

Кластеризация процессов промышленного предприятия в методе их адаптации под заказ

А. О. Голубева, Г. Л. Виноградова

Костромской государственной технологической университет, г. Кострома

В рыночных условиях, когда требования производства и показатели внешней среды динамично меняются, структура управления (СУ) предприятием должна обладать свойством адаптивности. Однако, несмотря на 20-летний период рыночных отношений, большое количество отечественных предприятий имеют иерархическую структуру системы управления, которая не обладает адаптационными возможностями и является громоздкой в силу избыточности различных функций и связей.

Реорганизация иерархических структур, формирование у СУ свойства адаптивности является сложным процессом с высокими рисками. Более эффективным решением проблемы может быть настройка процессов подготовки производства в зависимости от характеристик заказа. Такой подход позволит оптимизировать процессы путём устранения избыточных функций и делегирования полномочий. Решить столь сложную задачу можно с использованием инновационных информационных технологий, и в частности в ПК «Cobra++» [5].

При разработке методики адаптации процессов выявлены характеристики заказов, влияющих на состав функций в процессах подготовки производства. Задача решалась на примере предприятия по пошиву одежды. На предприятиях такого типа заказы ранжируются по следующим признакам: величина объема, частота заказов (постоянные, периодические, разовые), тип (государственный, коммерческий), сезонность, потребительская категория (детская, мужская или женская), целевая ориентация (на рынок, на заказ), возобновляемость модели (серийность), уровень модернизации (новый, типовой, модернизированный), отношение к размерному ряду (стандартный, уникальный), требования к качеству [1,7].

На основе метода экспертных оценок выявлены наиболее значимые показатели заказов: уровень модернизации, отношение к размерному ряду и требования к качеству [2].

Система признаков заказов (Pr) представлена в виде $Pr = \{pr_i\}$.

Для отрасли, на примере которой решалась задача, система признаков имеет следующий вид

$$VP = \{vp_i\}, FO = \{fo_i\}, TC = \{tc_i\}, SN = \{sn_i\}, CS = \{cs_i\}, AO = \{ao_i\}, SER = \{ser_i\}, \quad (1)$$
$$LM = \{lm_i\}, SL = \{sl_i\}, RQ = \{rq_i\}, \quad i \in I, I = \{1, 2, \dots, N\},$$

где VP – величина объема, FO – частота заказов, TC – тип, SN – сезонность, CS – потребительская категория, AO – целевая ориентация, SER – возобновляемость модели, LM – уровень модернизации, SL – размерный ряд, RQ – требованиям к качеству.

Соответствие между вышеперечисленными признаками можно представить в виде множества

$$O \subseteq V \times FO \times TC \times SN \times CS \times AO \times SER \times LM \times SLP \times RQ, \quad (2)$$

где O – множество, определяющее правило, по которому вычисляется соответствие, перечисляющее все участвующие в сопоставлении элементы входящих множеств.

На следующем этапе решения задачи методом экспертных оценок определены наиболее значимые показатели заказов. В рассматриваемом примере выявлены следующие признаки: уровень модернизации, отношение к размерному ряду и требования к качеству. Тип заказа (TO) определяется через множество

$$TO \subseteq LM \times SL \times RQ. \quad (3)$$

Декартово произведение (3) порождает различные комбинации значений параметров заказа, а каждая комбинация порождает различный набор функций в бизнес-процессе.

Таким образом, модель функциональных отношений можно представить как

$$\begin{aligned} RF : TO \rightarrow F \\ Time : BP \times TO \rightarrow T, \end{aligned} \quad (4)$$

где RF – отображение типа заказа во множество функций, $Time$ – отображение множества бизнес-процессов и их длительность в зависимости от типа заказа.

Для решения задач генерации моделей процессов в автоматическом режиме и их последующей реализации разработаны системы классификации и кодирования показателей продукции. Анализ особенностей существующих классификационных систем позволил установить, что наиболее эффективным решением поставленной задачи является фасетная система классификации. Для выбранной системы классификации используется параллельное кодирование, когда все фасеты кодируются независимо друг от друга. Разработан алгоритм создания системы классификации и кодирования параметров заказа продукции. Расчётное значение вводится в ИС в соответствующие поля форм, спроектированных в ПК «Cobra++», в результате чего автоматически генерируется модель рационального процесса подготовки производства и изготовления заказа из набора типовых моделей процессов, функционирующих на предприятии [6].

Количество комбинаций (3), порождаемых показателями БП, может быть различным, что создаёт проблему количественного анализа функций процесса и создание для каждой комбинации функций модель процесса. Решением задачи может быть выделение групп схожих БП, изучение их особенностей, анализ необходимых характеристик и построение для каждой группы модели путем выделения прототипа процесса. Эффективным подходом к решению проблемы является применение метода кластеризации. Разбиение выборки на группы позволяет упростить дальнейшую обработку данных и принимать решения по каждому кластеру.

На первом этапе решения задачи проведена выборка для кластеризации данных и определено множество переменных для оценки объектов в выборке. Формальное представление задачи кластеризации процессов промышленного предприятия приведено ниже [3].

Дано множество бизнес-процессов (KBP), каждый из которых представлен набором признаков атрибутов. Требуется построить множество кластеров (C) и отображение (FC) множества KBP на множество C

$$FC : KBP \rightarrow C. \quad (5)$$

Множество KBP определяется следующим образом

$$KBP = \{kbp_1, kbp_2, \dots, kbp_j, \dots, kbp_n\}, \quad (6)$$

где kbp_j – исследуемый БП.

Каждый БП характеризуется набором переменных

$$kbp_j = \{x_1, x_2, \dots, x_h, \dots, x_m\}, \quad (7)$$

где x_h – показатели БП как независимые переменные.

Каждая переменная x_h может принимать различные значения из некоторого множества, т.е.

$$x_h = \{v_h^1, v_h^2, \dots\} \quad (8)$$

Задача кластеризации состоит в построении множества

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_g\}, \quad (9)$$

где c_k – кластер, содержащий схожие между собой объекты из множества KBP

$$c_k = \{kbp_j, kbp_q \mid kbp_j \in KBP, kbp_q \in KBP, d(kbp_j, kbp_q) < \sigma\}, \quad (10)$$

где σ – величина, определяющая степень близости для включения объектов в один кластер.

При анализе группы алгоритмов кластеризации в ходе исследований сделан выбор в пользу неиерархических алгоритмов. Сложность иерархических алгоритмов заключается в том, что они негибки в разрезе полученной классификации и ограничивают набор данных. Неиерархические алгоритмы более устойчивы к шумам и выбросам, к включению незначимых переменных в набор. В качестве алгоритма кластеризации выбран *EM*-алгоритм, который обладает мощной статистической основой и позволяет построить желаемое число кластеров. В отличие от алгоритма *k-means*, применённый алгоритм учитывает фактор перекрываемости кластеров. На начальном этапе кластеризации необходимо выявить степень корреляции данных в выборке. *EM*-алгоритм является основным методом определены оценки максимального правдоподобия параметра, лежащего в основе распределений из множества данных. Алгоритм *EM*- кластеризации не основан на расстоянии, вместо этого, вычисляется вероятность принадлежности каждого наблюдения к каждому кластеру, основанную на выбранном распределении (по умолчанию – нормальное распределение). Конечная цель алгоритма *EM*- кластеризации – нахождение для кластеров решений, которые максимизируют полную вероятность данных, задаваемых конечным решением кластера. Отсюда, в *EM*-кластеризации любая разница в масштабе или интервале переменной, выбранной для анализа, не будет влиять на результат.

Далее приведен пример проведения кластеризации бизнес-процессов подготовки производства для швейного предприятия.

$$KBP = \{kbp_1, \dots, kbp_{12}\},$$

$$kbp_j = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, \quad (11)$$

где x_1 – уровень модернизации, x_2 – размерный ряд, x_3 – требуемое качество, x_4 – количество работ в БП. Каждая из этих переменных принимает следующие значения:

$$x_1 = \{\text{новый, типовой, модернизированный}\},$$

$$x_2 = \{\text{стандартный, уникальный}\},$$

$$x_3 = \{0, 1\},$$

$$x_4 = \{v_h^1, v_h^2 \dots\}. \quad (12)$$

В ходе анализа было выявлено, что коэффициент корреляции переменных находится в диапазоне (0,1..0,5), что считается слабой или умеренной связью.

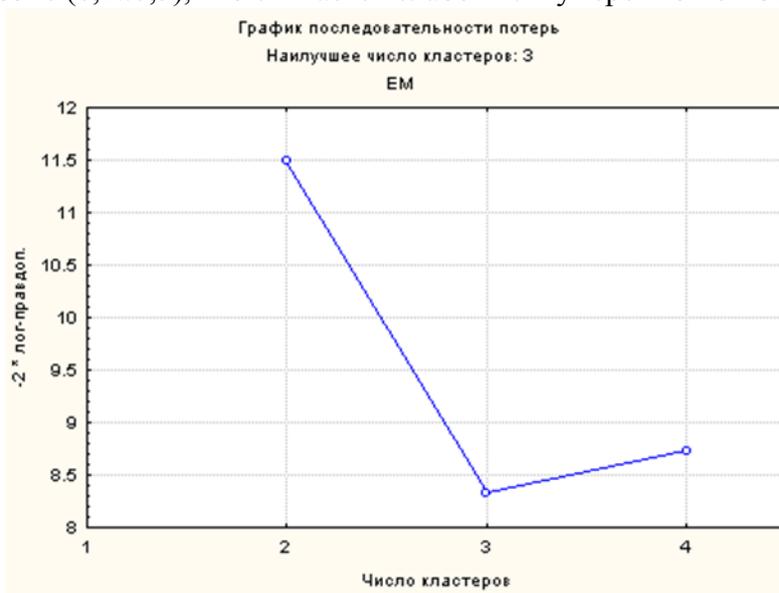


Рис.1 График последовательности потерь

При проведении кластеризации *EM*-алгоритмом было задано три кластера. Это обусловлено «идеологическим» подходом по разделению БП на максимальный, средний и минимальный по сложности. При этом переменным x_1 , x_2 присвоен категориальный тип, а x_3 , x_4 – числовой (по умолчанию тип распределения – нормальный). Далее использовалась кросс-проверка (для нахождения или подтверждения) оптимального числа кластеров. Результат *v*-кросс-проверки с графиком функции ошибки представлен на рис.1, из которого очевидно, что оптимальное количество кластеров – 3.

При оценке полученных кластеров использовался коэффициент сложности бизнес-процесса, определяемый как отношение количества уровней декомпозиции модели процесса к сумме работ процесса [4]. Первый кластер характеризуется либо новым уровнем модернизации и стандартным размерным рядом, либо типовым уровнем модернизации и уникальным размерным рядом, и обладает средней сложностью среди выявленных кластеров (коэффициент сложности = 0.19). Второй кластер характеризуется стандартным размерным рядом, уровнем модернизации типовым или модернизированным, наименьшей сложностью (коэффициент сложности = 0.27). Третий кластер характеризуется уникальным размерным рядом, уровнем модернизации новым или модернизированным, наибольшей сложностью (коэффициент сложности = 0.15).

Для каждого кластера выбирается БП с наибольшим коэффициентом сложности для максимального включения в процесс функций. Полученные прототипы позволяют не только упростить анализ характеристик БП (время, стоимость, фрагментарность), но и облегчить реализацию в ПК «Cobra++», на выбранном программном обеспечении.

Таким образом, показано применение кластеризации бизнес-процессов промышленного предприятия в механизме адаптации процессов, выявлены прототипы для каждого из полученных кластеров. Данный подход сокращает время анализа характеристик БП и их реализацию, что способствует эффективной работе механизма адаптации процессов под заказ в информационной среде.

Литература

1. Голубева А. О. Мониторинг заказов промышленного предприятия при переходе к адаптивным системам управления [текст] // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-технической конференции «Промышленная безопасность» - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. – С. 100 – 102
2. Виноградова Г.Л., Голубева А.О. Методика ранжирования показателей заказов при разработке адаптивных структур управления предприятием [текст]// Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции «Социально-экономическое развитие России в XXI веке» - Иваново, Научная мысль, 2011. – С. 23-25
3. Барсегян А. А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. 2-е издание. – Санкт-Петербург: БХВ- Петербург, 2007. – С. 143-147
4. Чупров К.К. Экспресс-метод диагностики бизнес-процессов компании [электронный ресурс] // <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml>
5. Шведенко В. Н. Технология быстрой разработки баз данных и приложений пользователя в системе «Cobra++» [Текст] / В. Н. Шведенко, Р. А. Набатов // Программные продукты и системы, 2008, № 2.
6. Серёдкин А.Н., Виноградова Г.Л. Модель системы управления сельскохозяйственными потребительскими кооперативами [текст]// Инженерный вестник Дона. 2011. Т. 15. № 1. С. 99-101.
7. Кириченко И.А., Старченко И.Б. Принцип адаптивного подхода к управлению характеристиками акустических систем [текст]// Инженерный вестник Дона. 2011. № 4.

