_j \wedge n_i^r \wedge \langle m_z \rangle_i^r; \quad (2)$$

$$U_i \supseteq d_k \wedge n_k \wedge \langle m_z \rangle_k; \quad (3)$$

$$y_j^r \supseteq y_j^{r+1} \wedge n_i^{r+1} \wedge \langle m_z \rangle_i^{r+1}; \quad (4)$$

$$y_j^r \supseteq d_k \wedge n_k \wedge \langle m_z \rangle_k; \quad (5)$$

$$y_j^{r+1} \supseteq d_k \wedge n_k \wedge \langle m_z \rangle_k, \quad (6)$$

где n_i^r , n_i^{r+1} и n_k — суть количества соответствующих элементов низшего ранга, входящих в изделие или элементы высших рангов;

$\langle m_z \rangle_i^r$, $\langle m_z \rangle_i^{r+1}$, $m_z \rangle_k$ — кортежи кодов цехов в последовательности технологии прохождения по ним соответствующих элементов изделий.

По решению п. В3, было установлено, что при условии п. В1 появляются всевозможные комбинации пересечений множеств и что каждое пересечение E_s характеризует число h_s — степень применяемости элементов E_s в комплексе изделий.

Эти числа можно установить еще до начала процесса моделирования структур в памяти ЭВМ. При установлении h_i одновременно показывается избыточность информации I_i , которую можно не только не вводить в ЭВМ, но и вообще не кодировать на носители.

Кроме этого здесь же решается вопрос квазиоптимизации предполагаемого к моделированию мультиграфа G .

Осуществляется это следующим образом.

Из всей информации выбираются носители с сообщениями типа (2). Кодовые значения y_i' из регистра R_2 заносятся в память ЭВМ.

Затем путем последовательного просмотра каждому y_i' ставится в соответствие число h_i его повторений в исходном массиве.

В памяти ЭВМ все кодовые значения нормально упорядочиваются (за исключением повторившихся) по значению h_i так, как показано на рис. 3.

В результате ЭВМ выдает на печать список упорядоченных y_i' , согласно которому и готовится информация. Сообщения в последовательности видов (6), (5), (4) выделяют в отдельный массив P с необходимой к тому группировкой по регистрам R_1 и R_2 . При этом повторяющиеся элементы из P исключаются.

Информация с сообщениями вида (2) и (3) группируется в подмассивы по регистру R_1 и формируется в массив L .

Подготовленная таким образом информация соответствует алгоритму автоматического моделирования на ЭВМ сложных структур.

Е. Алгоритм автоматического моделирования структур сложных изделий и комплексов

Подготовленная упорядоченная согласно п. Д исходная информация вводится в ЭВМ в последовательности P/L с соответствующим контролем.

При вводе P и L обрабатываются программой «автомоделирования».

В результате такой обработки, начиная с самых низших рангов y_i' , в памяти ЭВМ последовательно формируется мультиграф G , представляющий собой модель объемного отображения совмещенных структур изделий и комплексов.

При этом в G организуются взаимно-соответствующие множества:

1) Γ — множество деталей.

В ЭВМ оно представляет собой некоторый массив памяти « γ » со сжатой по алгоритму [8] информацией,

$$\gamma_k = -(d_k \wedge \langle m_z \rangle_k), \quad (8)$$

где

γ_k — адрес метки информации о k -й детали в массиве « γ »;
 $\text{sign} \langle - \rangle$ — метка начала информации, служит для автоматического чтения информации;

$(d_k \wedge \langle m_z \rangle_k)$ — информация из регистров R_2 и M_2 сообщения вида (6), (5) и (3).

Тогда множество Γ можно представить в виде кортежа меток

$$\Gamma = \langle \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k, \dots, \gamma_{\psi-1}, \gamma_{\psi} \rangle. \quad (9)$$

2) B — множество узлов и сборок.

В памяти ЭВМ оно представляется массивом « β » со сжатой, согласно работе [8], информацией

$$\beta_i = -(y_i' \wedge \langle m_z \rangle_i \wedge f_i'), \quad (10)$$

где β_j^r — адреса меток информации о j -м узле r -го ранга;
 $y_j^r, < m_z >_j^r$ — информация из сообщений (6), (4);
 f_j — выражение взаимного и количественного соответствия элемента $y_j^r \in B$ с элементами $y_j^{r+1} \in B$ и $d_k \in \Gamma$, или множество его следа на собственном массиве « β » и на массиве « γ ».

$$f_j = \{ \langle (\exists \beta_j^{r+1} \in B) [\beta_j^{r+1}, n_j^{r+1} \beta_j^r] \rangle \langle (\exists \gamma_k \in \Gamma) [\gamma_k, n_k \beta_j^r] \rangle \}, \quad (11)$$

где n_j^{r+1}, n_k — количественные отношения (β_j^{r+1}) и, соответствующие $\beta_j^r \in B$.

3) A — множество изделий.

В памяти ЭВМ оно представляется массивом « α » со сжатой, согласно работе [8] информацией

$$\alpha_i = - (U_i \wedge m_i \wedge f_i), \quad (12)$$

где f_i — выражение взаимного и количественного соответствия элемента $U_i \in A$ с элементами $y_j^r \in B$ и $d_k \in \Gamma$, или множество его следа на массивах « β » и « γ ».

$$f_i = \{ \langle (\exists \beta_j^r \in B) [\beta_j^r, n_j^r \alpha_i] \rangle \langle (\exists \gamma_k \in \Gamma) [\gamma_k, n_k \alpha_i] \rangle \}, \quad (13)$$

где n_j^r, n_k — количественные отношения β_j^r и γ_k , соответствующие $\alpha_i \in A$.

Графическая интерпретация этих множеств и самого мультиграфа показана на рис. 4.

Схематически процесс автомоделирования можно показать так:

$$\begin{array}{ccccc} G \leftarrow U_i \leftarrow y_j^r \leftarrow y_j^{r+1} \\ \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\ d_k \quad d_k \quad d_k \end{array} \quad (14)$$

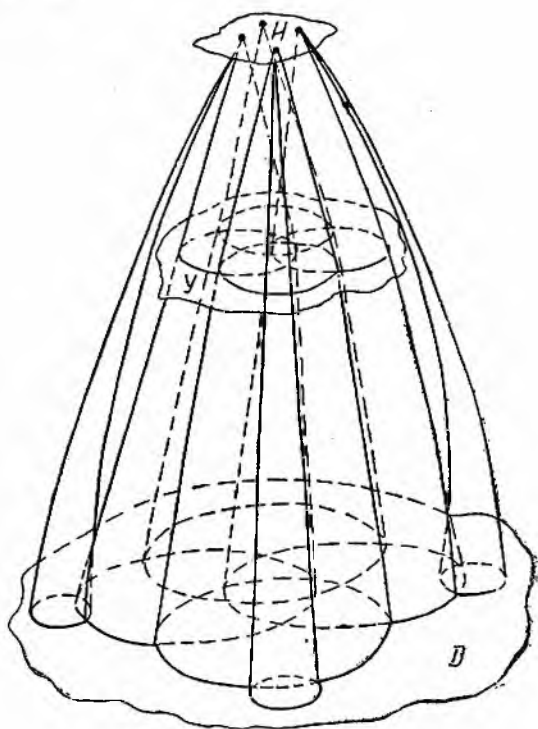


Рис. 4.

Мультиграф G в процессе моделирования запоминается на внешних накопителях (НМЛ) в виде лентотеки состава изделий (ЛСИ), которые затем корректируются и обновляются в зависимости от конструкторских и других изменений, а также по мере сохранности на них информации. При появлении новых изделий и комплексов мультиграф может дополняться по этой же программе.

Проверку правильности автомоделирования структур можно осуществлять визуально и логически путем выпечаток на АЦПУ подграфов на отдельные изделия и узлы. Следует указать на полную автоматизацию в этом случае работ по выпуску групповых и сводных конструкторских спецификаций на изделия, которые сейчас в основном составляются вручную. При установлении достоверности смоделированного в памяти ЭВМ мультиграфа G , можно приступать к решению на ЭВМ всех ранее перечисленных задач с автоматическим распознаванием составов изделий и комплексов.

Ж. Алгоритм процесса автоматического распознавания состава изделий и комплексов

Алгоритм автоматического распознавания состава изделий состоит из выделения в ранее смоделированном мультиграфе G полных структур отдельных или некоторых групп изделий. Для отличия распознаваемых кодов изделий и их элементов договоримся обозначать U_i^t, y_i^t , где знак $\downarrow$ означает изделие, u_i — узел y_i структуры которых необходимо распознать в ЭВМ. Процесс автоматического распознавания полных структур изделий по существу является обратным процессу автомоделирования.

1. В массиве памяти «а» при условии, что он как-то упорядочен эвристически отыскивается соответствующая метка необходимого к распознаванию изделия или группа меток для целого ряда изделий в таком порядке:

а) Определяется первое вероятностное местоположение в «а» метки, соответствующей заданному к распознаванию U_i . Это необходимо потому, что информация в массиве «а» записана уплотненно с переменным шагом. Кроме того, таким путем ускоряется процесс распознавания, особенно при больших массивах.

Для этого, в зависимости от значения кода изделия, необходимого к распознаванию, определяется вероятностная близость его местоположения к начальной ячейке α_1 массива или к конечной α_r путем выбора и сравнения значения кода изделия, записанного в начальной или конечной ячейках при условии, что в значениях кодов существует какая-то закономерность.

В случае, когда значения кодов возрастают от начала к концу, тогда меньшая разность значения

$$\omega_1 = U_i^t - U_i; \quad (15)$$

$$\omega_2 = U_r - U_i^t \quad (16)$$

определяет близость его к тому или другому концу массива. Если $\omega_1 < \omega_2$, вероятностное положение метки определится по следующей формуле:

$$\alpha_i' = \alpha_1 \pm \frac{\omega_1}{\mu} \Theta, \quad (17)$$

где α_i' — вероятностная ячейка с меткой — u_i ;

α_1 — начальная ячейка массива А;

ω_1 — разность кодовых значений;

Θ — среднестатистический шаг записи каждого сообщения в «а»;

μ — степень разрозненности последовательности кодов изделий в «а».

Если $\omega_1 > \omega_2$, то

$$\alpha_i' = \alpha_r - \frac{\omega_2}{\mu} \Theta, \quad (18)$$

где α_r — ячейка с меткой последнего U_r в «а».

При $\omega_1 = \omega_2$ выбор формулы безразличен. Можно было бы определять вероятностное положение метки только с одного конца массива, однако для улучшения поиска принято искать по (17) и (18).

б) Отыскивается ближайшая метка в районе определенной $\alpha_i'(\alpha_i'')$ и сравниваются значения кодов $U_i^t \equiv U_i^r$. Если значения совпадают ($U_i^t \equiv U_i^r$), происходит переход к распознаванию структуры U_i^t , т. е. в п. 2. Если же не совпали, определяется разность значений

$$\Delta = U_i^t - U_i^r. \quad (18')$$

При этом, если Δ небольшое по величине, ЭВМ автоматически последовательно ищет вправо или влево, в зависимости от его знака, следующие по порядку метки до выполнения условия $U_i^1 \equiv U_i^2$.

Если Δ больше некоторой уставки, то определяется второе вероятностное положение

$$\alpha_i = \alpha_i' \pm \frac{\Delta}{\mu} \Theta \quad (19)$$

с учетом знака Δ , после чего происходит переход в начало п. б.

Таким образом, ЭВМ довольно быстро найдет точное положение метки распознаваемого изделия в « α ». Это особенно важно, когда массив записан в нескольких зонах внешних накопителей.

Показанное эвристическое правило применяется не только в данном случае: оно используется также и при работе ЭВМ с « β », « γ » и вообще любыми сколь угодно большими массивами упорядоченной в них информации.

2. Когда в « α » будет найдена метка и кодовое значение изделия, структуру которого требуется распознать, происходит обращение к f_i — кортежу его следа на массивах « β » и « γ ». При этом областью отправления служит « α » и распознавание структур может вестись двумя путями:

- а) выделением из мультиграфа G структуры одного изделия;
- б) выделением из мультиграфа G совместных структур некоторых групп изделий по следующей схеме:

$$\begin{array}{ccccc} U_i \in A & \rightarrow & y_j' \in B & \rightarrow & y_j'^{+1} \in B \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ d_k \in \Gamma & & d_k \in \Gamma & & d_k \in \Gamma \end{array} \quad (20)$$

Поскольку выражения (11) и (13) являются переменной длины слова и представляют собой некоторые кортежи следов на « β » и « γ », их автоматическое чтение происходит до тех пор, пока не встретится следующая метка, а распознавание — пока областью прибытия всех ветвей не станет массив « γ ». Признаком окончания распознавания структуры изделия или группы изделий является определение последней их составляющей в « γ ».

Рассмотрим процессы автоматического распознавания при решении на ЭВМ некоторых конкретных задач.

Задача № 1. Автоматизация выпуска конструкторских спецификаций на изделия

Допустим, что необходимо выпустить конструкторские спецификации на некоторое изделие U_i при условии, что ранее был смоделирован мультиграф, в котором имеет место заданное изделие. В таком случае данная задача решается по программе «распознавание», предварительно настроенной на заданный режим.

Как правило, в этих спецификациях должен быть регистр «количество на изделие», который заполняется на основании расчета суммарного количества каждого элемента по всем связям вхождения его в изделие. Процесс распознавания идет по алгоритму p . Ж с той лишь разницей, что чтение формулы следа на « β » и « γ » ведется с подсчетом суммарного количества элементов по следующим формулам:

$$S_j' = \sum_i n_i' q_i; \quad (21)$$

$$S_k = \sum_i n_k q_i, \quad (22)$$

где S_j и S_k — суммарные количества вхождения элементов y_j и d_k в изделие;

q_i — значение количества вхождения старшего го рангу элемента в ветви разузлования i .

После просчета по (21) и (22) количества меток, происходит обращение в « β » и « γ » для раскодирования значений β_j и γ_k в действительные обозначения. Затем ведется печатание конструкторских спецификаций в последовательности раскомплектации изделия.

Задача № 2. Автоматическое формирование подетально-узловых программ предприятия и его цехов

Допустим, что предприятию на определенный плановый период задана государственная программа по некоторому кортежу весьма сложных изделий

$$P = \langle a_1 U_1, \dots, a_i U_i \rangle, \quad (23)$$

где P — программа предприятия на плановый период;

U_i — коды обозначения изделий;

a_i — программа по i -му изделию.

Требуется определить подетально узловые программы предприятия и его цехов, соответствующие государственному заданию. Выполнение этой работы вручную весьма трудоемко.

Попробуем решить эту задачу с помощью ЭВМ, при условии, что в памяти ее уже смоделирован мультиграф G с отраженными в нем структурами заданного в (23) кортежа изделий. Процесс автоматического формирования подетально-узловых программ предприятия и цехов на ЭВМ выполнится в следующей последовательности:

1. Эвристический поиск меток в « α », согласно кортежу изделий (23) при условии, что

$$-U_i^+ \equiv -U_i \in A, \quad (24)$$

где U_i^+ — коды изделий, заданных для раскомплектации;

$-U_i$ — коды изделий с метками в области множества A .

2. Чтение формул следа изделий, узлов и подузлов последовательности (20), т. е. просмотр меток совмещенных структур графа заданного кортежа изделий с определением суммарного количества меток по следующему формулам:

$$S_i^{\Pi} = \sum_j a^{\Pi} n_j^{\Pi} q_i, \quad (25)$$

$$S_k^{\Pi} = \sum_l a^{\Pi} n_k^{\Pi} q_l, \quad (26)$$

где S_j^{Π} и S_k^{Π} — суммарные количества узлов и деталей заданной государственной программы по изделиям;

n_j^{Π} и n_k^{Π} — количество узлов и деталей, входящих в элементы более высшего ранга;

q_i — количество элемента высшего ранга i -й ветви.

При распознавании структур изделий q_i автоматически подсчитываются от области отправления « α » до области прибытия « γ ». Таким образом, подсчитываются все адреса меток, идущие в изделия заданной программы.

3. Модифицирование подсчитанных меток в подетально узловую программу предприятия.

Подсчитанные в п. 2 адреса меток путем обращения к « β » и « γ » модифицируются в кодовые обозначения узлов, подузлов и деталей, в результате чего организуется массив « ρ », состоящий из следующих сообщений:

$$y_j^f \wedge S_j^{\Pi} \wedge \langle m_z \rangle_j; \quad (27)$$

$$d_k \wedge S_k^{\Pi} \wedge \langle m_z \rangle_k. \quad (28)$$

Массив « ρ » запоминается на НМЛ. Он представляет собой подетально-узловую программу предприятия.

4. Формирование подетально-узловых программ цехов. В массиве « ρ » исследуются информационные регистры $\langle m_z \rangle$ каждого информационного сообщения (27) и (28). При установлении того или иного цеха ЭВМ транслирует в подмассивы памяти информацию с сообщениями

$$y_j^f \wedge S_j^{\Pi} \in m_z; \quad (29)$$

$$d_k \wedge S_k^{\Pi} \in m_z. \quad (30)$$

5. Раскодирование подетально-узловой программы цехов. Печать программы. После распределения сообщений (29), (30) в отдельные массивы ЭВМ производит их раскодирование в действующие на предприятиях обозначения и выдает каждому цеху ведомости подетально-узловых программ. Таким образом, поставленная задача решена.

Приведенные примеры решения задач говорят об универсальности метода автоматического распознавания изделий, т. е. его приемлемости в любых расчетах, связанных со структурами.

Внедрение метода автоматического моделирования и распознавания структур сложных промышленных изделий и комплексов на предприятиях позволит им в результате автоматизации большого числа задач системы управления получить значительный экономический эффект оптимизации производства изделий, снижения их себестоимости, снижения незавершенного производства, повышения оборачиваемости оборотных средств, повышения производительности труда, повышения фондоотдачи и других показателей, улучшенных прямо или косвенно.

В заключение следует сказать, что предложенный метод приемлем не только для автоматического моделирования и распознавания структур сложных промышленных изделий и комплексов, а также для автомоделирования и распознавания сложнейших иерархических структур и деревообразных функций, в том числе информационных моделей предприятий и динамических схем управления ими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Авондо-Бодино. Применение в экономике теории графов. Изд-во «Прогресс», 1966.
2. И. М. Глазман, В. Г. Новиков. Основы сетевого планирования и управления, 1966.
3. И. М. Разумов и др. Организация и планирование машиностроительного производства. Изд-во «Машиностроение», 1967.
4. Л. А. Рвачев. Математика и семантика. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1966.
5. Ю. А. Шиханович. Введение в современную математику. Изд-во «Наука», 1965.
6. Дж. Кемени, Дж. Снелл, Дж. Томпсон. Введение в конечную математику.
7. Автоматизированные системы управления предприятием. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1966.
8. Ю. П. Банаев. Автоматизация шифровки и расшифровки призначной информации. «Бюллетень технико-экономической информации», № 4, ГОСИКТИ, 1966.