

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МАТЕРИАЛЫ**  
**VI Международной молодежной**  
**научной конференции**  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ**  
**И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**  
**ИНФОРМАЦИОННЫХ,**  
**ТЕХНИЧЕСКИХ**  
**И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

**Томск, 24–26 мая 2018 г.**

*Под общей редакцией*  
*кандидата технических наук И.С. Шмырина*

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2018

## СЕКЦИЯ II. ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### ABC-XYZ АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ Г. ТОМСКА ПО СЛУЧАЙНО ЦЕНЗУРИРОВАННЫМ ДАННЫМ

**Ж.Н. Зенкова, А.С. Охрименко**

*Томский государственный университет*

zhanna.zenkova@mail.tsu.ru, aleksandraohrimenko97@mail.ru

#### Введение

Для анализа товарного ассортимента в зависимости от его прибыльности и стабильности спроса практически каждое производственное и торговое предприятие использует ABC-XYZ анализ, базирующийся на данных об осуществленных продажах за некоторый период [1–3]. При этом очевидно, что эти данные не отображают реального спроса на товар, т.к. не учитывают, например, ситуации возникновения дефицита, когда все имеющиеся в наличии изделия были проданы и некоторым покупателям товар просто не достался. В этом случае аналитики фактически работают с цензурированными справа данными, которые требуют особого подхода при их статистической обработке [4–8], обычные алгоритмы при этом приводят к серьёзным неточностям, а значит, к прямым убыткам.

В данной работе рассмотрена модификация ABC-XYZ анализа на случай присутствия случайного цензурирования справа [4,5] в исходных данных. При оценивании среднего уровня продаж и среднеквадратического отклонения применялся метод подстановки [9], в качестве оценки функции распределения использовалась непараметрическая оценка Каплана – Мейера [4,5].

Модифицированный метод апробировался на реальных данных о продажах томского производственного предприятия.

#### 1. ABC-XYZ анализ

Метод ABC-анализа базируется на принципе Парето и позволяет классифицировать товарный ассортимент на три группы в зависимости от степени важности для предприятия, критерием классификации при этом может выступать прибыль или выручка от продажи  $M$  товаров  $R_i$ ,  $i = \overline{1, M}$ , за рассматриваемый период [1].

Алгоритм классического ABC-анализа состоит из четырёх этапов:

1. Исходные данные сортируются в порядке убывания:  $R_1 \geq R_2 \geq \dots \geq R_M$ .

2. Для  $i = \overline{1, M}$  вычисляется доля каждого показателя в общем итоге  $d_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^M R_i}$ .

3. Для  $i = \overline{1, M}$  рассчитывается кумулятивная доля  $S_i = S_{i-1} + d_i$ ,  $S_0 = 0$ .

4. Принятие решения:

- если  $S_i \leq 0.8$ , то товар принадлежит группе  $A$  – наиболее значимой для предприятия, дефицит товаров этой группы ведёт к прямым убыткам, потому она требует к себе максимально пристального внимания;
- если  $0.8 < S_i \leq 0.95$ , то товар относят к менее значимой группе  $B$ , подходы к управлению которой менее затратны, чем к  $A$ ;
- если  $S_i > 0.95$ , то это товар наименее значимой группы  $C$ , который может быть даже исключён из ассортимента.

Методология XYZ- анализа основана на коэффициенте вариации:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i \quad (2)$$

– выборочное среднее,  $X = (X_1, X_2, \dots, X_N)$  – выборка, состоящая из объёма продаж продукта,  $N$  – размер выборки,

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

– выборочное среднеквадратическое отклонение.

Коэффициент вариации (1) рассчитывается для каждого товара, и после этого весь ассортимент группируется следующим образом:

- если  $CV \leq 10\%$ , то товар принадлежит группе  $X$  – группе со стабильным, практически постоянным спросом;
- если  $10\% < CV \leq 30\%$ , то товар принадлежит группе  $Y$ , где спрос нестабилен;
- если  $CV > 30\%$ , то товар принадлежит группе  $Z$ . Здесь часто оказывается спрос с ярко выраженной сезонностью.

Заметим, что границы групп  $Y$  и  $Z$  могут меняться, например, 30% могут быть изменены до 25% в зависимости от мнения экспертов.

## 2. Модификация ABC-XYZ анализа для случайно цензурированных данных

Рассмотрим случайную величину (с.в.)  $\xi \geq 0$  – уровень продаж с функций распределения (ф.р.)  $F(x) = P\{\xi < x\}$ , которая является неизвестной. Её оценка по полной выборке – эмпирическая функция распределения (э.ф.р.) – позволяет путём метода подстановки [9] получить оценки (2) и (3).

Здесь рассмотрим случайно цензурированную справа выборку ц.в.  $(X, I) = \{(X_1, I_1), \dots, (X_N, I_N)\}$  объёма  $N$ , где для  $i = \overline{1, N}$

$$I_i = \begin{cases} 0, & X_i - \text{полное наблюдение;} \\ 1, & X_i - \text{наблюдение до цензурирования.} \end{cases}$$

Тогда в качестве оценки ф.р.  $F(x)$  можно использовать  $F_N^C(x) = 1 - S_N^C(x)$ , где

$$S_N^C(x) = \prod_{j=2, \dots, N: x \in (X_{(j-1)}; X_{(j)})} \left( \frac{N - R_{(j)}}{N - R_{(j)} + 1} \right)^{1 - I_{(j)}} \quad \text{– оценка функции выживания Каплана –}$$

Мейера [4,5],  $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(N)}$  – упорядоченные значения ц.в.,  $R_{(j)}$  – ранг  $X_{(j)}$ ,  $j = \overline{1, N}$ ,  $S_N^C(x) = 1$  для  $x \leq X_{(1)}$ . Известно, что  $S_N^C(x)$  – непараметрическая и состоятельная оценка функции выживания  $S(x) = 1 - F(x)$  [4,5].

Методом подстановки [9] найдём оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения для случайно цензурированной выборки:

$$\bar{X}^C = \int_0^{\infty} x dF_N^C(x) = \sum_{i=1}^N X_i \bar{I}_i h_i, \quad S^C = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}^C)^2 \bar{I}_i h_i},$$

$$h_i = S_N^C(X_{(i-1)}) - S_N^C(X_{(i)}), \quad i = \overline{1, N}.$$

Оценка  $\bar{X}^C$  используется при перерасчёте итоговой выручки от каждого товара, для которого наблюдалось цензурирование, следующим образом:  $R^C = N \cdot \bar{X}^C$ , полу-

ченные значения выручки рассматриваются как базовые для повторной группировки согласно описанному выше алгоритму ABC-анализа.

Для модификации XYZ-анализа используется коэффициент вариации, рассчитанный для случайно цензурированных данных по формуле  $CV = \frac{S^c}{\bar{X}^c} \cdot 100\%$ . Принцип группировки при этом остается прежним.

### 3. Анализ товарного ассортимента производственного предприятия г. Томска

Предложенный метод применялся при анализе ассортимента крупного производственного предприятия г. Томска. Рассматривались данные о месячных продажах 35 товаров за 2017 г., при этом в разное время по каждой позиции наблюдался недостаток товара при заключении договоров на рынке B2B, в итоге региональные дистрибуторы скупали только тот объём, который имелся в наличии.

Традиционный подход, не учитывающий фактор дефицита, привёл к результатам, представленным в табл. 1.

Таблица 1

Результат ABC-XYZ анализа товарного ассортимента без учёта дефицита

	A	B	C
X	5	–	–
Y	23	–	–
Z	7	–	–

Общая выручка предприятия при этом составила 94 607 301.14 у.е./г. Учёт факта наличия дефицита поменял статус нескольких товаров (см. табл. 2). Более подробно расчеты рассмотрены на примере анализа продаж одного из товаров (см. рис. 1 и табл. 3).

Таблица 2

Результат ABC-XYZ анализа товарного ассортимента без учёта дефицита

	A	B	C
X	5	–	–
Y	24	–	–
Z	6	–	–

Таблица 3

Расчёты показателей для одного из товаров

Статус	Цена, у.е./ед.	Итого, ед./г.	Средняя продажа, ед./мес.	S	CV, %	Выручка, у.е./г.	$d_i$	ABC	XYZ
Без учета дефицита	42	37667,08	3 138,92	294,28	9.40	1582017	0,016720	A	X
С учетом дефицита	42	40378,08	3 364,84	511,27	15.19	1695880	0,015978	A	Y

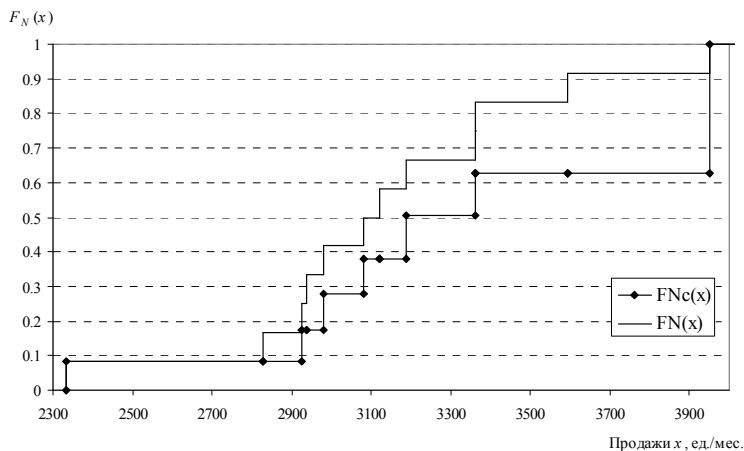


Рис. 1. Оценки функции распределения без учета цензурирования ( $F_N^c(x)$ ) и с учётом цензурирования ( $S_N^c(x)$ ) для одного товара

Общая выручка предприятия при условии, что спрос был бы удовлетворён полностью, составила бы 106 136 590.2 у.е./г. Таким образом, допустив дефицит, предприятие фактически потеряло около 12 млн. у.е. выручки за год.

### Заключение

В работе предложен способ учёта дефицита продаж (фактически, случайного цензурирования спроса справа) при проведении ABC-XYZ анализа. Показано, что модифицированный метод даёт другие результаты группирования, которые нужно рассматривать как более адекватные, т.к. при модификации учитывалась природа реальных данных, что приводит к более точным результатам.

Таким образом, модифицированный метод ABC-XYZ анализа позволил показать, что дефицит привёл к существенным потерям в выручке (более 10%), изменениям статуса товаров в ABC-XYZ классификации, а значит, к пересмотру производственной и закупочной политики в отношении каждого наименования.

Предприятию даны рекомендации по системам управления товарными запасами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджинский А.М. Логистика: учеб. пос., 17-е изд., перераб. и доп. – М.: Дашков и К, 2008. – 484 с.
2. Зенкова Ж.Н. Логистический подход в управлении предприятием. Учебно-методический комплекс. – Томский государственный университет, 2012.
3. Зенкова Ж.Н., Стебловская А.С. ABC-, XYZ-анализ спроса на слабоалкогольные напитки // EDUCATIO. Новосибирск, 2016. – № 7(25)–8(26). С. 26–29.
4. Скрипник В.М., Назин А.Е., Приходько Ю.Г., Благовещенский Ю.Н. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам. – М.: Радио и связь, 1988. – 184 с.
5. Тихов М.С., Бородин Т.С. Эконометрические модели с цензурированными данными: Учебно-методическое пособие – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 50 с.
6. Зенкова Ж.Н., Гаман М.И. Модификация методов ABC-, XYZ-анализа на случай цензурированных данных // Материалы VII Международной конференции «Логистические системы в глобальной экономике», 16–17 марта 2017 г., Красноярск. – Красноярск, 2017. – С. 150–153.
7. Зенкова Ж.Н., Краковецкая И.В. Моделирование по неполным данным в логистике и маркетинге // Логистические системы в глобальной экономике: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (14–15 марта 2013 г., Красноярск): в 2 ч. Ч. 1. Научно-исследовательский сектор / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013. – С. 98–105.
8. Зенкова Ж.Н., Краковецкая И.В. Непараметрическая оценка Тёрнбулла для интервально-цензурированных данных в маркетинговом исследовании спроса на биоэнергетические напитки // Вестник томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. № 3(24). – С. 64–69.
9. Боровков А.А. Математическая статистика – Новосибирск: Наука; Изд-во Института математики, 1997. – 772 с.