

И.А. Хворов, В.Г. Каймин, В.И. Левчук

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПОДСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ МОДУЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрены кластеризация номенклатуры деталей, как одно из направлений метода групповой обработки и на примере гибкого производственного модуля разрабатывается программа, анализирующая токарную номенклатуру по признакам.

Ключевые слова: алгоритм, механическая обработка, операция, кластерный анализ, метод групповой обработки, ГПМ.

Организационные формы и виды производственных процессов оказывают существенное влияние на повышение производительности труда. При этом основными факторами, предопределяющими выбор организационной формы и вида производственного процесса, являются количество изделий, подлежащих изготовлению в единицу времени и по неизменяемым чертежам, а так же их номенклатура.

В зависимости от количества выпускаемых изделий, их номенклатуры, регулярности выпуска и величины серии выбирают соответствующую форму организации производства, которая непосредственно определяет характер реализации технологического процесса [2].

В соответствии с ГОСТ 14.004 и 3.1119 существует пять основных типов производства — единичное, мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное и массовое. При этом в мелкосерийном и среднесерийном изготовлении деталей малыми партиями возникают большие потери времени из-за переналадки оборудования при переходе от одной партии к другой. В этих условиях целесообразно использовать метод групповой

обработки (МГО), существенный вклад в разработку которого внес проф. Г.П. Митрофанов. В основе метода лежит технологическая классификация заготовок, позволяющая сформировать группы изделий с последующей разработкой технологии групповой обработки без переналадки или с минимальной переналадкой оборудования.

В МГО под классом понимают совокупность изделий, характеризующихся общностью типа оборудования, необходимого для обработки заготовок в целом или их отдельных поверхностей.

Результатом классификации является формирование групп, где основным критерием для объединения деталей в группу является общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний.

В конечном счете, этот метод позволяет: а) при мелких сериях рентабельно применять высокопроизводительную групповую оснастку на универсальных, а в нашем случае и специальных гибких производственных модулях (ГПМ); б) сократить номенклатуру оснастки путем ее групповой унификации, а так же время, затрачиваемое на переналадку оборудования; в) сократить и упростить технологическую подготовку производства для новых изделий и внести конструктивные изменения в изготавливаемые изделия; г) упростить внутрицеховую подготовку производства и планирование работы каждого станка, а также повысить оперативность руководства производством; д) сократить время обработки детали и увеличить производительность оборудования, за счет минимизации межоперационных операций.

В настоящее время при разработке технологических процессов обработки деталей на станках применяется МГО деталей, при котором детали классифицируются по видам основной обработки (токарная, револьверная, фрезерная и др.) Однако с внедрением в производство сложных, многофункциональных обрабатывающих центров, все большее значение начинает иметь оснастка для этого оборудования. После этого детали каждого класса разделяются на группы деталей, сходных по форме и размерам и общности процесса их обработки. Затем разрабатывается технологический процесс не на отдельную деталь, а на группу деталей, технологически сходных и характеризующихся общей последовательностью обработки, одинаковым станком, приспособлением, режущим инструментом и наладкой.

Основные минусы метода заключается в сложности выявления групповой детали представителя и разработки группового технологического процесса, а, следовательно, повышенными

требованиями к подготовке технологов. В связи с этим в работе по подготовке групповой обработки предлагается применение программного комплекса, способного автоматически анализировать базу номенклатуры и предлагать оптимальную последовательность обработки деталей. В алгоритме программы предлагается применение кластерного анализа вводимой оператором базы данных номенклатуры деталей. Кластеризация в данном случае рассматривается как многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы – кластеры [3]. А они в свою очередь анализируются и затем упорядочиваются в максимально эффективную для обработки последовательность.

Предварительно отбирая детали для анализа, условно ограничимся деталями токарного типа. В качестве основного механообрабатывающего оборудования для обработки таких деталей выбран токарно-фрезерный ГПМ на основе токарного станка Т200 с ЧПУ Fanuc 0i и пруткоподающим устройством SNS42, установленный на Хабаровском судостроительном заводе. На станке установлена двенадцатипозиционная револьверная головка, что ограничивает количество операций с разным инструментом до 12. Пруткоподающее устройство имеет ограничение максимального диаметра прутка до 40 мм.

В таком случае, имея определенное количество партий деталей для данного оборудования и учитывая, что внутри каждой партии – детали одинаковые, определим признаки, по которым будет проходить анализ. Так как партии отличаются между собой конструкцией деталей (следовательно, количеством оснастки, требуемой для их изготовления), количеством и материалом



Трехмерная модель ГПМ

деталей, то каждая деталь будет характеризоваться четырьмя признаками: $(k; m; g; o)$. Представим условие в виде матрицы:

$$\begin{aligned} & D_1(k_1; m_1; g_1; o_1) \\ & D_2(k_2; m_2; g_2; o_2) \\ & D_3(k_3; m_3; g_3; o_3) \\ & D_4(k_4; m_4; g_4; o_4) \\ & \dots \\ & D_n(k_n; m_n; g_n; o_n), \end{aligned}$$

где n – номер партии деталей D ; k – количество деталей в партии (от 1 штуки до 100 штук); m – номер, присвоенный материалу деталей в партии по ПБ 03-164 (от 1 до 17); g – габаритный диаметр заготовки, для изготовления партии деталей (от 4 мм до 40 мм); o – количество оснастки для изготовления партии [от 3 до 12 инструментов] (3...12).

Тогда вводимые в программу данные для первой партии имеют вид:

$\langle D_1(\{k_1\}; \{m_1\}; \{g_1\}; \{o_1\}) \rangle$ – вместо $k_1; m_1; g_1; o_1$ – оператор вводит 4 значения первой партии.

После заполнения первой строчки появляется вторая:

$\langle D_2(\{k_2\}; \{m_2\}; \{g_2\}; \{o_2\}) \rangle$ – оператор задает характеристики для второй партии, аналогично первой.

Затем снова появляется строка для ввода характеристик третьей партии и так, пока не кончатся партии. Программа выстраивает оптимальную последовательность обработки партий с учетом всех параметров, которые в свою очередь учитываются следующим образом:

k – чем больше значение, тем ближе партия к концу списка.

m – партии с равными значениями материала, в последовательности должны быть рядом. Если материалы деталей в партии отличаются на 1, то эти детали должны располагаться рядом, от большего к меньшему. Например, если разложить ряд деталей:

$$D_1(g=4); D_2(g=3); D_3(g=3); D_4(g=5); D_5(g=9); D_6(g=4).$$

Получим: $D_5; D_4; D_1; D_6; D_2; D_3$, где D_4, D_1, D_6, D_2, D_3 стоят рядом, при условии, что диаметры заготовок (g) подходят.

g – партии с равными значениями диаметра заготовки, в последовательности должны быть рядом. Если диаметр деталей в партии отличаются на 1...5 мм, то эти детали должны располагаться рядом, от большего к меньшему. Например, если разложить ряд деталей:

$$D_1 (g = 4); D_2 (g = 35); D_3 (g = 8); D_4 (g = 37); D_5 (g = 40);$$

$$D_6 (g = 16).$$

Получим: $D_5; D_4; D_2; D_6; D_3; D_1$, где D_5, D_4, D_2 стоят рядом, точно так же как D_3, D_1 стоят рядом, при условии что материал (m) подходит.

o – чем больше значение, тем ближе партия к концу списка, так как увеличивается шанс того, что в партии может потребоваться дополнительная оснастка, которой в данный момент не установлено.

Математически программа состоит из массива размерностью, равной количеству партий. Первый столбец – номер партии; второй столбец – количество; третий – материал; четвертый – габаритный диаметр; пятый – количество оснастки. Массив необходимо отсортировать последовательно по 3 столбцу (наибольший приоритет), затем по 4, затем по 2, затем по 1. Каждая следующая сортировка проходит при неизменности предыдущей сортировки, то есть в границах одинаковых значений предыдущей сортировки. На вывод выдаются данные 1 столбца по порядку.

Как показывает опыт, применение МГО позволяет в условиях единичного и мелкосерийного производства широко использовать групповые настройки станков, обеспечивающие специализацию рабочих мест и, как следствие, значительное повышение производительности. [4] Полученный в результате программный продукт позволяет значительно сократить время анализа номенклатуры деталей, ее типизации и построения оптимальной последовательности обработки деталей. Подана заявка на патент.

Подобная разбивка деталей на кластеры по общности их обработки или по видам оборудования, используемого при обработке с дальнейшим делением на укрупненные группы и классы, обеспечивает возможность составления такого технологического процесса при изготовлении деталей малыми партиями, при котором их изготовление осуществляется наиболее рационально и экономично.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П. Научные основы групповой технологии. – Л., 1959. – С. 475.
2. Тимирязев В. А., Кутин А. А., Схиртладзе А. Г. Основы технологии машиностроения. – М.: Изд. МГТУ «СТАНКИН», 2011. – С. 295.

3. *Классификация и кластер* / Под ред. Дж. Вэн Райзина. Пер. с англ. П. П. Кольцова; Под ред. Ю. И. Журавлева. – М.: Мир, 1980. – С. 389.
4. *Оголобин А. Н. Основы токарного дела*. Изд. 3-е / Под ред. проф. Г. А. Глазова. – Л.: Машиностроение, 1974. – С. 310. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Хворов И.А.*¹ – аспирант,
e-mail: mr.khvorov@gmail.com,
*Каймин В.Г.*¹ – аспирант,
*Левчук В.И.*¹ – инженер,
МГТУ «СТАНКИН».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC

I.A. Khvorov, V.G. Kaymin, V.I. Levchuk
DEVELOPMENT MATHEMATICAL ALGORITHM
FOR CALCULATION PRODUCTIVITY
MACHINING MODULES IN SMALL-SCALE
PRODUCTION

The paper discusses the clustering range of parts, as one of the areas of batch processing method and the example of a Flexible Manufacturing System is developing a program that analyzes the turning range of affinity.

Key words: algorithm, machining, operation, cluster analysis, batch method, FMS.

AUTHORS

*Khvorov I.A.*¹, Graduate Student,
e-mail: mr.khvorov@gmail.com,
*Kaymin V.G.*¹, Graduate Student,
*Levchuk V.I.*¹, Engineer,
¹ Moscow State University of Technology «STANKIN»,
127055, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Mitrofanov S. P. *Nauchnye osnovy gruppovoy tekhnologii* (Scientific principles of group technology), Leningrad, 1959, pp. 475.
2. Timiryazev V.A., Kutin A.A., Skhirtladze A.G. *Osnovy tekhnologii mashinostroyeniya* (Fundamentals of mechanical engineering technology), Moscow, Izd. MGTU «STANKIN», 2011, pp. 295.
3. *Klassifikatsiya i klaster*. Pod red. Dzh. Ven Rayzina. Per. s angl. (Classification and cluster. Dzh. Ven Rayzin (Ed.), English–Russian translation), Moscow, Mir, 1980, pp. 389.
4. Ogolobin A. N. *Osnovy tokarnogo dela*. Izd. 3-e. Pod red. G. A. Glazova (The basics of turning the case. 3rd edition, Glazov G. A. (Ed.)), Leningrad, 1974, pp. 310.

