УДК 658.78
DOI 10.17223/19988648/31/7

В.Ю. Конотопский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВС-АНАЛИЗА

Предпринята попытка сформулировать основные аспекты оригинального подхода к сегментации множественных экономических объектов, подчиняющихся закону Парето. Показана условность и недостаточная конструктивность традиционного АВС-метода сегментации. В качестве позитивной альтернативы предложен метод технологических зон, при этом в роли полигона для разработки его исходных положений использована логистика многономенклатурных материальных потоков. Построена оптимизационная модель, реализующая данный метод в простейшем варианте, или являющаяся начальным шагом его реализации в логистической практике. Предложен относительно простой метод консолидации получаемых по данной модели зон с целью повышения эффективности применяемых технологий. Предложена идея широкого применения нового метода на основе разработки комплексов упрощенных объектно-ориентированных методик сегментации, рассчитанных на конкретные типовые технологии и условия их применения. Это позволит совместить требования прямого приложения эффективных сегментационных решений с доступностью их получения пользователями ограниченной квалификации и информационной обеспеченности.
Ключевые слова: *сегмент совокупности, частотная характеристика совокупности, номенклатурная позиция, классификация, распределение ресурсов, технология переработки грузопотока, эффективность обслуживания, закрепление технологий, технологическая зона, консолидация зон, квантильный ряд.*

Данный метод, широко известный и давно применяемый в логистике и за ее пределами, опирается на едва ли не универсальный феномен неравномерного распределения значений многих признаков между единицами совокупностей объектов технического и социально-экономического типа. Это вызывает естественный отклик в виде попыток рациональной дифференциации в распределении материальных и прочих ресурсов, а также усилий менеджмента между подмножествами конкретной совокупности, существенно различающимися уровнями актуальных признаков. Общеизвестен закон Парето, иначе называемый «законом 20/80», как теоретическая основа данной дифференциации. Метод АВС-анализа является его наиболее распространенной трансформацией в научно-прикладную и практическую сферы.

Практически все описания метода и его приложений предполагают деление актуальной совокупности на три класса (сегмента) – А, В и С в зависимости от уровня проявления рассматриваемого признака (как правило, это частота появления тех или иных значений признака у единиц совокупности). Естественно предположить, что за выделением сегментов должно последовать назначение каждому из них отдельной стратегии управления, методики решения актуальных задач или технологии осуществления необходимых процессов над единицами совокупности. Позитивный смысл данного разделения состоит в реализации особого направления решения универсальной для систем управления задачи распределения ограниченных ресурсов между их сегментами (подсистемами). Известные нам работы в этой области дают описание и характеристику не менее полудюжины методов деления списка единиц совокупности на три вышеупомянутых сегмента, указывая одновременно на их сильные и слабые стороны [1. С. 23–26, 2. С. 88–108, 3. С. 535–540], однако нигде не содержится хотя бы общих рекомендаций по выбору конкретных методов для объектов определенных типов. Упомянутые «плюсы» и «минусы» отражают только сложность соответствующих вычислительных процедур и условно оцениваемую близость получаемой укрупненной частотной характеристики совокупности, каковой является ABC-классификация, к развернутой[1].

В итоге для каждой конкретной частотной статистики может быть применено несколько ситуационно доступных методов и получено соответствующее количество разбиений, различия между которыми в отдельных случаях могут быть довольно велики. Никем из авторов даже не ставится вопрос о критерии оптимальности разбиения. Это приводит к необходимости принятия эвристического решения, с адекватными рисками использования его результатов. Последовательное использование в одной и той же ситуации нескольких методов является примером вульгарного и зачастую неэффективного метода проб и ошибок. По мнению автора, поиск наилучшего метода носит (по крайней мере, преимущественно) абстрактный характер, напоминающий попытку найти некий аналог «золотого сечения». Мы считаем данное направление бесперспективным, не отрицая того, что частотный анализ состояний и динамики множественных объектов любой природы (будем далее называть их Q-объектами) и закон Парето как один из его наиболее фундаментальных результатов очень полезны для поиска путей повышения эффективности их функционирования.

Позитивным мы считаем такое использование результатов этого анализа, которое связано с постановкой и решением задачи максимизации эффективности функционирования Q-объекта за счет оптимального распределения внутри его ограниченных производственных и управленческих ресурсов. Одновременно следовало бы поставить «наивный» вопрос – на сколько частотных сегментов следует разбивать множество Q в каждом конкретном случае?

Абсолютное большинство авторов принимают триаду ABC как безальтернативный вариант[2], хотя формулировка закона Парето, гласящая: «Внутри определенной группы или множества отдельные малые части обнаруживают намного большую значимость, чем это соответствует их относительному удельному весу в этой группе» [2. С. 88], всего лишь выделяет ограниченное число ведущих сегментов, структурирование же списка элементов Q в целом предоставлено усмотрению исследователя. Мы не видим каких-либо объективных оснований канонизировать здесь триаду, хотя можно согласиться, что часто она удобна для иллюстрации метода ABC и предварительной статистической обработки соответствующих вариационных рядов.

---

[1] Здесь это вторичный вариационный ряд.

[2] Нам известен только один источник [4. С. 30–33], предлагающий деление на пять сегментов: A, B, C, D, X.

Необходим принципиально иной подход к сегментации Q – определению числа сегментов и их границ, предполагающий наличие для этого объективной и конкретной основы. Выше отмечалось, что «точку опоры» мы видим в оптимизации состояния Q за счет наилучшего распределения между ее элементами ограниченных ресурсов с различным уровнем показателей эффективности их применения к единицам Q в зависимости от типа последних. Например, в сфере складской логистики это места хранения различной доступности, подъемно-транспортное оборудование различной производительности, работники разного уровня квалификации и оснащенности и т.п. «Методология ABC» сформировала особый сектор деятельности по оптимизации работы больших систем, который условно можно назвать частотно-распределительным. Так как разнообразие фигурирующих в подобных задачах типов ресурсов практически безгранично, будем далее обобщенно называть их технологиями. Продолжая приводить складские объекты в качестве примера, отметим, что на них часто параллельно используется несколько технологий переработки проходящего грузопотока, как сквозных, так и локальных (так называемых участковых), особенно на универсальных складах с широкой номенклатурой хранения. Складской грузопоток – типичный пример многоэлементного объекта с четко выраженным неравенством частот присутствия в нем различных элементов, в данном случае это номенклатурные позиции (НП) [4. С. 29–34; 5. С. 256–260].

При использовании ряда хотя бы частично взаимозаменяемых по отношению к отдельным НП технологий обработки потока возникает задача оптимального (или хотя бы рационального) закрепления каждой из них за конкретными сегментами потока, причем каждый элемент в данном случае характеризуется только частотой его появления (или присутствия) в грузопотоке. Решение задачи означает распределение списка НП потока, формально описываемого вторичным атрибутивным вариационным рядом, на технологически однородные сегменты (зоны). Далее будем называть этот подход TZ (technological zone)-методом. Дадим краткое формальное описание задачи в простейшей постановке.

Пусть задан ранжированный по убыванию вектор частот потока НП – $\bar{Q} = (q_1, \ldots, q_2, \ldots, q_n)$, n – число НП в потоке, q_i – частота i-й НП. Для обслуживания потока имеется множество технологий $\mathrm{T}_j, j = \overline{1, m}$. Каждой из них свойствен определенный набор характеристик, из которых здесь актуален только вектор значений условного показателя эффективности «обслуживания» единицы потока в случае применения T_j[1] к i-й НП[2] – $(\rho_{1j}, \rho_{2j}, \ldots, \rho_{nj})$. Полная совокупность таких показателей составляет матрицу $\|\rho_{ij}\|$. В случае неприменимости T_j к i-й НП соответствующие позиции матрицы заполняются нулями[3]. Аналогично введем матрицу $\|\lambda_{ij}\|$ удельных затрат ресурса j-й технологии на единицу i-й НП[4] и матрицу объемных ограничений

[1] Здесь и далее «T_j» используется как обозначение j-й технологии.

[2] Конкретизация данного абстрактного показателя связана со спецификой рассматриваемых множественных объектов и общесистемных критериев их оптимизации.

[3] Для использования в вычислительных процедурах.

[4] Для большинства логистических объектов характерно соотношение «$i \gg j$».

на использование технологий за принятый учетный (в частности, календарный) период – $\|\lambda_j\|$. Это могут быть, например, максимально доступные фонды времени работы соответствующих технических средств или персонала логистического объекта. Для удобства дальнейшего описания примем, что вектор T_j упорядочен по убыванию средней эффективности технологий. Введем переменную x_{ij} – признак закрепления j-й технологии за i-й НП, принимающий нулевое значение, если эта технология не применяется для обслуживания i-й НП, и положительное, если иначе, причем масштаб применения определяется модулем x_{ij}.

Предлагается следующая модель определения оптимального распределения технологий между НП:

целевая функция

$$\psi = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} x_{ij} * q_i * \rho_{ij} \longrightarrow max, \tag{1}$$

ограничения, учитывающие доступные ресурсы технологий:

$$\sum_{i}^{n} x_{ij} q_i \lambda_{ij} \leq \lambda_j \text{ для всех } j = \overline{1,m}, \tag{2}$$

ограничения обязательного «обслуживания» всех НП

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij}\, q_i = q_i \text{ для всех } i = \overline{1,n}\,, \tag{3}$$

ограничения неотрицательности искомых переменных

$$x_{ij} \geq 0 \text{ для всех } i = \overline{1,n} \text{ и } j = \overline{1,m}. \tag{4}$$

Разумеется, перечисленные типы ограничений образуют лишь абсолютный минимум для моделей этого типа. В конкретных случаях он должен быть дополнен рядом особых условий, формализующих специфику отношений «НП ↔ технология». Среди них в первую очередь отметим ограничения на использование определенных технологий при обслуживании ряда НП. Формально это означает априорное присвоение нулевых значений некоторым переменным x_{ij} (недопустимость j-й технологии для i-й НП) или присвоение им значений $a_{ij} = \max(x_{ij}) = {}^{q_i}/_{\lambda_{ij}}$ (j-я технология, единственная из возможных для i-й НП).

Следует отметить возможность использования в подобных задачах булевых переменных $\{(x_{ij} = 0) \cup (x_{ij} = 1)\}$ в ситуации «технологической неделимости» НП (при обслуживании i-й НП некоторой T_j к ней «не допускаются» другие технологии). Исходная же постановка задачи ($x_{ij} \geq 0$) предполагает, что такой «допуск» возможен хотя бы для одной другой технологии. В конкретных реализациях модели могут одновременно использоваться оба типа данной переменной.

Полученная матрица решений $\|x_{ij}\|$ задает закрепление технологий за конкретными множествами НП, т.е. разделение Q на «технологические зоны», которое рассматривается нами как направление естественного и позитивного использования факта существенно неравного наличия в обслуживаемом потоке объектов различного типа и как альтернатива традиционным АВС-методикам. Если допустить, что рассматриваемая система обслуживания потока не имеет избыточных технологических ресурсов (величина $\|\lambda_j\|$ адекватна мощности потока), то количество таких зон больше или равно m, т.е. зависит в первую очередь от числа доступных технологий. Равенство соответствует наиболее естественному с точки зрения организации обслуживания случаю непрерывности всех зон, т.е. в матрице $\|x_{ij}\|$, имеющей в этом случае квазидиагональный вид, в каждом столбце все ненулевые элементы расположены непрерывно. Они же задают границы определяемых моделью (1)–(4) зон. Если в ее j-м столбце через $i_{j\text{н}}$ и $i_{j\text{к}}$ обозначить номера соответственно первого и последнего ненулевых элементов, то номенклатурный сегмент $[i_{j\text{н}}; i_{j\text{к}}]$ является j-й технологической зоной. При этом $i_{j\text{к}}$ и $i_{(j+1)\text{н}}$ могут совпадать, если соответствующие им переменные x_{ij} не являются булевыми. Номера НП типа $i_{j\text{н(к)}}$ – это аналоги границ «А→←В» и «В→←С» в обычной триаде.

Очевидно, что такой вид $\|x_{ij}\|$ обусловлен квазидиагональным видом вспомогательной матрицы[1]:

$$\|\rho^*_{ij}\| = \left\| \begin{matrix} \rho_{ij}, \text{если } (\rho_{ij} - \max_i \rho_{ij}) = 0 \\ 0, \text{если} (\rho_{ij} - \max_i \rho_{ij}) < 0 \end{matrix} \right\|,$$

т.е. обе матрицы структурно идентичны. Данная ситуация заслуживает первоочередного внимания в силу не только своей простоты, но и соответствия универсальным принципам организации производственных систем[2], в первую очередь специализации и концентрации. Структурно рациональный комплекс средств обслуживания потока, основанный на эффективных организационно-технических решениях и функционирующий в оптимальных режимах, адекватен именно таким решениям задачи. Прерывный характер j-зон может быть обусловлен либо серьезными ошибками при построении данного комплекса, либо непредвиденными изменениями в структуре потока, не соответствующими ранее заданной предметной специализации обслуживающей производственной системы (комплексу j-технологий). Формальной причиной этого является несоответствие относительно критерия (1) между структурами вектора частот $\bar{Q}$ и матрицы $\|\rho_{ij}\|$. Одним из позитивных последствий устранения несоответствия между потоком и системой обслуживающих техноло-

[1] Эта матрица необходима для показа логики генерации оптимизационным алгоритмом матрицы $\|x_{ij}\|$, в ней четко отмечены наиболее эффективные сочетания «i-я НП ↔ j-я технология».

[2] Понимаются в широком смысле как системы любой материальной природы, предназначенные для реализации процессов целесообразного преобразования потока предметов труда, в том числе и нематериальных.

гий является диагонализация матрицы $\|x_{ij}\|$. Очевидно, что фрагментарный характер j-зон снижает в общем случае эффективность соответствующих производственных подсистем[1], поэтому такой результат решения по модели (1)–(4) сразу приводит к постановке задачи их эффективной консолидации. Мы не будем здесь останавливаться на ее основательном рассмотрении, которое, на наш взгляд, потребует отдельного исследования. Отметим, что критерием эффективности консолидации должны быть показатели, содержательно близкие к (1). Применяемые формальные методы могут заметно различаться сложностью – от простых схем взвешенного центрирования (веса – частоты q_i) до оптимизационных моделей. В частности, модель (1)–(4) можно дополнить условиями консолидированности каждой j-зоны, что, к сожалению, приведет к ее существенному усложнению вплоть до необходимости использования многошаговой оптимизационной процедуры. Еще одним достаточно очевидным вариантом консолидации является использование модели целочисленного программирования, где в качестве переменных используются «сдвиги по индексу i» (обозначение $\Delta i(j_0)$) ненулевых значений x_{ij}, полученных из (1)–(4) по критерию минимизации снижения полученного априори значения (1). В связи с последним предложением у читателя может возникнуть вопрос: зачем улучшать уже полученное оптимальное решение? Ответ – пространственная и предметная консолидация приложения технологий дает эффект эмерджентности, который не может быть выражен с помощью линейных моделей типа (1)–(4). Постоянные параметры ρ_{ij} отражают условно-усредненный уровень эффективности использования ресурсов технологий, хотя в реальных производственных системах он заметно варьирует под влиянием уровня консолидации j-зон.

Ряд возможных вариантов достижения консолидации может быть продолжен, однако даже их краткое описание означало бы отдаление от основной темы статьи. Поэтому кратко рассмотрим только простейший из них – процедуру центрирования, которая проводится изолированно для столбцов матрицы $\|x_{ij}\|$. Пусть k ненулевых элементов j_0-го столбца не образуют непрерывный массив, т.е. соответствующие им индексы i не удовлетворяют условию

$$i(j_0)_{\xi+1} = i(j_0)_{\xi} + 1, \qquad \xi = \overline{1, k-1}.$$

Тогда на 1-м шаге рассчитывается центрированный индекс данной зоны

$$\bar{\imath}(j_0) = \frac{\sum_{\xi=1}^{k} i_{\xi} * q_{\xi}}{\sum_{\xi=1}^{k} q_{\xi} \equiv Q_{\xi}},$$

это центр приложения j_0-й технологии, в общем случае нецелочисленный.

На 2-м шаге устанавливаются расчетные границы j_0-й технологической зоны: начальная – $i_{\text{н}}(j_0)$ и конечная – $i_{\text{к}}(j_0)$:

[1] На практике это часто приводит к дефициту ресурсов для «распределенных» технологий или ограничивает масштаб их применения.

$$i_{\text{н}}(j_0) = \max_{i<\bar{\imath}(j_0)} \left\{ \left[\frac{q_{\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow} - q_{\{\bar{\imath}(j_0)\}\uparrow}}{\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow - \{\bar{\imath}(j_0)\}\uparrow} \cdot \left\{ \{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow - \{\bar{\imath}(j_0)\} \right\} + \sum_{i=\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow}^{i_{\text{н}}(j_0)<\bar{\imath}(j_0)} q_{\text{i}} \right] \geq \frac{Q_\xi}{2} \right\},$$

$$i_{\text{к}}(j_0) = \min_{\text{i}>\bar{\imath}(j_0)} \left\{ \left[\frac{q_{\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow} - q_{\{\bar{\imath}(j_0)\}\uparrow}}{\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow - \{\bar{\imath}(j_0)\}\uparrow} \cdot \left\{ \{\bar{\imath}(j_0)\} - \{\bar{\imath}(j_0)\}\uparrow \right\} + \sum_{i=\{\bar{\imath}(j_0)\}\downarrow}^{i_{\text{к}}(j_0)>\bar{\imath}(j_0)} q_{\text{i}} \right] \geq \frac{Q_\xi}{2} \right\}.$$

Если x_{ij} являются булевыми, то процедуру (точнее, ее формальную часть) можно считать завершенной, иначе должен последовать 3-й шаг, на котором решается задача распределения обслуживания граничных НП между j_0-й и соседними в Т_j технологиями. Его описание здесь явно излишне, так как содержит в основном технические аспекты, тем более что в его рамках может потребоваться дополнительная коррекция границ технологических зон, если в результате 2-го шага окажутся превышенными лимиты использования ресурсов некоторых технологий, т.е. нарушено ограничение (2).

Процедура определения границ j-зон радикально упрощается при замене матрицы $\|\rho_{ij}\|$ на вектор $\overline{\rho_j}$, т.е. при допущении постоянства эффективности применения каждой i-й технологии ко всем НП, что позволяет сформировать ранжированный по убыванию $\overline{\rho_j}$ ряд Т_j. Тогда Т_1 закрепляется за 1-й НП. Если ресурсов Т_1 оказывается недостаточно для ее обслуживания, то она дополняется Т_2, и т.д. Если же ресурс Т_1 превышает потребность данной НП, то оставшаяся его часть поступает в распоряжение 2-й НП и т.д. до исчерпания либо потребностей всего ряда НП, либо ресурса замыкающей технологии Т_m. Получаемая в результате матрица $\|x_{ij}\|$ является гарантированно квазидиагональной.

Для реальных промышленных и логистических объектов число технологических зон невелико, хотя и не привязано к «3». Появление относительно большого их числа ($j_{\max} \geq 5 \div 6$) обычно обусловлено комбинированием различных компонентов немногочисленных «чистых» технологий.

Отдельно следует рассмотреть теоретически возможную ситуацию «естественного» разбиения потока (Q-ряда) на несколько частотно-обособленных субпотоков (сегментов). Пусть $\left\{ \left(q_1, \ldots, q_{l_1}\right), \left(q_{l_1+1}, \ldots, q_{l_2+l_1}\right), \ldots, \left(q_{n-l_k+1}, \ldots, q_n\right) \right\}$ – частотный ряд, состоящий из k сегментов ($k \ll n$), где l_ζ – величина ζ-го фрагмента. Каждый фрагмент представляет собой ряд со средним α_ζ и дисперсией σ_ζ. В силу принятого для Q-рядов упорядочения $\alpha_1 > \alpha_2 > \ldots > \alpha_k$. Причем для любого $\zeta > k$ выполнено условие $\left(\alpha_\zeta - \alpha_{\zeta+1}\right) \gg \max_\zeta \sigma_\zeta$, т.е. границы частотных сегментов заданы достаточно четко. Графический пример подобного ряда показан на рис. 1.

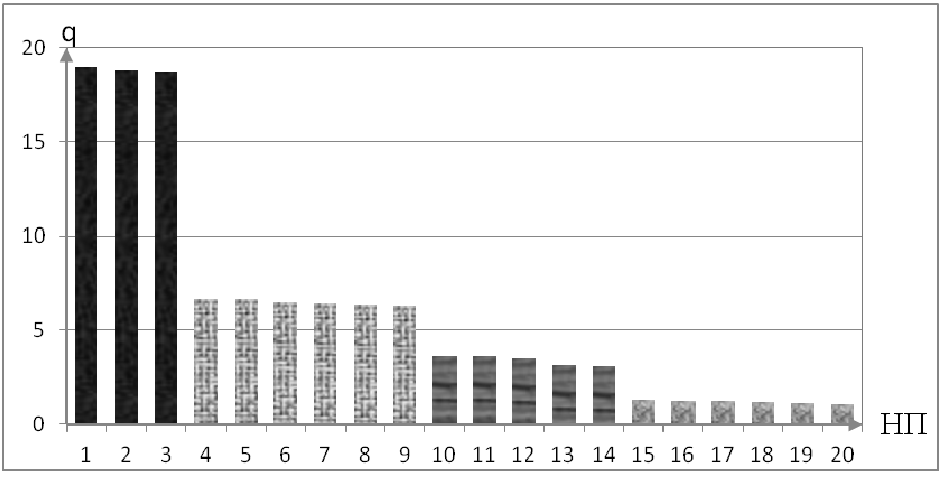

Рис. 1. Вариант «естественного расщепления» Q-ряда

Такая конфигурация ряда на первый взгляд значительно упрощает задачу рациональной привязки имеющихся технологий к НП потока, задавая естественные границы их применения, так как привязка осуществляется в первую очередь по принципу соответствия производительности технологии (типового технологического модуля) мощности перерабатываемой ею части потока, формально это вышеобозначенный ζ-сегмент Q-ряда. Не менее привлекательна она и возможностью относительно легко решать сопряженные задачи формирования рациональной объемной структуры ресурсов применяемых технологий, например, определение численности единиц оборудования различных типов, персонала различного уровня квалификации и т.д.

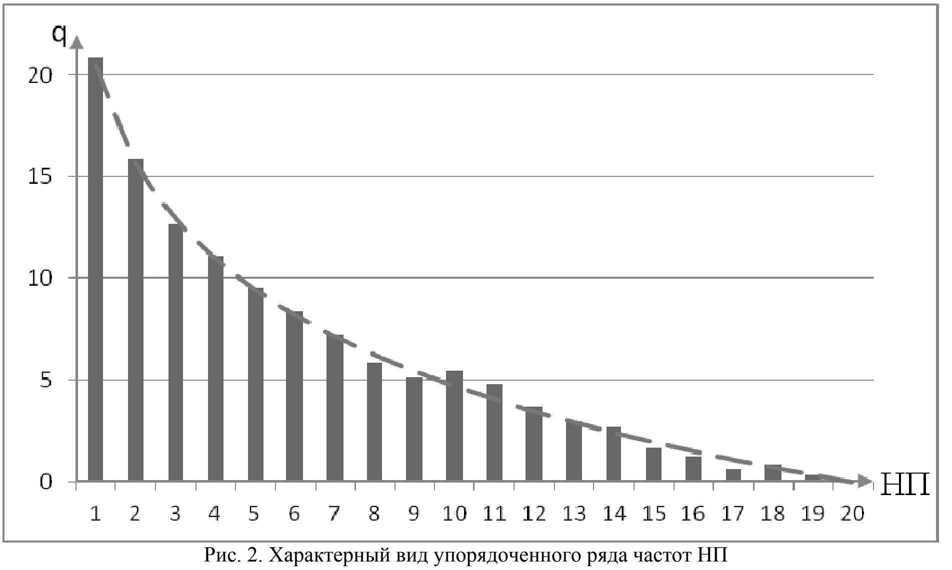

Рис. 2. Характерный вид упорядоченного ряда частот НП

Однако автор не располагает данными из литературных источников о существовании подобных Q-конфигураций. Его собственный опыт работы с реальными статистическими данными также не дает оснований рассчитывать на возможность их существования где-либо как устойчивого статистического явления. Практика подтверждает типичность «классической» формы Q-ряда с монотонно возрастающей отрицательной первой производной и возрастающим радиусом кривизны[1] (рис. 2). Впрочем, даже при наличии подобного «естественного» расщепления Q-ряда в общем случае остается нерешенным вопрос о границах применения доступных технологий, так как ресурсы их применения в общем случае не пропорциональны потребностям имеющихся сегментов НП. Следовательно, снова приходим к ситуации необходимости решения задачи типа (1)–(4), возможно, с непринципиальными дополнениями, а полученное в результате разбиение будет отличным от «естественного», что лишает последнее практического смысла.

Разумеется, следует отметить то позитивное, что можно позаимствовать из традиционной ABC-методики. Как было отмечено, ABC-группировка является «сверткой» вторичного вариационного ряда – это его компактная, радикально упрощенная модель. Отсюда следует ее демонстрационно-оценочная функция по отношению к исходному ряду. В этом его полезность очевидна, но и здесь возникает нерешенная проблема сопоставимости оценок частотных структур различных рядов[2]. Для этого необходимо «свертывать» все ряды по единой методике, например, делая это с помощью типового квантильного ряда [7. С. 143–149], элементами которого в данном случае являются конкретные НП. Но по какой именно – известная нам актуальная литература не отвечает на этот вопрос. Поиск строго научного ответа, по нашему мнению, относится к компетенции теории статистики, в первую очередь непараметрической. В качестве «пилотного варианта» предлагается использовать для этого децильный вектор накопленных частот $\overline{Q_d} = (d_1, d_2, \dots, d_9)$ Q-ряда, который сочетает компактность описания конфигурации кривой накопленных частот (производна от изображенной на рис. 2) с учетом локальной специфики ее фрагментов [8. С. 8]. Далее следует естественный вопрос о количественной мере близости данных конфигураций, выражаемых с помощью этих рядов. В этой роли можно использовать, например, эвклидово расстояние между векторами типа $\overline{Q_d}$ [9. С. 148–149].

Еще одно «заимствование» связано с очевидным недостатком TZ-метода – трудоемкостью и необходимостью обширного информационного обеспечения. Поэтому для условий реальной логистической практики перспективной может оказаться разработка комплексов упрощенных локально-унифицированных методик (в простейшем случае – схем пропорций) разбиения Q-потоков на сегменты. Разумеется, каждый такой комплекс разрабатывается под систему типовых объектов определенной отрасли производства, например складской логистики, опирается на устойчивую классификацию

[1] Имеются в виду возможные варианты аналитически сглаженных Q-рядов.

[2] Если иметь в виду обобщающую скалярную характеристику, то она существует в виде известного коэффициента Джини, который игнорирует локальные особенности конфигурации частных Q-рядов [6. С. 43–44].

таких объектов и достаточно четкую функцию связи «типовой объект → локальная методика». Система идентификационных признаков объектов должна включать подсистемы показателей производственной (потоковой) мощности, специализации, применяемости основных технологий, особенностей формы частотного Q-ряда (например, тип сглаживающей линии и интервалы значений ее параметров). Квалифицированный выбор по совокупности вышеперечисленных признаков типового базисного Q-объекта и применение адекватных ему частотно-технологических «лекал» позволит для многих практических приложений получить субоптимальные относительно моделей типа (1)–(4) решения. Подчеркнем, что модель (1)–(4) рассматривается лишь в качестве элементарного «стартового» варианта для формирования целого комплекса моделей технологической дифференциации множеств НП.

Подводя итог, отметим, что TZ-метод более затратен в применении, предполагает более высокую квалификацию пользователей. В то же время его актуальные преимущества состоят в конкретности приложения результатов, их четкой ориентации на максимизацию эффективности использования технического и человеческого потенциала производственных, и в частности, логистических объектов.

Литература

1. *Шмидт А.А.* К вопросу о методах выделения групп при проведении ABC-анализа // Логистика. 2013. № 8.

2. *Модели* и методы теории логистики: учеб. пособие. 2-е изд. / под ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2007. 448 с.: ил. Серия «Учебное пособие».

3. *Корпоративная* логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под общ. и научн. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2006. 976 с.

4. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. пер. с англ. 2-е изд. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 304 с.

5. *Волгин В.В.* Склад: логистика, управление, анализ. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К», 2008. 768 с.

6. *Кюн Ю.* Описательная и индуктивная статистика: пособие-памятка / пер. с нем. М.: Финансы и статистика, 1981. 126 с., ил. (Б-чка иностр. книг для экономистов и статистиков).

7. *Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных: справ. изд. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.

8. *Боярский Э.А.* Порядковые статистики. М.: Статистика, 1972. 116 с. (Математическая статистика для экономистов).

9. *Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: справ. изд. / под ред. С.А. Айвазяна. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.: ил.

Konotopskiy V.Yu.
Department of Management, Institute of Social and Humanitarian Technologies, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. E-mail: kent@tpu.ru

ADDITIONAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF ABC ANALYSIS

Keywords: Segment of population; Frequency response of population; Stock item; Classification; Allocation of resources; Technology of cargo traffic processing; Maintenance efficiency; Technology assignment; Technological zone; Consolidation of zones.

ABC analysis is a common variation of the Pareto law adjusted for the economy needs to perform rational allocation of resources among the subsets of a specific population (an object of multiple nature) that significantly differ in levels of relevant features.

The author refers to papers that describe no less than half a dozen methods for dividing the population into three segments – A, B and C, however, they do not provide any general guidelines for selection of specific methods for objects of any types. The author believes that the search for the best method for general as well as specific cases has no prospects. Using the results of frequency analysis of a multiple object can ensure positive outcome only when it is connected with maximizing a multiple object's efficiency through the optimum allocation of limited resources, which are herein collectively referred to as technology. Warehouse cargo traffic with unequal frequencies of the available inventory (id est, stock items (SI)) was selected as a typical representative of such an object. With this in mind, the objective set is to assign stock items to particular segments of the traffic. Addressing this objective implies division of SI into technologically homogeneous segments (zones). Let us call this approach "technological zone" method (TZ).

Let SI traffic frequency vector be ranked in descending order – $\bar{Q} = (q_1, \ldots, q_2, \ldots, q_n)$, n – the number of SI in the traffic, q_i – the frequency of the ith SI. There is a set of technologies $T_j, j = \overline{1,m}$ to maintain traffic. Each of them is characterized by a vector of values of conditional performance indicator "maintenance" of a traffic item in case of applying T_j to the ith SI – $(\rho_{1j}, \rho_{2j}, \ldots, \rho_{nj})$. The totality of such indicators comprises the matrix $\|\rho_{ij}\|$. In a similar manner, we introduce a matrix $\|\lambda_{ij}\|$ of unit costs of the jth technology resource per unit of ith SI and the matrix of volume restrictions on the use of technology – $\|\lambda_j\|$. Let us introduce the variable x_{ij} – a property of jth technology assigned to the ith SI that assumes zero value if the technology is not applied to maintain the ith SI or positive value if otherwise.

The following model is proposed to determine the optimum allocation of technologies among SI:

The objective function

$$\psi = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} x_{ij} * q_i * \rho_{ij} \longrightarrow max, \quad (1)$$

restrictions, taking into account technological resources available

$$\sum_{i}^{n} x_{ij} q_i \lambda_{ij} \leq \lambda_j \text{ for all } j = \overline{1,m}, \quad (2)$$

restrictions of mandatory "maintenance" of all SI

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij}\, q_i = q_i \text{ for all } i = \overline{1,n}\ . \quad (3)$$

non-negative restrictions of the unknown variables

$$x_{ij} \geq 0 \text{ for all } i = \overline{1,n} \;\; and \;\; j = \overline{1,m} \quad (4)$$

The resulting decision matrix $\|x_{ij}\|$ defines the division of the object into "technological zones". Quasi-diagonal matrix $\|x_{ij}\|$ is the most favorable decision option. It corresponds to the establishment of optimum structure complex of technologies that maintain the traffic. The intermittent nature of j-zones reduces the efficiency of the corresponding production subsystems, hence such decision option leads to the problem of consolidation, which deserves thorough examination in a separate publication.

Development of simplified complexes of locally unified techniques (according to the simplest scenario, proportion schemes) for Q-series partitioning into segments can appear promising due to the relative complexity of the TZ-method when applied in logistics.

References

1. Shmidt A.A. K voprosu o metodakh vydeleniya grupp pri provedenii AVS-analiza. *Logistika - Logistics*, 2013, no. 8, pp. 23-26.

2. Lukinskiy V.S. (Ed.) *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and Methods of Logistics Theory]. 2 edn. St. Petersburg, Piter Publ., 2007. 448 p.

3. Sergeyeva V.I. (Ed.) *Korporativnaya logistika. 300 otvetov na voprosy professionalov* [Corporate Logistics. 300 Answers to Professionals' Questions]. Moscow, INFRA-M Publ., 2006. 976 p.

4. Shraybfeder Dzh. *Effektivnoye upravleniye zapasami* [Effective Stock Management]. 2d edn. Moscow, Al'pina Biznes Buks Publ., 2006. 304 p.

5. Volgin V.V. *Sklad: logistika, upravleniye, analiz* [The Warehouse: Logistics, Management, Analysis]. 9th edn. Moscow, Dashkov i K Publ., 2008. 768 p.

6. Kyun Yu. *Opisatel'naya i induktivnaya statistika* [Descriptive and Inductive Statistics]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1981. 126 p.

7. Ayvazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. *Prikladnaya statistika: Osnovy modelirovaniya i pervichnaya obrabotka dannykh* [Applied Statistics: Modelling Fundamentals and Primary Data Processing]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1983. 471 p.

8. Boyarskiy E.A. *Poryadkovyye statistiki* [Quantiles]. Moscow, Statistika Publ., 1972. 116 p.
9. Ayvazyan S.A., Bukhshtaber V.M., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. *Prikladnaya statistika: Klassifikatsiya i snizheniye razmernosti* [Applied Statistics: the Classification and Down-weighting]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1989. 607 p.

Поступила в редакцию DD.MM.2015
Received September DD, 2015

For referencing:

Konotopskiy V.Yu. Dopolnitel'nyye aspekty primeneniya ABC-analiza [Additional aspects of the application of ABC analysis]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics*, 2015, no. 3 (31), pp. 84-95.