

Б. С. ПАДУН, М. Г. РОЖДЕСТВЕНСКАЯ, В. А. БАЖАНОВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГРУППИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается автоматизированная система, интегрирующая решение задач унификации, стандартизации и группирования объектов производства. Представлены состав системы, структура управления системой и подход к организации программных компонентов.

Ключевые слова: технологический процесс, группирование объектов производства, автоматизированная система.

Введение. Трудно переоценить роль задач анализа, унификации, группирования и типизации объектов производства (ОП), процессов и средств производства для обеспечения эффективного функционирования предприятия. Это еще отмечали А.П. Соколовский и инженерная общественность Ленинграда в 1930—1940 гг. [1]. В дальнейшем эти задачи решались в работах С. П. Митрофанова и его учеников [2, 3]. Было написано много статей и монографий, разработаны специальные ГОСТ. Возникает вопрос: почему тема группирования ОП (деталей, сборочных единиц, изделий) до сих пор актуальна?

Анализ задачи и систем группирования ОП. Результат группирования R зависит от множества группируемых ОП D и применяемого алгоритма группирования A_{μ} : $R = A_{\mu}(D)$. В общем случае $D = D_{и} \cup D_{п}$, где $D_{и}$, $D_{п}$ — множества соответственно изготавливаемых и прогнозируемых для выпуска в будущем ОП. Алгоритм группирования A_{μ} представляет собой следующую композицию алгоритмов

$$A_{\mu} = (p_{D_{\mu}}, p_{ПС_{\mu}}, p_{т_{\mu}}, p_{с_{\mu}}, p_{КО_{\mu}}, p_{Г_{\mu}}, p_{О_{\mu}}, p_{к_{\mu}}), \quad (1)$$

где $p_{D_{\mu}}$ — алгоритм анализа и унификации ОП и формирования множества $D_{п}$, $p_{ПС_{\mu}}$ — алгоритм анализа и определения состояния производственной среды, $p_{т_{\mu}}$ — алгоритм анализа и унификации действующей на предприятии технологии, $p_{с_{\mu}}$ — алгоритм определения признакового пространства группирования ОП, $p_{КО_{\mu}}$ — алгоритм определения количественной оценки конструкторско-технологической общности ОП, $p_{Г_{\mu}}$ — алгоритм порождения множеств (группировок) ОП, $p_{О_{\mu}}$ — алгоритм оценки показателей группирования, $p_{к_{\mu}}$ — алгоритм построения правил классификации ОП.

Наличие в алгоритме A_{μ} алгоритмов анализа и унификации ОП, средств производства и технологических процессов повышает эффективность группирования. Многие алгоритмы в (1) выбираются в конкретных ситуациях из множества альтернатив:

$$p_{D\mu} \in P_D, p_{PC\mu} \in P_{PC}, p_{T\mu} \in P_T, p_{C\mu} \in P_C, p_{KO\mu} \in P_{KO}, p_{O\mu} \in P_O.$$

В общем случае состав и даже порядок применения алгоритмов зависят от форм организации группового производства, производственных условий, технологических традиций конкретного предприятия. Следовательно, в производственных условиях необходимо оперативно формировать множество алгоритмов группирования.

К сожалению, в литературе, например в [2—5], описаны либо только общие схемы решения задачи группирования, либо отдельные алгоритмы, присутствующие в выражении (1). Существующие автоматизированные системы, которые применяются для группирования деталей

— либо носят вспомогательный характер, как например информационно-поисковые системы или системы кластеризации [4, 5], помогающие технологу только при анализе ОП и средств производства и отборе группировок ОП,

— либо реализуют конкретную схему и ограниченный состав алгоритмов группирования, что не позволяет учесть особенностей технологий конкретного производства. Весь необходимый состав алгоритмов не реализуются в этих системах, их решает технолог, практически „вручную“, что и объясняет высокую трудоемкость их выполнения.

Следовательно, возникает необходимость создания принципиально новой автоматизированной системы группирования (АСГ), которая была бы свободна от указанных недостатков.

Состав, структура и тип систем. Выражение (1) определяет состав функциональных комплексов АСГ. Функциональные комплексы, реализующие алгоритмы P_D, P_{PC}, P_T, P_C , предназначены для систематизации данных, конструкторских и технологических решений и могут быть отнесены к средствам настройки систем группирования. Функциональные комплексы, реализующие $P_{KO}, p_{T\mu}, P_O, p_{C\mu}$ — это комплексы целевого назначения, т.е. группирования ОП. Совместная работа функциональных комплексов реализуется управляющей системой „монитор“ по данным, содержащимся в хранилище данных (ХД), с использованием совокупности конверторов и редакторов данных. Мониторная система имеет собственную базу данных: блоки заданий и коммуникационную область, представленные на схеме управления АСГ (рис. 1). Все компоненты работают в диалоге с оператором (О). Результатом работы АСГ являются не только данные о составе групп, но и правила описания групп, представленные в виде правил классификации, которые хранятся в базе знаний.

Программные комплексы АСГ предназначены для технологов, решающих задачи технологической подготовки производства в режиме диалога. Для выбора компонентов, реализующих задачи анализа и группирования, и настройки программных комплексов используется меню; для анализа качества группировок — визуализация решений; для ввода данных и формирования отчетов — специальные программные компоненты; для формирования оперативных заданий — специальные языки описания заданий. Специальные программные компоненты организуют ввод данных об ОП либо в режиме диалога с оператором, либо — преобразуют данные из САД-систем. Языки позволяют в процессе группирования определить состав и последовательность применения процедур.

Все функциональные программные комплексы АСГ можно разделить на три группы по способу их использования и организации:

— программный комплекс, для функционирования которого достаточно задать данные (например, программный комплекс построения классификатора);

— часть программного комплекса, состоящая из неизменяемых и встраиваемых элементов, которые выбираются из динамической библиотеки функций (например, программный комплекс оценки показателей группирования);

— динамическая библиотека функций, предназначенная для формирования конкретной конфигурации программных компонентов и комплексов АСГ (например, определение количественной близости между ОП). Элементы библиотеки вызываются по заданию технолога, который проводит группирование.

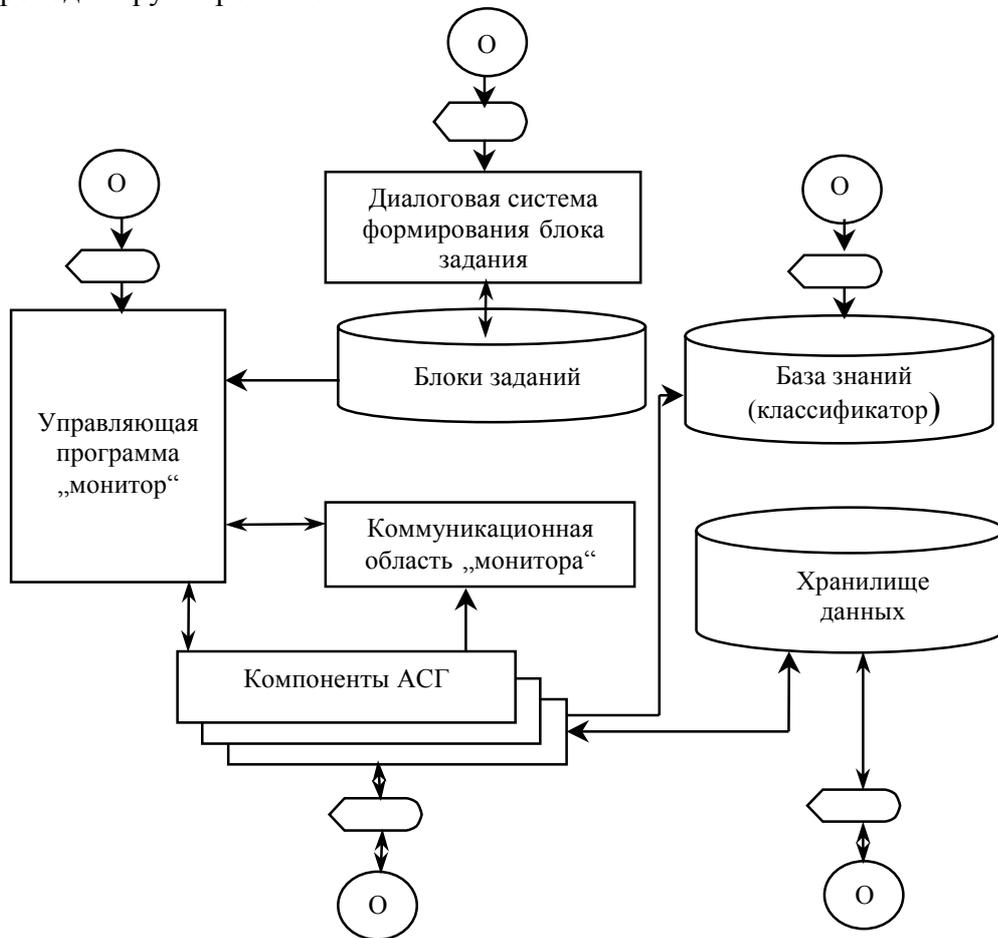


Рис. 1

В состав программного комплекса (рис. 2) в общем случае включаются компонент ввода оперативных данных, конвертор данных, компонент, решающий проблемную задачу, компонент ввода результата.

Рассмотрим назначение некоторых программных комплексов и компонентов.

Программный комплекс „Анализ производства“ необходим для выявления „узких мест“ в организации технической подготовки производства, определения уровня унификации и стандартизации сборочных узлов, деталей и элементов деталей, оценки технологичности конструкции и оценки производственной структуры. В литературе [1, 2] приведены основные показатели оценки и методы анализа, на основании которых планируется реорганизация технической подготовки. Данная работа выполняется алгоритмами $P_{ПС}$.

Программный комплекс „Анализ технологии изготовления изделий“. Применяемые технологии на предприятии определяются историей технологической подготовки на нем (например, используемые при формообразовании методы и способы изготовления, базирование заготовок и т.п.). Поэтому заимствование и стандартизация технологических процессов и технологического оснащения имеют большое значение для группирования ОП и проектирования групповых технологических процессов. Предлагаемые в литературе [2—5] методы заимствования и унификации технологии носят общий характер, а при автоматизации ограничиваются применением информационного поиска.

В АСГ реализуются алгоритмы P_T , которые учитывают особенности структуры технологических процессов. Во-первых, используется база данных „Технологические процессы“, в которой формируются записи, описывающие технологию изготовления деталей, сборочных узлов и изделий на всех уровнях декомпозиции: схема, маршрут, операция, установка, блочный переход, сложный переход, инструментальный переход, ход. Во-вторых, на каждом уровне декомпозиции технологических процессов строятся матрицы смежности, инцидентности и достижимости, что позволяет применить теоретико-множественные операции и операции над матрицами для определения наиболее приемлемого состава и последовательности элементов технологии изготовления ОП.

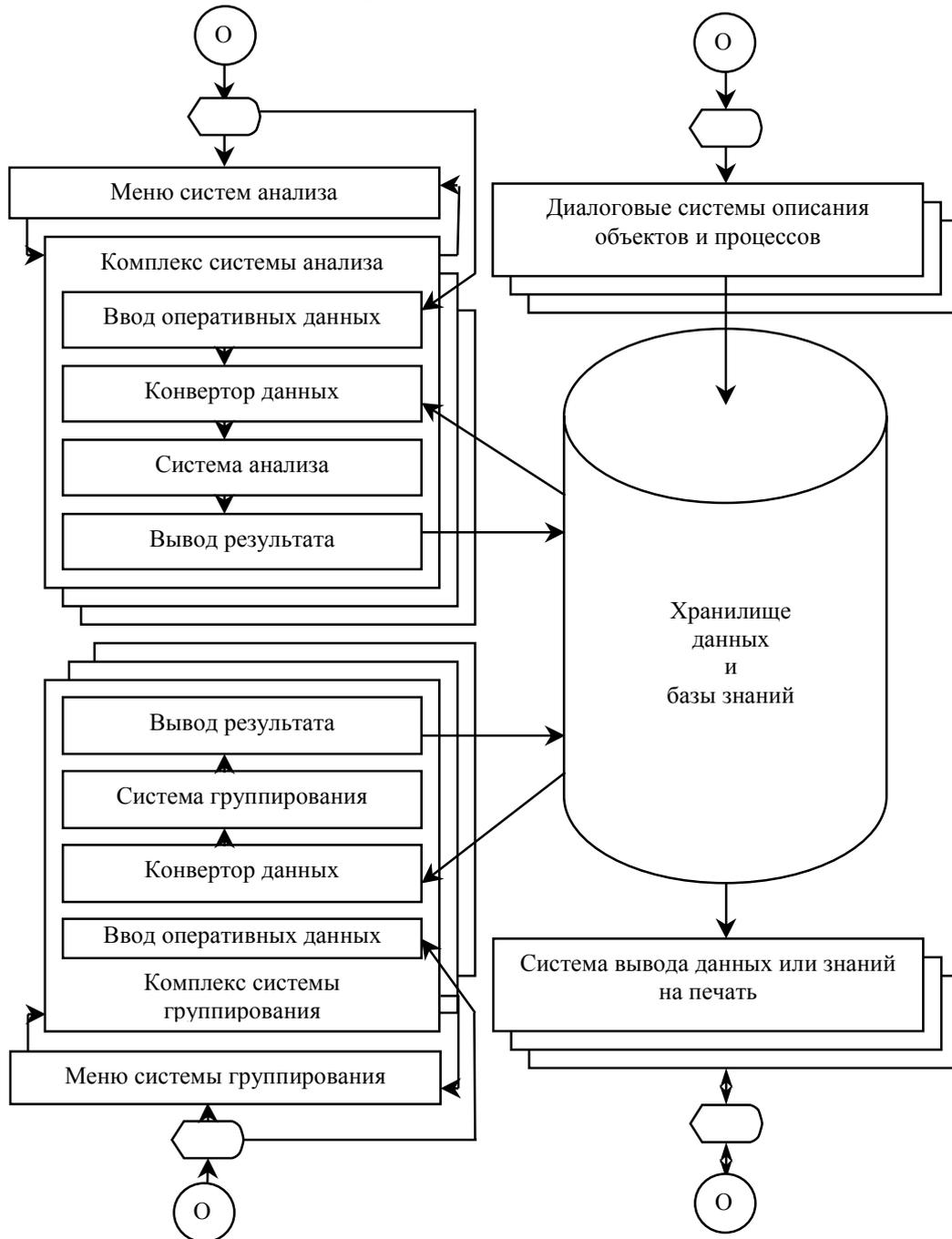


Рис. 2

Программный комплекс „Определение признакового пространства группирования ОП“. С помощью алгоритмов P_C решается задача определения признакового пространства, в котором выявляется технологическая общность ОП, т.е. это возможность изготовления ОП с при-

менением одинаковых методов, схем и способов базирования, режимов резания и т.д. Задача состоит в том, чтобы „спроецировать“ свойства технологии изготовления ОП на их свойства и тем самым определить зависимости применения элементов технологии от свойств ОП. Они представлены в аналитической [6, 7], алгоритмической или табличной формах.

Технологические свойства, которые определяются физическими свойствами методов и способов изготовления ОП, достаточно хорошо представлены в литературе. Технологические свойства, которые определяются структурой технологического процесса и технологического оснащения, представляются в алгоритмической форме и используются в САПР технологических процессов. Например, способы базирования, прямоочность технологических процессов, концентрация операции, последовательность расположения инструмента в силовой головке оборудования и т.д. В этом случае зависимости обычно имеют кусочно-непрерывный или дискретный характер, значения свойств требуют шкалирования, усложняется линеаризация зависимостей*. Поэтому в общем случае алгоритмы P_c выполняются по схеме:

- 1) определение состава признаков группирования ОП;
- 2) шкалирование и линеаризация каждого признака;
- 3) определение коэффициента влияния каждого признака на результат группирования.

Программный комплекс „Количественная оценка конструкторско-технологической общности ОП“ выполняется в АСГ в пространстве признаков, где каждый ОП представляется в виде точки. Алгоритмы P_{KO} определяют количественную оценку технологической общности ОП в этом пространстве и строят матрицу близости ОП. Предлагаются различные способы оценки близости, которые условно разобьем на линейные и нелинейные [6—9]. В АСГ технолог выбирает для группирования тот вариант определения общности, который он считает в данный момент эффективным. Выбор алгоритма осуществляется либо из списка возможных вариантов (по меню), либо заданием оригинальной процедуры на специальном языке.

Программный компонент „Порождение множеств“. В работе [4] проведен анализ методов группирования и отмечено следующее. Во-первых, метод построения классификационных рядов не дает качественных результатов. Эти методы рассчитаны на группирование вручную. Опытный технолог частично устраняет возникающие погрешности по составу и количеству групп.

Во-вторых, при автоматизированном группировании ОП целесообразно применять кластерный анализ [4, 5, 9]. Количество групп ОП обычно неизвестно. Но опытный технолог предприятия может относительно конкретных объектов (назовем их центрами группирования) задать в пространстве признаков область, в которой ОП гарантированно могут быть обработаны по единой технологии (область с минимальным радиусом), и область, в которой допустима обработка ОП по единой технологии (область с максимальным радиусом). Применяя эти понятия, можно ускорить не только процесс группирования, но и организовать эффективное влияние технолога на качество группирования. Данный метод описан в статье [9].

В-третьих, задача группирования разбивается на этапы, и на каждом этапе используется свой состав признаков и набор коэффициентов. Следовательно, система группирования строится как многоуровневая. Вначале процесс группирования реализуется в пространстве признаков, в котором группируются ОП по методам изготовления. Затем каждая из полученных группировок рассматривается в пространстве признаков, в котором группируются ОП по способам изготовления в пределах одного метода, далее — по структуре обработки поверхностей и т.д. На каждом этапе группирования может не только использоваться оригинальное пространство признаков, но и применяться оригинальный метод порождения множеств. Выбор методов группирования осуществляет технолог, решающий задачу. Каждому методу группирования соответствует свой программный компонент. Выбор программного компонента

* Состав и значимость признаков для разных методов и способов изготовления ОП различны.

выполняется по меню или с помощью правил, которые хранятся в базе данных. Технолог может эти правила пополнять и корректировать.

Программный компонент „Отбор решений“. В зависимости от постановки задачи группирования критерием качества решения задачи может быть выбран один из множества показателей: временной, стоимостной, коэффициент перекрытия групп, равномерность состава групп и т.д. Целесообразно на каждом этапе группирования применять свой критерий.

Заключение. Предлагаемая автоматизированная система группирования ОП является специализированным инструментом технологов предприятия, занятых решением задачи группирования ОП на своем производстве. Система является открытой для корректировки и пополнения правил группирования, представленных в виде списков алгоритмов, зависимостей и декларативном виде. Перспективным является развитие методов цветовой визуализации результатов группирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский А. П. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машгиз, 1955.
2. Митрофанов С. П. Научная организация машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1976.
3. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1983.
4. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
5. Асбель В. О., Звоницкий А. Ю., Каминский В. Н. и др. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Под общ. ред. С. П. Митрофанова. Л.: Машиностроение, 1986.
6. Основы кибернетики. Теория кибернетических систем / Под ред. К. А. Пупкова. М.: Высшая школа, 1976.
7. Загоруйко Н. Г. Методы распознавания и их применение. М.: Сов. радио, 1972.
8. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. СПб: БХВ-Петербург, 2008.
9. Падун Б. С., Рождественская М. Г., Кольтяков А. В. Методы автоматизированного группирования деталей // Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов. 7-я сессия Междунар. науч. школы. СПб, 2005.

Сведения об авторах

Борис Степанович Падун

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения;
E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Марина Геннадьевна Рождественская

— Политехнический колледж городского хозяйства, Санкт-Петербург; заместитель директора по учебной работе;
E-mail: marinarojd@mail.ru

Виктория Александровна Бажанова

— ООО „ТелекомСтрой“, Санкт-Петербург; помощник системного администратора; E-mail: v.bazhanova@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.