

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АНАЛИЗЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ

Т.А. Кулаговская

Резкое увеличение номенклатуры и ассортимента товаров на складах, терминалах требует развития методов, позволяющих более качественно осуществлять систематизацию многопродуктовых материальных (и соответствующих финансовых) потоков и группировку многономенклатурных запасов. Между тем проблемам совершенствования управления движением финансовых ресурсов и хранением, переработкой многопродуктовых запасов на основе современных методов структуризации и упорядочения информации о них, как в теории, так и на практике, уделяется недостаточно внимания.

Существующие на сегодняшний день способы деления материальных ресурсов на группы («метод ABC») являются слишком простыми и зачастую не позволяют учитывать фактор многоаспектности и перманентности движения как материальных, так и финансовых ресурсов. Разграничение групп А, В и С, по нашему мнению, является спорным и недостаточно обоснованным. Для этих целей необходимо использовать гораздо более мощный статистический инструментарий, основанный на применении статистических методов многомерного анализа. В данной работе исследованы возможности применения таких методов для идентификации отдельных групп материальных и финансовых ресурсов, а также предложена методика группировки запасов с использованием предлагаемых подходов, позволяющая, в отличие от существующих методик, более обоснованно классифицировать ресурсы по группам и в результате снизить затраты на управление ресурсами и содержание запасов по отдельным звеньям поставок.

Ключевые слова: многомерные статистические методы, дисперсионный анализ, кластерный анализ, структуризация запасов, материальные и финансовые потоки.

JEL: C38.

На сегодняшний день бесспорным является тот факт, что вопросы структуризации и деления множества экономических объектов на классы являются не только по-прежнему актуальными, но и приобретают особую значимость. Пристальное внимание к вопросам структуризации во многом вызвано тем, что в настоящее время количество наименований продукции в цепях поставок достигает сотен тысяч. Резкое увеличение номенклатуры и ассортимента товаров на складах, терминалах требует развития методов, связанных с систематизацией многопродуктовых материальных и финансовых потоков и группированием многономенклатурных запасов.

Тем не менее проблемам управления движением финансовых ресурсов, вопросам хранения, переработки, структуризации и классификации многопродуктовых запасов, как в теории, так и на практике, уделяется недостаточно внимания.

Существующие в настоящее время методы и методики деления материальных ресурсов на группы по методу ABC являются слишком простыми и зачастую не учитывают многофакторности и постоянно происходящего движения

финансовых ресурсов [1, 5, 8, 9]. Более того, выделение границ групп А, В и С, по нашему мнению, является спорным и недостаточно обоснованным. Мы считаем, что для этих целей следует использовать гораздо более мощный статистический инструментарий, основанный на применении многомерных статистических методов анализа.

Одним из перспективных направлений в процессе структуризации материальных ресурсов является использование **кластерного анализа** [2-4, 7, 10]. Необходимость применения методов кластерного анализа к изучению движения запасов и финансовых ресурсов, как нам кажется, вызвана тем, что они помогают построить научно обоснованные классификации, выявить внутренние связи между единицами совокупности. Помимо этого, многомерные статистические методы анализа могут использоваться с целью сжатия информации, что является важным фактором в условиях постоянного увеличения и усложнения потоков материальных и финансовых ресурсов в цепях поставок.

Особенно значимым, по нашему мнению, должно оказаться применение кластерного

Кулаговская Татьяна Анатольевна (kulagovskaya@mail.ru) – д-р экон. наук, профессор кафедры экономического анализа и аудита Северо-Кавказского федерального университета.

анализа (в частности, проведенного методом k -средних) к классификации многотысячных номенклатур материальных ресурсов.

В данном исследовании в качестве примера проведем кластерный анализ части номенклатуры материальных ресурсов ОАО «Ставрополь-Лада» и сравним полученные результаты с двумерным анализом, проведенным по методу ABC и XYZ. Не вдаваясь в подробности вычислений, проводимых нами с использованием графического метода ABC, представим полученные результаты.

К группе А относятся девять деталей; в группу В попали 19 деталей; в группу С вошли 30 деталей, составляющих 6,7% от суммарной стоимости и 53% от общей номенклатуры.

Разделение номенклатуры на группы XYZ было произведено с использованием динамического коэффициента вариации. Объединение результатов анализов ABC и XYZ позволило составить матрицу, состоящую из девяти классов материальных ресурсов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Результаты совместного проведения ABC и XYZ - анализов номенклатуры материальных ресурсов ОАО «Ставрополь - Лада»

Группа деталей	Наименование детали
AX	Палец поршня
AY	Блок цилиндров, коленчатый вал, головка цилиндров
AZ	Генератор, рулевая тяга, клапан, поршень, коробка перемены передач (КПП)
BX	Жиклер
BY	Подушка, рулевой вал, прокладка, шкив рулевого вала, цепь, ролик натяжения, шестерня малого насоса, втулка направляющая, фильтр масляный, большой насос, водный насос, аккумулятор, свечи
BZ	Колодки тормозные, карбюратор, вкладыши шатунные, термостат, диск сцепления
CX	Гайка, заглушка, шайба, болт, предохранитель, штуцер, кольца поршневые, сальник коленчатого вала, трубка дренажная, шпилька, хомут
CY	Гильза, кольца 82, малый насос, звездочка, ремень зубчатый, подшипник, втулка ограничительная, поршень
CZ	Шатун, промежуточный вал, шланг тормозной, вал первичный, амортизатор, шестерня, ремни вентилятора, реле стеклоочистителя, привод левый, привод правый

На следующем этапе проведем кластерный анализ. В качестве программного обеспечения процесса кластеризации мы рекомендуем использовать программы Statistica 10,0 и SPSS 12.0.

В результате кластерного анализа нами определены средние центры каждого кластера (см. таблицу 2).

Таблица 2

Средние центры каждого кластера по цене и коэффициенту вариации

Переменные	Средние кластеров								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент вариации, в %	14,64	84,49	73,97	30,20	17,38	61,62	39,28	37,34	7,97
Суммарная цена, тыс. рублей	108,00	2457,18	80,03	34,89	23,62	22,76	173,67	11,80	2,72

Полученные кластеры представляется возможным интерпретировать следующим образом:

Кластер 1. Высокая стоимость - Низкий коэффициент вариации

Кластер 2. Максимальная стоимость - Высокий коэффициент вариации

Кластер 3. Высокая стоимость - Высокий коэффициент вариации

Кластер 4. Средняя стоимость - Средний коэффициент вариации

Кластер 5. Средняя стоимость - Низкий коэффициент вариации

Кластер 6. Низкая стоимость - Высокий коэффициент вариации

Кластер 7. Высокая стоимость - Средний коэффициент вариации

Кластер 8. Низкая стоимость - Средний коэффициент вариации

Кластер 9. Минимальная стоимость - Низкий коэффициент вариации.

Состав каждого кластера представлен в таблице 3.

Таблица 3

Состав кластеров

Кластер	Наименование детали
№ 1 ($C_{\text{выс}} V_{\text{min}}$)	Головка цилиндров, палец поршня, коленчатый вал
№ 2 ($C_{\text{max}} V_{\text{min}}$)	КПП
№ 3 ($C_{\text{выс}} V_{\text{max}}$)	Генератор, рулевая тяга
№ 4 ($\bar{C} \bar{V}$)	Шкив рулевого вала, диск сцепления, аккумулятор, фильтр масляный, карбюратор, втулка направляющая, водный насос, свечи, ролик натяжения
№ 5 ($\bar{C} V_{\text{min}}$)	Большой насос, рулевой вал, подушка, цепь, жиклер, прокладка, шестерня малого насоса, предохранитель, кольца 82, малый насос
№ 6 ($C_{\text{min}} V_{\text{max}}$)	Колодки тормозные, вкладыши шатунные, термостат, шатун, реле стеклоочистителя, шланг тормозной, шестерня, промежуточный вал
№ 7 ($C_{\text{max}} \bar{V}$)	Клапана, блок цилиндров, поршень

Окончение таблицы 3

Кластер	Наименование детали
№ 8 ($C_{\min} \bar{V}$)	Вал первичный, рампа, ремень зубчатый, привод левый, амортизатор, звездочка, привод правый, ремни вентилятора, гильза, поршень
№ 9 ($C_{\min} V_{\min}$)	Кольца поршневые, хомут, заглушка, трубка дренажная, болт, подшипник, шайба, гайка, сальник коленчатого вала, втулка ограничительная, шпилька, штуцер

Результаты кластерного анализа должны быть дополнены результатами **дисперсионного анализа**, который в предлагаемой нами методике необходим для проверки статистической гипотезы о правильности распределения материальных ресурсов на девять кластеров.

Рассмотрим механизм применения дисперсионного анализа [2, 4, 10].

Пусть результаты наблюдения составляют l независимых классов, полученных из l нормально распределенных нормальных совокупностей, которые имеют разные средние $m_1, m_2, \dots, m_l$ и одинаковые дисперсии D . Проверяется гипотеза о равенстве средних $m_1 = m_2 = \dots = m_l$. На практике подобная задача возникает при исследовании влияния, которое оказывает изменение некоторого фактора на измеряемую величину. Так, в ходе управления запасами с помощью дисперсионного анализа представляется возможным обосновать количество и состав выделенных групп материальных ресурсов.

Основные положения дисперсионного анализа состоят в следующем.

Пусть x_{jk} обозначает i -й элемент k -й выборки, $i = 1, 2, \dots, n_k; k = 1, 2, \dots, l$;

$\bar{x}_k$ - выборочное среднее k -й выборки

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} x_{ik};$$

$\bar{x}$ - общее выборочное среднее

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} x_{ik};$$

n - общее количество наблюдений

$$n = \sum_{k=1}^l n_k.$$

Сумма квадратов отклонений наблюдений x_{ik} от общей средней величины может быть представлена следующим образом:

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ik} - \bar{x})^2 = \sum_{k=1}^l n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ik} - \bar{x}_k)^2.$$

Запишем это основное положение дисперсионного анализа так:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

где Q - сумма квадратов отклонений от общей средней величины; Q_1 - сумма квадратов отклонений выборочных средних групп от общей средней; Q_2 - сумма квадратов отклонений наблюдений от выборочных средних внутри групп.

Проверим с использованием основных положений дисперсионного анализа правильность проведенного ранее кластерного анализа.

С целью облегчения расчетов используем прикладную программу Statistica. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Таблица результатов дисперсионного анализа

Показатели	Итоги по всем эффектам				
	SS	DF	MS	F	p
Суммарная цена, тыс. рублей	863,664	45	19,193	38,932	0,0001
Коэффициент вариации, в %	4556,067	52	87,617	177,732	0,00000001
Ошибка	488,040	990	0,493	-	-

Поясним полученные результаты. В таблице 4 приведены:

суммы квадратов отклонений выборочных средних групп $\bar{x}_k$ от общей средней $\bar{x}$ между группами Q_1 ($SS = 863,664$ для показателя «суммарная цена» и $4556,067$ для показателя «коэффициент вариации»);

среднее значение суммы квадратов ($MS = 19,193$ для показателя «суммарная цена» и $87,617$ для показателя «коэффициент вариации»);

число степеней свободы ($DF = 45$ для показателя «суммарная цена» и 52 для показателя «коэффициент вариации»);

выборочное значение F -статистики ($F_{\alpha} = 38,932$ для показателя «суммарная цена» и $177,732$ для показателя «коэффициент вариации»);

вычисленный уровень значимости ($p = 0,0001$ для показателя «суммарная цена» и $0,00000001$ для показателя «коэффициент вариации»).

Поскольку вычисленный уровень значимости p меньше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то гипотеза о равенстве средних отклоняется. Это свидетельствует о том, что средние в каждом из

девяти кластеров существенно отличаются друг от друга, что говорит о правильности проведенного нами ранее кластерного анализа.

Программа Statistica позволяет выбрать отдельные главные эффекты и построить графики соответствующих средних величин.

Графики основных значимых главных эффектов представлены нами на рис. 1 и 2.

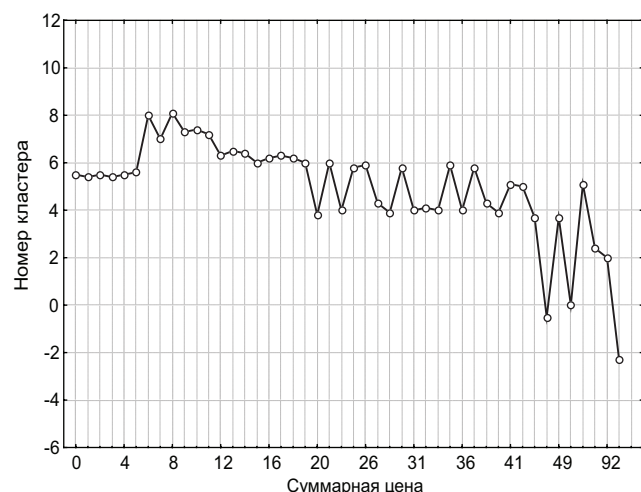


Рис. 1. График средних (невзвешенных) по показателю «суммарная цена» (тыс. рублей)

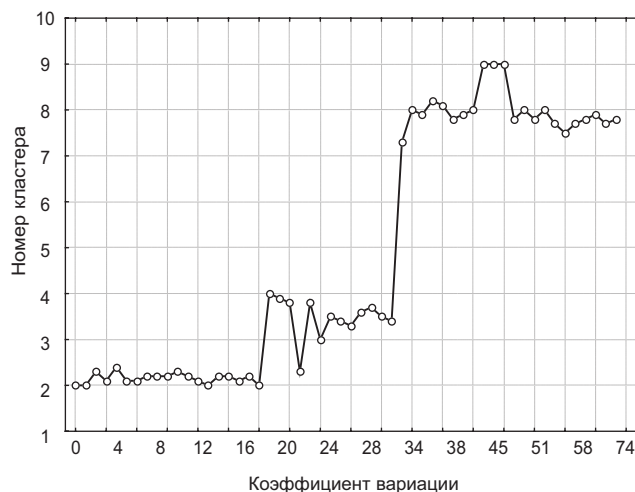


Рис. 2. График средних (невзвешенных) по показателю «коэффициент вариации» (в процентах)

Поскольку дисперсионный анализ отклонил гипотезу о равенстве средних, проведем попарное сравнение средних величин, используя **метод линейных контрастов**. Попарное сравнение средних выполним по методу Шеффе (Scheffe test). В таблице попарного сравнения (см. таблицу 5) указаны уровни значимости для проверки гипотез о равенстве средних величин для всех пар выделенных нами кластеров.

Таблица 5

Таблица попарного сравнения средних величин

Номера кластеров	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0,00	0,67	0,00	0,12	0,00	0,52	0,00	0,00
2	0,00	-	0,00	1,00	0,00	0,41	0,00	1,00	1,00
3	0,67	0,00	-	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	1,00	0,00	-	0,00	0,38	0,00	1,00	1,00
5	0,12	0,00	0,61	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,40	0,00	0,38	0,00	-	0,00	0,90	0,60
7	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
8	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,91	0,00	-	1,00
9	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	-

Полученные расчеты свидетельствуют о том, что значимо различными являются средние первого и второго, первого и четвертого, первого и восьмого, первого и девятого, первого и шестого, второго и третьего, второго и седьмого, второго и пятого, третьего и четвертого, третьего и седьмого, третьего и шестого, третьего и восьмого, третьего и девятого, четвертого и пятого, четвертого и седьмого, пятого и седьмого, пятого и шестого, пятого и восьмого, пятого и девятого, шестого и

седьмого, седьмого и восьмого, седьмого и девятого кластеров.

Осуществим проверку предположений дисперсионного анализа.

В ходе проведения дисперсионного анализа предполагается, что исходные данные - это независимые выборки наблюдений, полученные из нормально распределенных генеральных совокупностей, которые имеют одну и ту же дисперсию. Проверим эти предположения с по-

мощью программы Statistica. Для этого построим нормальный категоризированный вероятностный график (см. рис. 3).

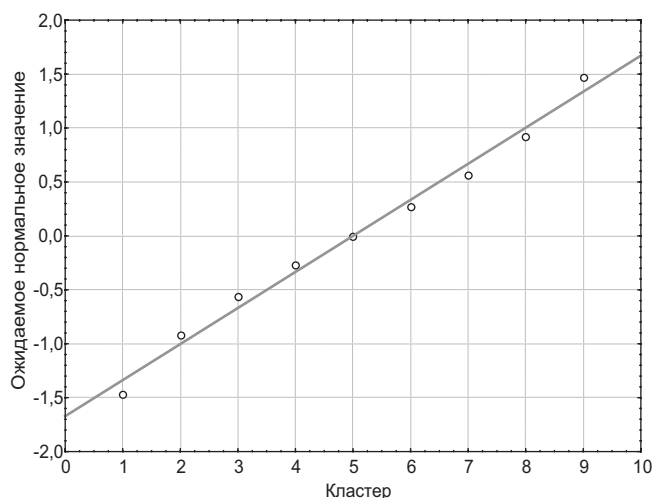


Рис. 3. Нормальный вероятностный график

Как видно из графика, точки, которые соответствуют нормально распределенным данным, укладываются на прямые. Исходные данные достаточно тесно группируются относительно прямых. Следовательно, выдвинутое предположение о равенстве дисперсий подтверждается.

Таким образом, исследования методов классификации и структуризации материальных и финансовых ресурсов должны быть продолжены по ряду направлений, что позволит сократить затраты, связанные с управлением запасами, и скорректировать саму политику управления запасами и заказами. Разработанная нами методика использования многомерных статистических методов (кластерного и дисперсионного анализов) в изучении движения финансовых ресурсов позволяет осуществить научно обоснованную группировку материальных ресурсов, выделить однородные группы ресурсов по нескольким показателям, что в итоге даст возможность снизить затраты на управление многотысячными номенклатурами ресурсов.

Полученные данные свидетельствуют о некотором различии результатов проведенного двумерного и кластерного анализа. В отличие от двумерного анализа, по результатам клас-

терного анализа большее количество материальных ресурсов отнесено к группе с высокой (и максимальной) стоимостью и максимальным коэффициентом вариации. По нашему мнению, это является оправданно верным, поскольку именно эта группа материальных ресурсов заслуживает наиболее пристального внимания и контроля.

Литература

1. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: Интегрированная цепь поставок / Пер. с англ., 2-е изд. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. - 640 с.
2. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Учеб. пособие. М.: Форум: ИНФРА-М, 2004. - 464 с.
3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 352 с.
4. Дубровский С.А. Прикладной многомерный статистический анализ. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 216 с.
5. Кулаговская Т.А. Актуальные проблемы управления материальными запасами в системах снабжения. Ставрополь: Возрождение; СИЭУ ФПГТУ, 2008.
6. Линдерс М., Фирон Х. Управление снабжением и запасами. Логистика / Пер. с англ. - СПб: ООО «Виктория плюс», 2002. - 768 с.
7. Мандель И.Д. Кластерный анализ. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 176 с.
8. Методы и модели теории логистики: учеб. пособие / Под ред. В.С. Лукинского. - СПб: «Питер», 2008. - 448 с.
9. Сергеев В.И. Управление цепями поставок. - М.: Юрайт, 2014. - 272 с.
10. Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н. Многомерный статистический анализ в экономике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. В.Н. Тамашевича. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. - 598 с.
11. Ballou R.H. Business Logistics Management. - Prentice Hall International, Inc., 2009.
12. Foster D., Stine R. Statistics for Business: Decision Making and Analysis. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010.
13. Johnson R.A., Wichern D.W. Business Statistics: Decision Making with Data. Pearson Education, Inc., 2011.
14. Larson R., Farber B. Elementary Statistics: Picturing the World 5th ed. Pearson Education, Inc., 2012.
15. Tufféry S. Data Mining and Statistics for Decision Making. Pearson Education, Inc., 2012.

APPLIED ASPECTS OF USING MULTIVARIATE STATISTICAL METHODS IN THE ANALYSIS OF MOVEMENT OF MATERIAL AND FINANCIAL RESOURCES

Tatiana Kulagovskaya

Author affiliation: The North-Caucasus Federal University (Stavropol, Russia). E-mail: kulagovskaya@mail.ru.

The rapid extension in the nomenclature and range of goods in warehouses, terminals, requires the development of methods to carry out a high quality systematization of multiproduct material (and the corresponding financial) flows and grouping multinomenclature stocks. In the meantime insufficient attention is paid to development issues associated with managing financial resource flows along with holding, processing of multiproduct stocks based on modern methods of structuring and classification of information about them, both in theory and practice.

Currently existing methods for dividing material resources into groups («ABC method») are too simple and often enough prevent from taking into account the factor of multidimensionality and flow permanence of both material and financial resources. Division of A, B and C groups, according to the author, is controversial and ill-substantiated. For these purposes it is necessary to use a much more powerful statistical tools based on the implementation of statistical methods of multivariate analysis. In this paper are explored the possibilities for using such methods to identify individual groups of material and financial resources, and also is offered the technique for grouping the stocks using the proposed approaches, which, as opposed to existing techniques, makes it possible to more reasonably classify resources by groups and as a result to reduce the cost of management and maintenance of stock by supply chains.

Keywords: multivariate statistical methods, analysis of variance, cluster analysis, structuring of stocks, material and financial flows.

JEL: C38.

References

1. Bauersoks D.Dzh., Kloss D.Dzh. Logistika: Integrirovannaya tsep' postavok / Per. s angl., 2-ye izd. - M.: ZAO «Olimp-Biznes», 2008. - 640 s. [**Bowersox D.J., Closs D.J.** Logistical Management: the Integrated Supply Chain Process / Translated from English, 2-nd ed. - M.: ZAO «Olimp-Biznes», 2008. - 640 p.].
2. Vukolov E.A. Osnovy statisticheskogo analiza. Ucheb. posobiye. - M.: Forum: INFRA-M, 2004. - 464 s. [**Vukolov E.A.** Basics of statistical analysis. Moscow: INFRA-M, 2004. - 464 p.].
3. Dubrov A.M., Mkhitaryan V.S., Troshin L.I. Mnogomernyye statisticheskiye metody: Uchebnik. - M.: Finansy i statistika, 2000. - 352 s. [**Dubrov A.M., Mkhitaryan V.S., Troshin L.I.** Multivariate statistical methods. Moscow: Finance and statistics, 2000. - 352 p.].
4. Dubrovskiy S.A. Prikladnoy mnogomernyy statisticheskiy analiz. - M.: Finansy i statistika, 1982. - 216 s. [**Dubrovsky S.** Applied multivariate statistical analysis. Moscow: Finance and statistics. 1982. - 216 p.].
5. Kulagovskaya T.A. Aktual'nyye problemy upravleniya material'nymi zapasami v sistemakh snabzheniya. Stavropol': Vozrozhdeniye; SIEU FPGTU, 2008 [**Kulagovskaya T.A.** Actual problems of inventory control in procurement systems. Stavropol, 2008].
6. Linders M., Firon Kh. Upravleniye snabzheniyem i zapasami. Logistika / Per. s angl. - SPb.: OOO «Viktoriya plus», 2002. - 768 s. [**Leenders M., Fearon H.** Procurement and inventory management. Logistics / Translated from English. St. Petersburg, 2002. - 768 p.].
7. Mandel' I.D. Klasternyy analiz. - M.: Finansy i statistika, 1988. - 176 s. [**Mandel I.D.** Cluster analysis. - Moscow: Finance and statistics, 1988. - 176 p.].
8. Metody i modeli teorii logistiki: ucheb. posobiye / Pod red. V.S. Lukinskogo. - SPb.: «Piter», 2008. - 448 s. [Models and methods of the logistics theory. Manual / Ed. by Lukinskiy V.S. - St. Petersburg: «Peter», 2008. - 448 p.].
9. Sergeyev V.I. Upravleniye tsepyami postavok. - M.: Yurayt, 2014. - 272 s. [**Sergeev V.I.** Supply chain management. - Moscow: Yurayt, 2014. - 272 p.].
10. Soshnikova L.A., Tamashevich V.N. Mnogomernyy statisticheskiy analiz v ekonomike: Ucheb. posobiye dlya vuzov / Pod red. prof. V.N. Tamashevicha. - M.: YUNITI-DANA, 1999. - 598 s. [**Soshnikova L.A., Tamashevich V.N.** Multivariate statistical analysis in the economy. Moscow: UNITY-DANA, 1999. - 598 p.].
11. Ballou R.H. Business Logistics Management. - Prentice Hall International, Inc., 2009.
12. Foster D., Stine R. Statistics for Business: Decision Making and Analysis. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010.
13. Johnson R.A., Wichern D.W. Business Statistics: Decision Making with Data. Pearson Education, Inc., 2011.
14. Larson R., Farber B. Elementary Statistics: Picturing the World 5th ed. Pearson Education, Inc., 2012.
15. Tufféry S. Data Mining and Statistics for Decision Making. Pearson Education, Inc., 2012.