
Инженерно-технические науки

Engineering and technical sciences

УДК 658.5

УСТАНОВЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ЗАПУСКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ В ЦЕЛЯХ СОКРАЩЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Е.О. Васильева

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Республика Марий Эл*

Рассмотрен вопрос планирования изделий с большим количеством уровней деления, состоящих из деталей собственного изготовления, деталей с доработкой, покупных комплектующих и сборочных узлов. На практике актуальной остается проблема планирования деталей и сборочных узлов, с большим процентом опытно-статистических норм, экспертными оценками времени цикла или полным их отсутствием, сложными в точности нормирования ручными операциями сборки и регулировки, приемо-сдаточными и другими видами испытаний. Предложен расчет очередности сборочных узлов, с нечетко заданными циклами изготовления, когда цикл производственного процесса не может быть определен максимально точно. Метод основан на базе кластерного анализа, алгоритма «КРАБ» и перераспределения. Корректность конечного разбиения на очереди подтверждена критериями качества разбиения. Преимуществом являются минимальные условия на вход и меньшие требования к точности входных данных, возможность обеспечить плавный переход к новым стандартам Индустрии 4.0.

Ключевые слова: кластерный анализ, сборочный узел, модуль планирования производства, длительность производственного цикла.

В современных условиях развития экономики проблема эффективного управления предприятиями промышленного наследия времен Советского Союза остается актуальной. Большие производственные мощности, изделия с большим количеством уровней деления (раскрытия), конструкторские отделы и технологические отделы, механообрабатывающие и сборочные производства в едином комплексе, работа с кооперированным производством и зависимость от поставок покупных комплектующих изделий – требуют системного управле-

ния и планирования жизненного цикла изделий. Полная модернизация и перестройка под новые стандарты управления – сложная задача, требующая от руководителей соответствующих знаний, системного мышления для принятия решений и расстановки приоритетов. Сложившиеся ранее стандарты ведения данных, как основа для расчетов, на многих предприятиях требуют корректировок и модернизации. В связи с тем, что ранее планирование и управление осуществлялось в основном по средствам ручной или низкоскоростной, негиб-

кой автоматизированной обработки больших массивов данных, работа была ориентирована на максимально возможное укрупнение. Разрабатываемые системы и методы управления производством на тот момент были эффективными. Институты, которые разрабатывали системы, в период перехода к новой форме экономики были потеряны. В современных условиях многие предприятия находятся в стадии перехода, некоторые - в стадии начального пути приспособления к новым правилам рынка. Цель предприятий – получение прибыли. Следовательно, требования заказчиков должны выполняться качественно и в срок. Предприятиям для своевременного выполнения условий контракта необходимо регулировать работу со старыми массивами данных и одновременно строить новую систему управления. Пересматривать и поддерживать в актуальном состоянии массивы данных с многотысячной номенклатурой и постоянно меняющимися условиями сложно: опытно-конструкторские работы, текущие изменения конструкторской документации и технологических процессов, полуавтоматические механообрабатывающие станки, ручные операции сварки, сборки, настройки, приемосдаточные и другие виды испытаний, сдача отделу контроля и т.п. [2].

Существует большое количество отечественных и зарубежных разработок по управлению производственной деятельностью, включая разные виды и уровни планирования: OMEGA, GLOBALSYSTEM, Alfa, «ЛОЦМАН», «1С», «ТОП СИСТЕМЫ», LOGOS и др. Основное преимущество готовых решений – это экономия времени и получение готового укомплектованного пакета со стандартизированным набором программ. Основные недостатки – это

негибкость решений, большой набор максимально точных данных на входе для получения рабочего решения, цена. Готовые продукты выделяют планирование, как блок в общей системе, и предлагают несколько видов планирования, например, от даты выпуска назад, от даты заключения контракта вперед с оптимизацией для внутрицехового планирования по оборудованию, по профессиям, по выработке и т.д. Использование на практике блока планирования коммерческих решений оказывается неэффективным. В период перехода к новым стандартам массивы данных многих предприятий не соответствуют стандартам, которые необходимы для готовых программных решений [11]. Актуальной остается проблема планирования с минимально необходимыми условиями, опытно-статистическими нормами, экспертными оценками времени цикла, ручными операциями сборки, настройки и т.д. с целью выполнения обязательств перед заказчиками. Операции сборки и настройки сложны в нормировании, так как многое зависит от индивидуальных качеств исполнителей, качества выполнения предшествующих операций, уровня освоения и т.п. Следовательно, цикл изготовления, основанный на показателях времени, является нечетко (неточно) заданным.

Цель работы: разработка переходного алгоритма для АСУП на базе классификации и перераспределения для выполнения текущих требований перед заказчиком и высвобождения ресурсов, которые необходимо направить на переход к новым стандартам Индустрии 4.0. При разработке альтернативного решения (программного блока в части оперативно-календарного планирования для автоматизированной системы управления предприятием) в качестве

объекта исследования были выбраны сборочные узлы, в качестве предмета – методика определения очередности запуска сборочных единиц с минимальными условиями и нечетко заданным циклом изготовления.

Задачи:

1. Разбить данные на классы одним из методов кластеризации.

2. Найти оптимальное количество классов с применением алгоритма «КРАБ».

3. Перевести числовые значения классов в очереди.

4. Перераспределить значения классов относительно решаемой задачи для производства: очередность запуска сборочных единиц.

Рассмотрим следующую схему (рис. 1):

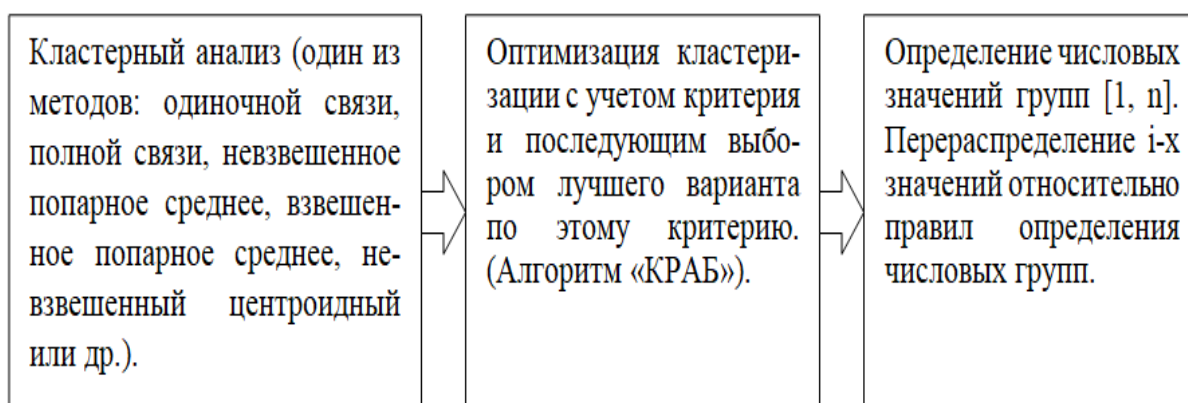


Рис. 1. Структурная последовательность статистических и математических методов

Кластерный анализ (впервые ввел Тьюн, 1939) – это многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов по нескольким характеристикам, а затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы. Рассмотрим в качестве примера получение классов методом одиночной связи (SingleLinkage) – это алгоритм поиска двух наиболее близких объектов. Пара объектов образует первичный кластер. Каждый последующий объект присоединяется к тому кластеру, к которому он находится ближе всего (1).

$$p_{min}(S_i, S_m) = \min_{x_i \in S_i, x_j \in S_m} d(x_i, x_j) \quad (1),$$

где $p(S_i, S_m)$ – расстояние между группами S_i и S_m [7].

Стандартизация улучшает показатели разбиений больших совокупностей данных на классы, приводит данные к сопоставимому виду с целью исключения влияния структур на изучаемый показатель (2):

$$z_{ij} = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma} \quad (2),$$

где x_i – наблюдаемая оценка;
 \bar{x} – среднее значение наблюдаемых оценок;

σ – стандартное отклонение наблюдаемых оценок [10, 3].

Определим, что принимать за выборку значений для дальнейшего разбиения на кластеры. В зависимости от выборки необходимо определить максимальное количество возможных

кластеров. С целью дальнейшей автоматизации алгоритма, следует присвоить параметру k , характеризующему стандартное отклонение, вариативный характер, т.е. количество групп будет вычисляться исходя из максимальной выборки. Используем следующее правило остановки (3). Целью является определение точки останова, так как далее будет использован алгоритм улучшения кластеризации.

$$z_{j+1} > z + ks_z \quad (3),$$

где z_{j+1} – величина коэффициента на $(j+1)$ -м этапе кластерного процесса;

z – величина коэффициента слияния;

k – стандартное отклонение;

s_z – стандартное отклонение коэффициентов слияния [4].

Семейство алгоритмов «КРАБ» (от КРАТчайший Путь) классифицирует или перепроверяет классификацию данных. Алгоритм основан на формировании незамкнутого связанного графа и проведении разбиения множества исходных объектов с его помощью. Основным преимуществом алгоритма является возможность автоматизации и исключения ручного анализа данных. Смысл алгоритма заключается в том, чтобы использовать форму близости p и считать, что классификация тем лучше, чем меньше расстояния между точками одного и того же класса. Вводится мера удаленности d , если совокупности точек удалены друг от друга. Важными показателями является h равномерность распределения точек по классам и λ влияние на изменение плотности точек (4) [6].

$$F = \ln \frac{d+h}{\lambda+p} \quad (4),$$

где $p = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K p_i$ – форма близости;

$d = \frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} d_i$ – мера удаленности;

$\lambda = \frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} \lambda_i$ – изменение плотности

точек;

$h = K^K \prod_{i=1}^K \frac{m_i}{M}$ – равномерность распределения точек.

В итоге, чем больше значение F , тем лучше классификация.

Основной целью подхода к решению задачи кластеризации является получение очередей запуска сборочных узлов в производство. Следовательно, необходимо преобразовать классы в очереди (5).

$$L_k = \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (5),$$

где L – значение силы по каждому k классу;

X_{ij} – значение силы по каждой j -й характеристике [9].

Задача получения однородных групп сборочных узлов для запуска в производство требует дополнительной проверки при условии неравномерности влияния выбранных характеристик. В каждом k классе определяется $\max \sum_{i=1}^n X_{ij}$. Каждое значение проверяется при помощи соотношения (6), чем ближе значение к максимуму k -го класса, тем вероятнее необходимость перераспределения.

$$|\max \sum_{i=1}^{m_k} X_{ij} - X_{ij}| \quad (6)$$

В итоге, перераспределение между классами, на логически заданном уровне, подтверждает или уточняет однородность сформированных групп [5].

Крупные промышленные предприятия характеризуются большим количеством заказов. Конструкционно

сложные изделия изготавливаются, наряду с небольшими заказами, опытно-конструкторские работы - с изготовлением крупных изделий впервые, наряду со смешанным типом изделий, где присутствуют существенные доработки крупных ключевых узлов и серийных изделий с постоянными небольшими корректировками конст-

рукторской документации.

Рассмотрим дерево изделия (рис. 2). Существует правило, что одна ветка (уровень) не может существовать без другой ветки (другого уровня) и то, что процесс сборки осуществляется снизу вверх. Следовательно, кластеризация необходима для каждого уровня изделия.

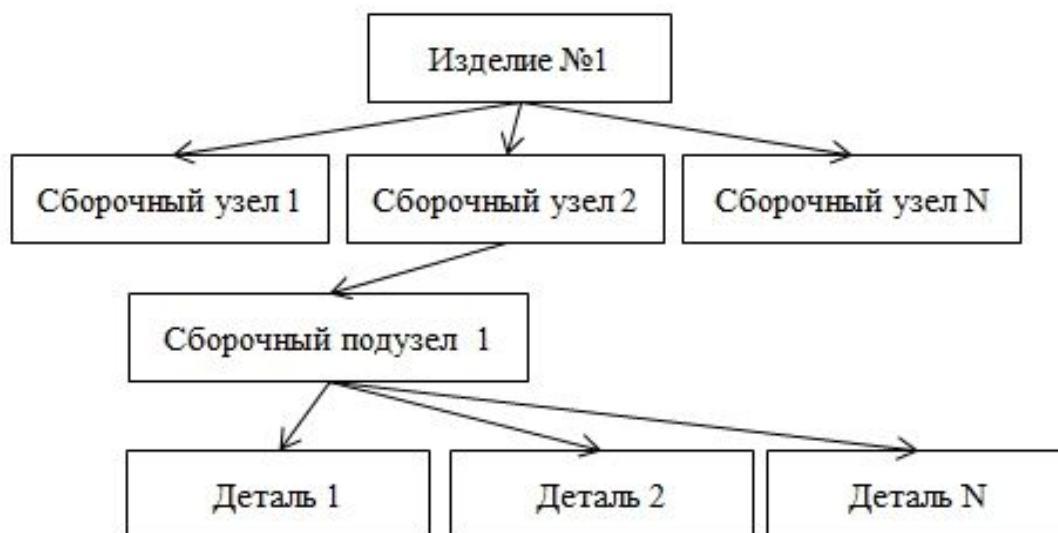


Рис. 2. Графическая структура дерева изделия

Определим основные характеристики для сборочных узлов, которые оказывают наиболее существенное влияние на производственный процесс: время изготовления, наличие технических условий, процент покупных комплектующих в изделии, количество сданных сборочных узлов. Считается, что детали собственного изготовления комплектно и своевременно изготавливаются для рассматриваемых сборочных узлов. Планирование деталей собственного изготовления осуществляется на базе алгоритма расчета назад от даты запуска сборочных узлов. Время изготовления – это средняя норма времени, которое затрачивается на сборку и настройку узла. Нормы времени делятся на тех-

нически обоснованные и опытно-статистические. На каждом предприятии фактическое соотношение по типам норм варьируется в зависимости от текущей номенклатуры заказов, при этом на многих предприятиях нет данных о технологическом цикле сборочных узлов, то есть учтено только время, где задействован человек.

Наличие технических условий (ТУ). Документ входит в состав конструкторской документации. Необходимость в технических условиях определяется разработчиком. Технические условия - это документ, устанавливающий определенные технические требования к продукции, а также методы проверки соблюдения данных условий. Нормирование выполнения

всех пунктов технических условий с последующей сдачей отделу контроля качества осуществляется только в случае непосредственного участия человека в процессе выполнения пунктов ТУ. Например, испытания на стендовом оборудовании не требуют постоянного присутствия рабочего персонала.

$$TU = \frac{X_{j1} + X_{j2} + \dots + X_{jh}}{h} \quad (7),$$

где j – это значения по каждой из h -ой характеристик;

h – это количество характери-

стик, которые участвуют в кластеризации.

В примере показатель «ТУ» рассчитан на основании значений характеристик «Время изготовления», «Дефицит покупных комплектующих в изделии».

Процент покупных комплектующих в изделии (сборочном узле) (ПКИ) – это показатель зависимости от других предприятий (7):

$$\text{Дефицит ПКИ} = \frac{\text{Недостающие покупные комплектующие в сборочном узле}}{\text{Общее количество покупных комплектующих в сборочном узле}} * 100\%$$

Или дефицит покупных комплектующих в изделии (сборочном узле) (8):

(8)

$$\text{ПКИ} = \frac{\text{Количество покупных комплектующих в сборочном узле}}{\text{Общее количество позиций в сборочном узле}} * 100\%$$

Показатель дефицита ПКИ более информативный, но не на всех предприятиях возможен автоматизированный расчет с таким массивом данных.

Количество сданных сборочных узлов – это практическая готовность предприятия изготовить сборочный узел быстро и качественно. Рассматривается количество изготовленных сборочных узлов в период, равный году. Наряду с параметром «количество» используется характеристика «значимость». Величина, обратная количеству, то есть чем больше количество, тем меньше значимость. Характеристика рассматривается только для сборочных узлов, которые изготавливались: ≤ 1 .

Присваивается нулевая очередь внутри заказа и уровня изделия. Остальным сборочным узлам условно присваивается значение равное 2, ко-

торое не оказывает никакого влияния на расчет.

Рассмотрим следующий пример. На вход расчета поступает набор сборочных узлов Изделия №1 (табл. 1). Считается, что детали собственно изготовления планируются от системы очередности сборочных узлов по методике очередей с набором необходимых характеристик или какой-либо другой. Детали собственного изготовления не рассматриваются в данном примере.

В данном примере максимальное количество кластеров для каждой из выборок равно пяти. Разбиение проводится для каждого уровня каждого из изделий номенклатуры до пяти кластеров, далее при помощи алгоритма «КРАБ» определяется и фиксируется лучшее количество классов (табл. 2). Расчетные критерии показателя F приведены в таблице 2.

Таблица 1

Данные на вход расчета по каждой сборочной единице

№ сборочного узла	Время изготовления (ч.)	Дефицит покупных комплектов в изделии (%)	Технические условия (ср. значение)	Количество сданных сборочных узлов (шт.)
1	54,00	25,50	18,00	2,00
2	33,00	11,00	18,00	2,00
3	185,00	15,24	18,00	2,00
4	186,00	13,15	18,00	0,00
5	5,00	2,35	0,00	2,00
6	6,00	0,00	0,00	2,00
7	12,00	10,00	0,00	2,00
8	8,00	5,00	0,00	2,00
9	13,00	10,50	0,00	2,00
10	8,00	1,47	0,00	2,00
11	2,00	0,00	0,00	2,00
12	2,00	4,60	0,00	2,00
13	9,00	0,00	0,00	2,00
14	8,00	0,00	0,00	2,00
15	7,00	0,00	0,00	2,00
16	1,00	0,00	0,00	2,00
17	2,00	0,00	0,00	2,00
18	5,00	5,47	0,00	2,00
19	12,00	11,50	0,00	2,00
20	15,00	12,00	18,00	2,00

Таблица 2

Показатели критерия F алгоритма «КРАБ»

Количество кластеров k	Значения F
1	22,30
2	58,60
3	68,40
4	97,65
5	84,23

На основании показателей значений F можно сделать вывод, что количество кластеров, равное четы-

рем, является оптимальным для рассматриваемой совокупности данных. Числовые значения кластеров преобразованы в очереди в таблице 3.

Таблица 3

Определение очередей на основании среднего значения по характеристикам

№ кластера k	Среднее значение	Очередь
2	79,63	1
1	35,05	2
4	13,75	3
3	2,51	4

В определении очереди участвуют показатели трех характеристик: время изготовления, процент ПКИ и наличие технических условий. Величина количества сданных сборок является обратной. При этом для определения конечных очередей можно рассмотреть несколько вариантов: учитывать последнюю характеристику в расчете кластеризации с переводом значений в показатели обратные или выделить как независимый пока-

затель. Сборочным единицам, которые изготавливались менее одного раза < 1 раза, присвоить приоритет равный 0, который характеризуется тем, что на практике не подтверждены расчетные нормы и не проверена технология.

Следовательно, такие сборочные узлы необходимо запустить в производство как можно раньше. Результат использования алгоритма «КРАБ» представлен в таблице 4.

Таблица 4

Результаты кластеризации данных с учетом алгоритма «КРАБ» и определением очередности

№ сборочного узла	Время изготовления (ч.)	Дефицит покупных комплектующих в изделии (%)	Технические условия (ср. значение)	Количество сданных сборочных узлов (шт.)	Очередь
1	54,00	25,50	18,00	2,00	2
2	33,00	11,00	18,00	2,00	2
3	185,00	15,24	18,00	2,00	1
4	186,00	13,15	18,00	0,00	1
5	5,00	2,35	0,00	2,00	4
6	6,00	0,00	0,00	2,00	4
7	12,00	10,00	0,00	2,00	3
8	8,00	5,00	0,00	2,00	4
9	13,00	10,50	0,00	2,00	3

Окончание табл.4

10	8,00	1,47	0,00	2,00	4
11	2,00	0,00	0,00	2,00	4
12	2,00	4,60	0,00	2,00	4
13	9,00	0,00	0,00	2,00	4
14	8,00	0,00	0,00	2,00	4
15	7,00	0,00	0,00	2,00	4
16	1,00	0,00	0,00	2,00	4
17	2,00	0,00	0,00	2,00	4
18	5,00	5,47	0,00	2,00	4
19	12,00	11,50	0,00	2,00	3
20	15,00	12,00	18,00	2,00	3

В табл. 5 приведены максимальные значения относительно каждого класса (очереди).

Перераспределенные значения, относительно показателя максимума, приведены в табл. 6.

Таблица 5

Максимальные значения в каждом k классе

Очередь	Максимальное значение в кластере k
1	240,47
2	130,32
3	64,01
4	18,00

Перераспределение необходимо, когда некоторые из параметров оказывают влияние на результат больше, чем другие или в случае уточнения результатов разбиения.

Предложенный метод достаточно гибок, относительно повышения точности первого или последующих шагов. Возможно рассмотреть применение дискриминантного анали-

за, с целью оптимизации дальнейших разбиений, без необходимости пересчета всей совокупности данных или, например, использовать нейронное моделирование.

Итоговые значения, с присвоением очередей каждому из значений (табл. 7), могут использоваться для формирования заданий по каждому из подразделений.

Таблица 6
Результаты значений с перераспределенными очередями запуска сборочных единиц

№ сборочно-го узла	Время изготовления (ч.)	Дефицит ПКИ (%)	ТУ (ср. значение)	Расстояние от максимума до k1	Расстояние от максимума до k2	Расстояние от максимума до k3	Расстояние от максимума до k4	Очередь с перераспределением
1	54,00	25,50	18,00	110,15	0,00	66,31	112,32	2
2	33,00	11,00	18,00	160,47	50,32	15,99	62,00	3
3	185,00	15,24	18,00	0,00	110,15	176,46	222,47	1
4	186,00	13,15	18,00	3,17	106,98	173,29	219,30	1
5	5,00	2,35	0,00	230,78	120,63	54,32	8,31	4
6	6,00	0,00	0,00	234,47	124,32	58,01	12,00	4
7	12,00	10,00	0,00	208,47	98,32	32,01	14,00	4
8	8,00	5,00	0,00	222,47	112,32	46,01	0,00	4
9	13,00	10,50	0,00	206,47	96,32	30,01	16,00	4
10	8,00	1,47	0,00	229,54	119,39	53,08	7,07	4
11	2,00	0,00	0,00	238,47	128,32	62,01	16,00	4
12	2,00	4,60	0,00	229,09	118,94	52,63	6,62	4
13	9,00	0,00	0,00	231,47	121,32	55,01	9,00	4
14	8,00	0,00	0,00	232,47	122,32	56,01	10,00	4
15	7,00	0,00	0,00	233,47	123,32	57,01	11,00	4
16	1,00	0,00	0,00	239,47	129,32	63,01	17,00	4
17	2,00	0,00	0,00	238,47	128,32	62,01	16,00	4
18	5,00	5,47	0,00	224,53	114,38	48,07	2,06	4
19	12,00	11,50	0,00	205,47	95,32	29,01	17,00	4
20	15,00	12,00	18,00	176,46	66,31	0,00	46,01	3

Для оценки кластеризации можно воспользоваться соотношениями 9 и 10. Оценим кластеризацию относительно критериев качества разбиения. Сумма квадратов расстояний до центров классов определяется по формуле:

$$P1 = \sum_k \sum_{i \in S_k} d^2(X_i, \bar{X}_k) \quad (9),$$

где k – номер кластера;

\bar{X}_k – центр k – го кластера;

S_k – k – й кластер;

X_i – вектор значений переменных для i -го объекта, входящего в k -й кластер;

$d(X_i, \bar{X}_k)$ – расстояние между i -м объектом и центром k -го кластера.

Таблица 7

Итоговые очереди для запуска сборочных единиц в производство

№ сборочного узла	Время изготовления (ч.)	Дефицит ПКИ (%)	ТУ (ср. значение)	Количество сданных сборочных узлов (шт.)	Итоговая очередь
1	54,00	25,50	18,00	2,00	2
2	33,00	11,00	18,00	2,00	3
3	185,00	15,24	18,00	2,00	1
4	186,00	13,15	18,00	0,00	0
5	5,00	2,35	0,00	2,00	4
6	6,00	0,00	0,00	2,00	4
7	12,00	10,00	0,00	2,00	4
8	8,00	5,00	0,00	2,00	4
9	13,00	10,50	0,00	2,00	4
10	8,00	1,47	0,00	2,00	4
11	2,00	0,00	0,00	2,00	4
12	2,00	4,60	0,00	2,00	4
13	9,00	0,00	0,00	2,00	4
14	8,00	0,00	0,00	2,00	4
15	7,00	0,00	0,00	2,00	4
16	1,00	0,00	0,00	2,00	4
17	2,00	0,00	0,00	2,00	4
18	5,00	5,47	0,00	2,00	4
19	12,00	11,50	0,00	2,00	4
20	15,00	12,00	18,00	2,00	3

$$P2 = \sum k \sum j (\delta_{kj})^2 \quad (10),$$

где $(\delta_{kj})^2$ – дисперсия j -й переменной в кластере S_k .

Оптимальным, при такой оценке, следует считать то разбиение, при котором суммы $P1$ и $P2$ будут минимальными [8].

Анализ алгоритма классификации показал: критерии качества классификации характеризуют постепенное улучшение: от начальной кластеризации (метод одиночной связи), с применением алгоритма кратчайшего пути ($P1 = 818,9$; $P2 = 437,51$), до итогового перераспределения очере-

дей ($P1 = 660,6$; $P2 = 168,4$). Анализ изделия №1 показал, что сначала необходимо запустить в производство сборочный узел №4, затем сборочный узел №3, №1, группу узлов №2 и №20, в последнюю очередь группу узлов №5 - №19.

Выводы:

1. Совокупность предложенных методов, основанная на кластеризации, алгоритме кратчайшего пути и перераспределения, ориентирована на максимально возможный ранний запуск сборочных узлов, которые будут изготавливаться впервые, далее относительно максимизации совокупности

показателей времени изготовления, наличия технических условий и покупных комплектующих изделия.

2. Использование совокупности методов показало, что сглаживание погрешности цикла изготовления происходит за счет формирования однородных групп. Время для очереди четыре находится в диапазоне от 1 до 12 часов без наличия характеристики «Технические условия», которая добавляет сборочным единицам n количество времени, процентом ПКИ $< 25\%$ и количеством изготовления ≈ 5 раз.

3. Апробация совокупности методов показала, что горизонт планирования для предприятий с конструктивно сложными изделиями – месяц. В рамках месяца планирование регулируется очередями. Очередность с показателями выработки по подразделениям может быть переведена в показатели даты. Следовательно, возможен расчет суточных заданий, но погрешность будет выше. Задание для подразделений предприятия необходимо формировать с учетом множества факторов. Перечислим некоторые из них: партии, рабочий состав (учет разрядности, профессии, бригадной работы и т.д.) [1].

Предложенный метод может быть применен, как часть блока планирования, с целью получения практически значимых сбалансированных групп, регулирующих работу подразделений предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акмаева Р.И. Развитие эффективного менеджмента на промышленных предприятиях современной России: монография. Астрахань: Изд-во: Сорокин Роман Васильевич, 2007. 290 с.
2. Болдырева Н.П. Сущность эффективности развития промышленных предприятий в рыночных условиях и ее основные виды // Наукоедение. 2015. №6. С. 1-11.
3. Боховко А.Г., Егоренко М.В. Кластерный анализ как средство группировки исследуемых переменных // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №7. С. 25-28.
4. Князь Д. В. Методы кластеризации многомерных статистических данных [Электронный ресурс] // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского университета. 2014 [Электронный ресурс] - URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>.
5. Марков В.А., Фомина А.С. Многомерные статистические методы выявления экономической кластеризации в регионах на основе индикатор рынка труда // Вестник Поволжского института управления. 2013. №4. С.85-92.
6. Миркин Б. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор: препринт. М.: Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. 88 с.
7. Семенов К.С. Экономико-математическое моделирование как функция управления (на примере регионального предприятия газовой промышленности) // Региональная экономика: теория и практика. 2014. №45. С.46-61.
8. Сердобинцев Д.В., Юркова М.С. Методы выявления и формирования инновационных территориальных кластеров в молочнопродуктовом комплексе АПК Поволжья // Молочнохозяйственный вестник. 2017. №3. С.212-228.
9. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки // Вестник НГИЭИ. 2012. №2. С. 51-56.
10. Разумный Ю.Н., Евтушенко О.Н. Кластерный анализ социально-экономического развития стран и регионов как инструмент отбора потенциальных рынков сбыта инновационной продукции и услуг космической области // Computational nanotechnology. 2015. №1. С.44-50.
11. Sazonova E., Burkov A. Use of mathematical modeling in the production structure // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. Economics:research articles. 2014. vol.4. Pp.138-142.

Рукопись поступила в редакцию 16.02.18

ESTABLISHMENT OF SEQUENCE OF START OF THE ASSEMBLY UNITS WITH A VIEWS OF REDUCTION OF DURATION OF THE CYCLE OF PRODUCTION PROCESS

E. Vasileva

The question of planning of products with a considerable quantity of levels of the division, consisting of details of own manufacturing, details with completion, purchased completing and assembly knots is considered. In practice actual there is a problem of planning of details and assembly knots, with the big percent of skilled-statistical norms, expert estimations of time of a cycle or their full absence, difficult in accuracy of rationing by manual operations of assemblage and adjustment, acceptance and other kinds of tests. The calculation of the sequence of assembly units with indistinctly defined production cycles is proposed, when the cycle of the production process can not be determined as accurately as possible. The method is based on use the cluster analysis, algorithm "CRAB" and redistribution. The accuracy of the final partition on the turn is confirmed by the criteria for the quality of the partition. The advantage is the minimum input conditions and the lower requirements for the accuracy of the input data. It gives the chance to provide smooth transition to new standards of the Industry 4.0.

Key words: cluster analysis, redistribution, assembly unit, the module of planning of manufacture, duration of a production cycle.

References

1. Akmaeva R.I. Razvitie ehffektivnogo menedzhmenta na promyshlennyyh predpriyatiyah sovremennoj Rossii: monografiya. Astrahan': Izd-vo: Sorokin Roman Vasil'evich, 2007. 290 s.
2. Boldyreva N.P. Sushchnost' ehffektivnosti razvitiya promyshlennyyh predpriyatij v rynochnyyh usloviyakh i ee osnovnyye vidy. Naukovedenie. 2015. №6. S. 1-11.
3. Bohovko A.G., Egorenko M.V. Klasternyj analiz kak sredstvo gruppirovki issleduemyyh pere-mennyh. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. №7. S. 25-28.
4. Knyaz' D. V. Metody klasterizacii mnogomernyyh statisticheskikh dannyh [EHlektronnyj resurs]. Molodezh' i nauka: sbornik materialov H YUbilejnoj Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyyh s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 80-letiyu obrazovaniya Krasnoyarskogo universiteta. 2014 [EHlektronnyj resurs] - URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>.
5. Markov V.A., Fomina A.S. Mnogomernyye statisticheskie metody vyyavleniya ehkonomicheskoy klasterizacii v regionah na osnove indikator rynka truda. Vestnik Povolzhskogo instituta upravleniya. 2013. №4. S.85-92.
6. Mirkin B. Metody klaster-analiza dlya podderzhki prinyatiya reshenij: obzor: preprint. M.: Izd. dom Nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta «Vysshaya shkola ehkonomiki», 2011. 88 s.
7. Semenov K.S. EHkonomiko-matematicheskoe modelirovanie kak funkciya upravleniya (na primere regional'nogo predpriyatiya gazovoj promyshlennosti). Regional'naya ehkonomika: teoriya i praktika. 2014. №45. S.46-61.
8. Serdobincev D.V., YUrkovala M.S. Metody vyyavleniya i formirovaniya innovacionnyh territorial'nyh klasterov v molochnoproduktovom komplekse APK Povolzh'ya. Molochnohozyajstvennyj vestnik. 2017. №3. S.212-228.
9. Suslov S.A. Klasternyj analiz: sushchnost', preimushchestva i nedostatki. Vestnik NGIEHI. 2012. №2. S. 51-56.
10. Razumnyj YU.N., Evtushenko O.N. Klasternyj analiz social'no-ehkonomicheskogo razvitiya stran i regionov kak instrument otbora potencial'nyh rynkov sbyta innovacionnoj produkcii i uslug kosmicheskoy oblasti. Computational nanotechnology. 2015. №1. S.44-50.
11. Sazonova E., Burkov A. Use of mathematical modeling in the production structure. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. Economics: research articles. 2014. vol.4. Pp.138-142.