

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 330.4

JEL C22

ПРЕДИКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ПИТЬЕВОЙ БУТИЛИРОВАННОЙ ВОДЫ

Попова Маргарита Игоревна, асс.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: 9492496286@mail.ru

Предмет: в данной работе представлено расширение и углубление ранее выполненного анализа данных, заключающегося в изучении временных рядов продаж, их систематизации и детальном описании. Указанные задачи решаются на этапе предварительного или предикторного исследования временных рядов, характеризующих ежедневные объемы реализации девяти различных брендов бутилированной воды. *Цель:* анализ специфических свойств структуры временных рядов объемов продаж, определяющих динамику ключевого индикатора эффективности для коммерческой организации, специализирующейся на продаже одного типа товара и, как следствие, подбор релевантного математического прогнозного инструментария. *Дизайн исследования:* представлено расширение и углубление статистического анализа данных объемов продаж, заключающегося в изучении временных рядов продаж, их систематизации и детальном описании. Указанные задачи решаются на этапе предварительного или предикторного исследования. В рамках исследования представлены расчеты статистических показателей и векторная оценка временных рядов, представляющих собой данные о продажах конкретной марки воды в определенный день недели. *Результаты:* представленный в работе анализ результатов многокритериальной оценки персистентности или трендоустойчивости декомпозиционных по дням недели и маркам временных рядов продаж питьевой воды важен для получения надежного прогноза и выработки политики эффективного риск-менеджмента, связанного с функционированием торговой компании, специализирующейся на одном виде продукции.

Ключевые слова: микроуровневый анализ, многокритериальная

оптимизация, монопродуктовая компания, трендоустойчивость, персистентность, корреляционный анализ.

DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/6/6-20

Введение

Предварительное проектирование операционной деятельности обеспечивает результативное распределение активов, включая транспортные средства, складские помещения и трудовые ресурсы. Это способствует предотвращению задержек и избыточной нагрузки, которые являются неотъемлемыми элементами транспортного процесса [14].

Управление операционной деятельностью позволяет контролировать уровень запасов и избегать их дефицита или избытка. Это особенно важно для предприятий, работающих с товарами с ограниченным сроком годности. Своевременная доставка товаров и услуг способствует повышению уровня удовлетворенности клиентов. Организация транспортировки на основе прогнозных данных и суточного планирования позволяет учитывать вероятные задержки и оперативно адаптироваться к колебаниям спроса, метеорологическим условиям и прочим внешним факторам.

Качественно организованное использование грузоподъемности транспортных средств, разработка оптимальных маршрутов и составление расписаний доставки способствуют снижению затрат на горюче-смазочные материалы, техническое обслуживание и оплату труда персонала.

Эффективное управление компанией немыслимо без тщательно организованной повседневной деятельности, которая представляет собой краеугольный камень операционной стратегии. Корректно выстроенные операционные процессы в сфере доставки, оказывают непосредственное влияние как на производительность, так и конкурентоспособность предприятия.

Методология исследования

В данной работе представлено расширение и углубление ранее выполненного анализа данных [12], заключающегося в изучении временных рядов продаж, их систематизации и детальном описании. Указанные задачи решаются на этапе предварительного или предикторного исследования, так в работе [12] проведен анализ временных рядов, характеризующих ежедневные объемы реализации девяти различных брендов бутилированной воды. Целью исследования являлось обнаружение трендов и паттернов, определяющих динамику ключевого индикатора эффективности для коммерческой организации, специализирующейся на продаже одного типа товара. Принимая во внимание специфику монопродуктовой торговли (реализация различных марок одного вида продукции), автором предложен оригинальный метод декомпозиции временных рядов, отражающих объемы продаж. Правила кластеризации определены на основе векторной оценки персистентности и трендоустойчивости исследуемых временных рядов продаж.

Для качественной организации одного из основных бизнес-процессов операционной деятельности монопродуктовой торговой компании, а именно, ассортиментной загрузки грузовых автомобилей, работающих на доставке питьевой бутилированной воды 19 л конечному потребителю, проведем детальное исследование ВР продаж по дням недели суммарно по всем позициям ассортимента и ВР продаж по каждой марке отдельно в рамках дня недели.

Анализ продаж, осуществляемый на детализированном уровне (микроуровень), позволяет выявить закономерности и тенденции потребительского поведения [4]. Микроуровневый анализ предоставляет возможность для более точной оценки эффективности маркетинговых кампаний и стратегий ценообразования [11].

Учитывая потребности в планировании ежедневной транспортировки компании, предоставляющей услуги по доставке воды в дома и офисы, введем следующие обозначения временных рядов по объемам продаж в соответствующий день недели: TS_{Mon} – «Понедельник», TS_{Tue} – «Вторник», TS_{Wed} – «Среда», TS_{Th} – «Четверг», TS_{Fr} – «Пятница», TS_{Sa} – «Суббота».

Причем значения исследуемых временных рядов формируются следующим образом:

$$TS_W = TS_{1W} + TS_{2W} + TS_{3W} + \dots + TS_{9W},$$

где $W = \{Mon, Tue, Wed, Th, Fr, Sa\}$ – множество дней недели, TS_{1W} – «Ажек», TS_{2W} – «Кубай», TS_{3W} – «Архыз», TS_{4W} – «Mountain Kids», TS_{5W} – «Mountain Air», TS_{6W} – «Пилигрим», TS_{7W} – «Домбай», TS_{8W} – «Источник южных гор», TS_{9W} – «Жемчужина Кавказа», т.е. значения временного ряда TS_{1W} соответствуют объемам продаж в этот день питьевой бутилированной воды марки «Ажек».

Используя методологию исследования временных рядов, предложенную в статье [12], проведем подготовительную процедуру декомпозиции временных рядов по признаку «день недели». Таким образом, получим в качестве входных данных матрицу, столбцы которой – наименование марок воды, строки – дни недели, а сами значения – объем продаж определенной марки воды в соответствующий день недели. В таблице 2 представлены данные, причем каждый элемент матрицы – это массив данных объемов продаж отдельной марки воды в соответствующий день.

Таблица 1

Многомерная матрица данных объемов продаж по дням

День недели	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5	TS_6	TS_7	TS_8	TS_9
<i>Mon</i>	TS_{1mon}	TS_{2mon}	TS_{3mon}	TS_{4mon}	TS_{5mon}	TS_{6mon}	TS_{7mon}	TS_{8mon}	TS_{9mon}
<i>Tue</i>	TS_{1tue}	TS_{2tue}	TS_{3tue}	TS_{4tue}	TS_{5tue}	TS_{6tue}	TS_{7tue}	TS_{8tue}	TS_{9tue}

Окончание табл. 1

День недели	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5	TS_6	TS_7	TS_8	TS_9
<i>Wed</i>	TS_{1wed}	TS_{2wed}	TS_{3wed}	TS_{4wed}	TS_{5wed}	TS_{6wed}	TS_{7wed}	TS_{8wed}	TS_{9wed}
<i>Th</i>	TS_{1th}	TS_{2th}	TS_{3th}	TS_{4th}	TS_{5th}	TS_{6th}	TS_{7th}	TS_{8th}	TS_{9th}
<i>Fr</i>	TS_{1fr}	TS_{2fr}	TS_{3fr}	TS_{4fr}	TS_{5fr}	TS_{6fr}	TS_{7fr}	TS_{8fr}	TS_{9fr}
<i>Sa</i>	TS_{1sa}	TS_{2sa}	TS_{3sa}	TS_{4sa}	TS_{5sa}	TS_{6sa}	TS_{7sa}	TS_{8sa}	TS_{9sa}

Автором проведено всестороннее исследование массива, состоящего из 54 временных рядов. На основе принципов экстраполяции, позволяющих прогнозировать развитие системы, опираясь на ее историческое поведение [3], планируется оценить прогностическую ценность данных. В рамках исследования представлены расчеты статистических показателей и векторная оценка временных рядов, представляющих собой данные о продажах конкретной марки воды в определенный день недели.

Проведем подготовительную процедуру декомпозиции временных рядов по признаку «день недели».

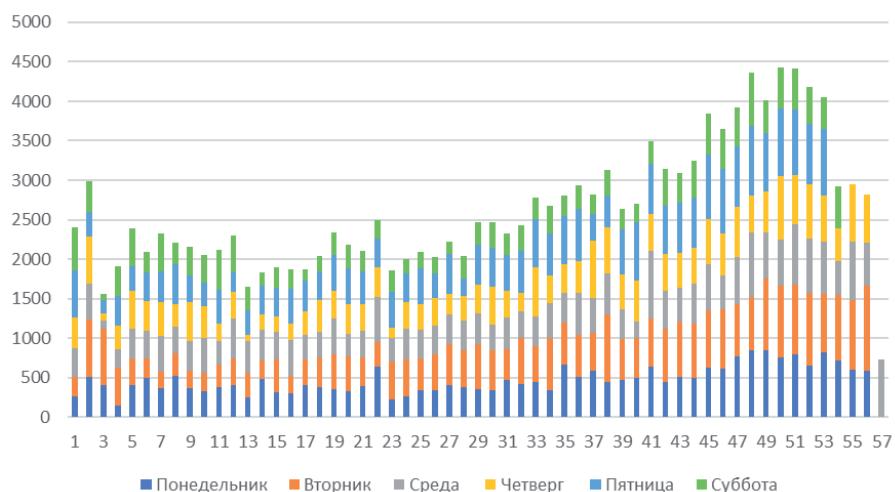


Рис. 1. Гистограмма еженедельного временного ряда объема продаж вод за период с 07.08.2023 г. по 31.08.2024 г., отдельно цветом в столбце выделен вклад объема продажи воды в соответствующий день недели в общий объем продаж недели в целом

Визуальный анализ гистограммы еженедельного временного ряда суммарного объема продаж девяти марок питьевой воды позволяет сделать вывод о достаточной сбалансированности продаж в течение недели. Результирующая гистограмма 55-57 недель обусловлена неполными рабочими неделями, причем сбалансированность продаж сохраняется.

Анализ данных временных рядов осуществляется посредством оценки статистических характеристик: коэффициента вариации (V), коэффициента асимметрии (A), коэффициента эксцесса (E), определяющего наличие «тяжелых хвостов» в распределении, и показателя Херста (H) [5]. Для получения комплексной оценки устойчивости тренда во временных рядах объемов продаж по дням недели $TS_i, i = \overline{1,6}$, используется многокритериальный подход, основанный на вышеупомянутых статистических мерах [12]. Важно отметить, что точность прогнозирования напрямую связана со значениями показателей устойчивости тренда, что определяет выбор оптимальных математических моделей и инструментов [10].

В табл. 1 отражены результаты вычислений анализа устойчивости к трендам для совокупных суточных временных рядов, характеризующих девять различных брендов бутилированной питьевой воды. Эти расчеты базируются на методологиях, описанных, например, в работах [7, 9], где подчеркивается важность анализа трендоустойчивости для оценки стабильности характеристик во времени, в нашем случае в рамках одного дня недели (понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, суббота).

Значения табл. 1 демонстрируют показатели устойчивости временных рядов продаж каждой марки в определенный день недели.

Таблица 1

Значения многокритериальной оценки трендоустойчивости ВР суммарных объемов продаж марок бутилированной питьевой воды 19 л по дням недели

Временной ряд (TS_i)	Показатель вариации (V_i)	Показатель асимметрии (A_i)	Показатель эксцесса (E_i)	Значение эксцесса за пределами «головы ВР» [$M \pm 3\sigma$]	Показатель Херста
TS_{Mon}	0,32	0,28	4,24	0	0,88
TS_{Tue}	0,37	0,98	3,9	0,89(23%)	0,91
TS_{Wed}	0,28	1,22	4,66	2,09(54%)	0,85
TS_{Th}	0,29	0,59	4,97	2,94 (59%)	0,82
TS_{Fr}	0,87	0,41	4,82	0	0,87
TS_{Sa}	0,26	1,46	5,83	3,25(55%)	0,86

Анализ расчетных данных продаж по дням недели по совокупности представленных расчетных статистических показателей в таблице 1 позволяет сделать вывод, что эти ВР не обладают признаком однородности значений, учитывая факт того, что для распределений, близких к нормальному, значение коэффициента вариации не превышает 33 % и все значения полигона распределения находятся в пределах интервала $M \pm 3\sigma$. Только для

временного ряда TS_{Mon} показатель вариации имеет значение меньше 33 % и отсутствуют значения за пределами «головы ВР» $M \pm 3\sigma$.

В табл. 2 представлен коэффициент корреляции, характеризующий степень взаимосвязи между суточными объемами реализации питьевой воды в различные дни недели. Данный показатель, согласно теории корреляционного анализа, отражает силу и направление линейной зависимости между двумя переменными.

Таблица 2

Показатели корреляционной связи между временными рядами объемов продаж бутилированной питьевой воды 19 л по дням недели

	TS_{Mon}	TS_{Tue}	TS_{Wed}	TS_{Th}	TS_{Fr}	TS_{Sa}
TS_{Mon}	1,00					
TS_{Tue}	0,61	1,00				
TS_{Wed}	0,70	0,51	1,00			
TS_{Th}	0,63	0,59	0,59	1,00		
TS_{Fr}	0,71	0,63	0,59	0,58	1,00	
TS_{Sa}	0,44	0,38	0,54	0,50	0,56	1,00

Для улучшения наглядности представления табличных данных, используя полученные результаты, создадим завершенный взвешенный граф с шестью вершинами. Вес ребер данного графа определяется величиной коэффициента корреляции между временными рядами объемов продаж различных марок питьевой воды в зависимости от дня недели.

Эффективная визуализация табличных данных является важным аспектом современной аналитики и играет ключевую роль в повышении удобства работы экспертов в различных областях. Преобразование структурированных табличных данных в наглядные графические изображения позволяет существенно упростить процесс интерпретации информации, выявления закономерностей и принятия обоснованных решений. В настоящее время наблюдается тенденция к широкому применению алгоритмов искусственного интеллекта для визуализации табличных данных посредством графических представлений [10]. Данный подход позволяет более эффективно анализировать и интерпретировать сложные наборы данных, выявляя закономерности и тренды, которые могут быть незаметны при традиционном табличном представлении [10].

Рисунок 3 представляет демонстрацию такого использования: преобразования табличных данных (табл. 2) в графическую форму.

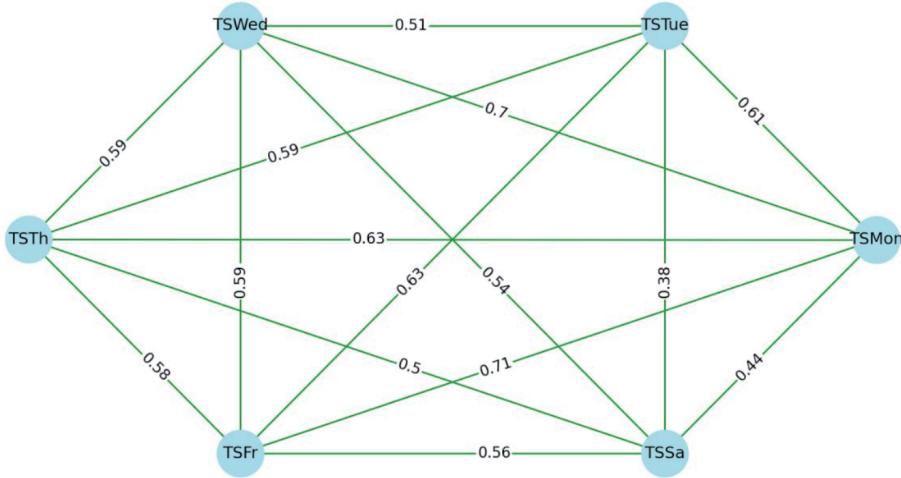


Рис. 2. Полный 6-вершинный взвешенный граф G : вершины – ВР объемов продаж в определенный день недели, ребра – корреляционная связь исследуемыми ВР

Отметим, что значения показателя корреляции определены в пределах интервала $[0,38; 0,71]$, что подчеркивает факт достаточно сбалансированной в течение недели нагрузки автотранспорта, задействованного для доставки воды в дома и офисы конечному потребителю.

Проведем анализ результатов расчетов многокритериальной оценки персистентности или трендоустойчивости декомпозиционных по дням недели и маркам временных рядов продаж питьевой воды. Таблица 3 демонстрирует результаты векторного анализа устойчивости тренда временных рядов объемов продаж бутилированной питьевой воды в 19-литровых емкостях, зафиксированных по понедельникам.

Таблица 3

Результаты многофакторного анализа устойчивости трендов временных рядов объемов реализации бутилированной питьевой воды в 19-литровых емкостях по понедельникам

Временной ряд (TS_i)	Показатель вариации (V_i)	Показатель асимметрии (A_i)	Показатель эксцесса (E_i)	Значение эксцесса за пределами «головы ВР» [$M \pm 3\sigma$]	Показатель Херста
$TS_{1 Mon}$	0,45	0,92	2,86	0	0,88
$TS_{2 Mon}$	1,24	1,90	7,53	5,81 (77%)	0,85
$TS_{3 Mon}$	0,58	0,64	2,83	0	0,82
$TS_{4 Mon}$	1,11	3,53	19,02	18,5 (97%)	0,65
$TS_{5 Mon}$	0,53	0,6	2,66	0	0,78

Окончание табл. 3

Временной ряд (TS_i)	Показатель вариации (V_i)	Показатель асимметрии (A_i)	Показатель эксцесса (E_i)	Значение эксцесса за пределами «головы ВР» [$M \pm 3\sigma$]	Показатель Херста
$TS_{6 Mon}$	0,86	0,45	2,28	0	0,89
$TS_{7 Mon}$	0,74	1,1	3,48	0	0,88
$TS_{8 Mon}$	0,57	0,43	2,3	0	0,88
$TS_{9 Mon}$	1,19	1,1	4,0	3,34(83,5)	0,86

Как и в случае анализа временных рядов продаж по дням недели по совокупности представленных расчетных статистических показателей для ВР объемов продаж марок бутилированной питьевой воды 19 л по понедельникам, в таблице 3 остается неизменным вывод об отсутствии признака однородности значений, т.к. значения коэффициентов вариации значительно превышают 33%. В полигоне распределения три ВР $TS_{2 Mon}, TS_{4 Mon}, TS_{9 Mon}$ имеют значения за пределами интервала $M \pm 3\sigma$, что свидетельствует о наличии «тяжелого хвоста». ВР обладают «долговременной» памятью, что подтверждает интервал от 0,65 до 0,89, в котором находятся рассчитанные показатели Херста.

Таблица 4

Результаты многофакторного анализа устойчивости трендов временных рядов объемов реализации бутилированной питьевой воды в 19-литровых емкостях по вторникам

Временной ряд (TS_i)	Показатель вариации (V_i)	Показатель асимметрии (A_i)	Показатель эксцесса (E_i)	Значение эксцесса за пределами «головы ВР» [$M \pm 3\sigma$]	Показатель Херста
$TS_{1 Tue}$	0,51	0,6	2,55	0	0,9
$TS_{2 Tue}$	1,2	1,92	8,61	7,84 (91%)	0,84
$TS_{3 Tue}$	0,63	0,7	2,76	0	0,85
$TS_{4 Tue}$	0,72	1,45	5,69	3,91 (69%)	0,62
$TS_{5 Tue}$	0,51	0,14	2,1	0	0,89
$TS_{6 Tue}$	0,93	0,95	4,07	2,58(63 %)	0,85
$TS_{7 Tue}$	0,64	0,84	2,83	0	0,82
$TS_{8 Tue}$	0,65	0,59	2,98	0	0,92
$TS_{9 Tue}$	1,45	2,1	7,8	3,34(42 %)	0,77

Вывод при анализе результатов таблицы 4 полностью соответствует выводам по табл. 3.

Таблица 5

Коэффициент корреляции, который количественно оценивает степень взаимосвязи между объемами реализации различных брендов питьевой воды по вторникам

	$TS_{1 Tue}$	$TS_{8 Tue}$	$TS_{4 Tue}$	$TS_{5 Tue}$	$TS_{7 Tue}$	$TS_{2 Tue}$	$TS_{6 Tue}$	$TS_{3 Tue}$	$TS_{9 Tue}$
$TS_{1 Tue}$	1,00								
$TS_{8 Tue}$	0,65	1,00							
$TS_{4 Tue}$	-0,18	-0,10	1,00						
$TS_{5 Tue}$	0,46	0,42	0,21	1,00					
$TS_{7 Tue}$	0,47	0,35	0,02	0,42	1,00				
$TS_{2 Tue}$	-0,40	-0,52	-0,08	-0,51	-0,34	1,00			
$TS_{6 Tue}$	-0,40	-0,59	-0,23	-0,55	-0,31	0,77	1,00		
$TS_{3 Tue}$	0,56	0,52	0,08	0,04	0,30	-0,30	-0,22	1,00	
$TS_{9 Tue}$	0,13	0,07	-0,11	-0,05	-0,22	-0,03	-0,20	0,09	1,00

Табл. 5 демонстрирует коэффициент корреляции, который количественно оценивает степень взаимосвязи между объемами реализации различных брендов питьевой воды по вторникам. Другими словами, представленные данные позволяют оценить, насколько синхронно изменяются объемы продаж разных марок в указанный день недели. Данный показатель, как известно, варьируется от -1 до +1, где значения, близкие к 1, указывают на сильную положительную корреляцию, -1 – на сильную отрицательную, а 0 – на отсутствие линейной связи между анализируемыми величинами. Иными словами, таблица позволяет установить наличие или отсутствие статистически значимой взаимозависимости в покупательском поведении потребителей разных брендов.

Опираясь на визуальный анализ графа (рис. 3), выделим три группы взаимосвязанных марок питьевой воды по продажам во вторник:

первая группа – $TS_{7 Tue}, TS_{5 Tue}, TS_{8 Tue}, TS_{1 Tue}, TS_{3 Tue}, TS_{4 Tue}$, между элементами которой коэффициент корреляции от 0,21 до 0,65;

вторая группа – $TS_{2 Tue}, TS_{6 Tue}$, наиболее связанные марки питьевой воды «Кубай» и «Пилигрим», коэффициент корреляции 0,77;

третья группа – $TS_{9 Tue}$, питьевая вода марки «Жемчужина Кавказа», объем продаж которой во вторник не коррелирует ни с одной другой маркой питьевой воды.

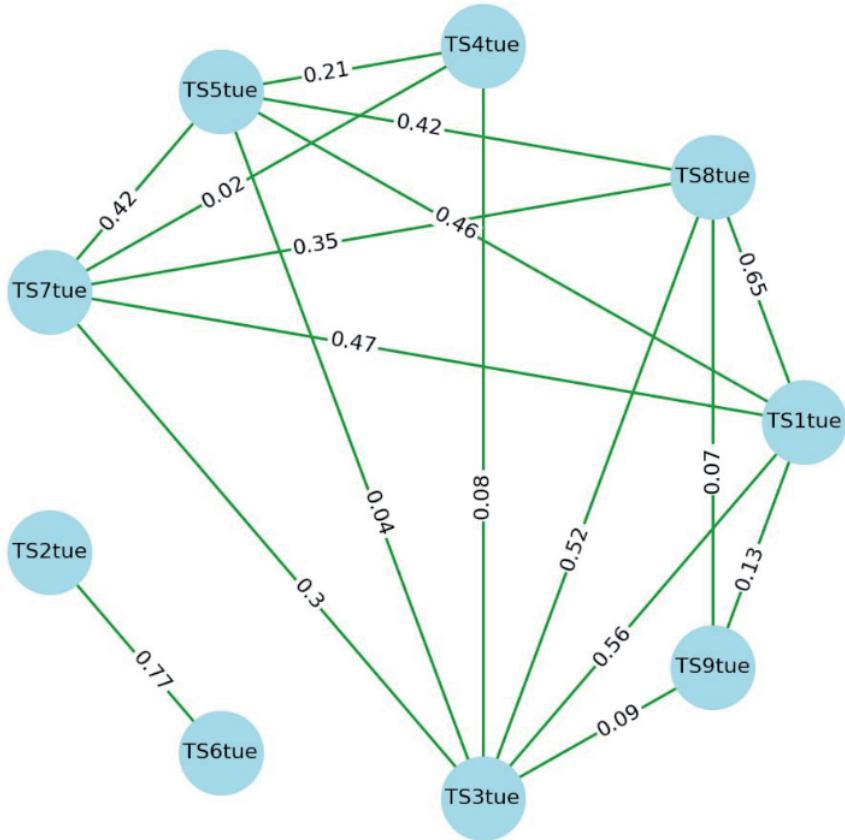


Рис. 3. 9-вершинный взвешенный граф G : вершины – ВР объемов продаж во вторник марок питьевой воды, веса ребер – положительная корреляционная связь

Расчеты показывают, что в зависимости от дня недели меняется состав этих групп. Так, например, в пятницу выделяются следующие 2 группы взаимосвязанных объемов продаж по маркам: первая – $TS_7 \text{ Tue}, TS_5 \text{ Tue}, TS_8 \text{ Tue}, TS_1 \text{ Tue}, TS_3 \text{ Tue}$; вторая – $TS_2 \text{ Tue}, TS_6 \text{ Tue}, TS_9 \text{ Tue}, TS_4 \text{ Tue}$.

Объемы продаж питьевых вод бренда ООО фирмы «Меркурий» TS_2, TS_6 имеют высокую корреляционную связь во все дни недели и соответственно находятся всегда в одной группе. Питьевая вода марки «Жемчужина Кавказа» TS_9 , например, в среду так же, как и во вторник не имеет связи ни с одной из вод ассортиментного портфеля.

Анализ полученных расчетных данных позволяет определить, к какому классу устойчивости относятся 54 исследуемые ВР.

Первая, наиболее консервативная категория временных рядов, характеризуется коэффициентом вариации, не превышающим 0,15 ($V_i \leq 0,15$);

согласно проведенному анализу, временные ряды с подобным значением коэффициента вариации не были обнаружены.

Вторая категория ВР включает переменные величины, чье эмпирическое распределение демонстрирует соответствие гауссовскому, или нормальному, закону. Это означает, что все наблюдаемые значения эмпирического распределения данных ВР располагаются в границах интервала $[M - 3\sigma; M + 3\sigma]$ [13] и показатель вариации значений совокупности данных имеет значение менее 33%: такие временные ряды отсутствуют.

Для вариационных рядов, демонстрирующих третью категорию устойчивости, допустимо нахождение до 40% значений за границами трех сигм от среднего ($M \pm 3\sigma$), т.е. «тяжелый хвост» отсутствует, значение показателя вариации более 33%. Это соответствует менее строгим критериям выбросов, что отражает большую гетерогенность данных [2]:

$$\begin{aligned} & TS_{9 Sa}, TS_{8 Sa}, TS_{6 Sa}, TS_{1 Fr}, TS_{4 Fr} \\ & , TS_{1 Th}, TS_{2 Th}, TS_{4 Th}, TS_{5 Th}, TS_{7 Th}, TS_{8 Th}, TS_{9 Th}, \\ & TS_{1 Wed}, TS_{2 Wed}, TS_{5 Wed}, TS_{9 Wed}, TS_{1 Tue}, TS_{3 Tue}, TS_{5 Tue}, TS_{7 Tue}, \\ & TS_{1 Mon}, TS_{3 Mon}, TS_{5 Mon}, TS_{6 Mon}, TS_{7 Mon}, TS_{8 Mon}. \end{aligned}$$

Четвертая категория ВР характеризуется наиболее неустойчивой динамикой, имеет «тяжелые хвосты»:

$$\begin{aligned} & TS_{1 Sa}, TS_{2 Sa}, TS_{3 Sa}, TS_{4 Sa}, TS_{5 Sa}, TS_{7 Sa}, \\ & TS_{2 Fr}, TS_{3 Fr}, TS_{5 Fr}, TS_{6 Fr}, TS_{7 Fr}, \\ & TS_{8 Fr}, TS_{9 Fr}, TS_{3 Wed}, TS_{4 Wed}, TS_{6 Wed}, TS_{7 Wed}, TS_{8 Wed}, TS_{3 Th}, TS_{6 Th}, TS_{2 Tue} \\ & TS_{4 Tue}, TS_{6 Tue}, TS_{9 Tue}, TS_{2 Mon}, TS_{4 Mon}, TS_{9 Mon}. \end{aligned}$$

Заключение

В рамках представленной классификации [12] все временные ряды (ВР), анализируемые в настоящем исследовании, демонстрируют принадлежность либо к третьей, либо к четвертой категории устойчивости, причем каждый класс включает по 27 временных рядов.

Установлено, что значения индекса Херста для всех выделенных ВР находятся в диапазоне, соответствующем характеристикам «черного шума» ($H \geq 0,75$). Данный факт свидетельствует о высокой степени устойчивости тренда в динамике ВР и подтверждает наличие эффекта «долговременной памяти» [15]. В отношении группы ВР TS_4 , представляющих данные о продажах питьевой воды «Mountain Kids» по дням недели, индекс Херста соответствует параметрам «серого шума» ($H \geq 0,62$). Это также указывает на достаточную устойчивость тренда и наличие «долговременной памяти» в указанных временных рядах [14].

Анализ результатов и предварительное предпрогнозное моделирование структуры ассортиментного портфеля временных рядов (ВР) подтверждают релевантность применения нелинейных методов в математическом моделировании экономических систем, что является альтернативой традици-

онному линейному подходу [5]. В большинстве исследованных ВР обнаружены признаки иерархической организации, а также свойства персистентности и устойчивости тренда, которые количественно оцениваются с помощью показателя Херста [5]. Статистический анализ выборки из 54 временных рядов показывает, что в 27 случаях коэффициент эксцесса выходит за допустимые границы, указывая на наличие «тяжелых хвостов» в распределении, что свидетельствует о повышенной вероятности экстремальных значений [7, 9].

Данное предиктивное исследование по определению потенциальных объемов сбыта фасованной питьевой воды представляет собой начальную fazu, ориентированную на обнаружение специфических черт структуры данных, которые требуют принятия во внимание при последующем углубленном анализе. Задача предоставленного исследования заключается в подготовке данных для формирования проектного плана исследования, обоснованного выбора методологии анализа данных и соответствующего математического аппарата, а также инструментария для прогнозирования динамики и управления приемлемым уровнем риска. Результаты данной работы важны для получения надежного прогноза, например, с применением подходов, описанных в работах [5, 9], и выработки политики эффективного риск-менеджмента, связанного с функционированием торговой компании, специализирующейся на одном виде продукции.

Список источников

1. Апанович З.В., Винокуров П.С., Марчук А.Г. Платформа для визуализации и исследования научометрической информации семантических баз данных // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием: труды конференции. Белгород, 16–20 октября 2012 года, т. 2, с. 31-38.
2. Дунская Л.К., Попова Е.В. Адаптация k-means как средства автоматизации процесса прогнозирования слабоструктурируемых временных рядов экономической динамики // *п-Economy*, 2025, т. 18, no. 1, c. 160-177.
3. Коваль П.К., Полбин А.В. Оценка гетерогенных параметров динамики дохода и межвременных потребительских предпочтений // *Финансовый журнал*, 2023, т. 15, no. 6, с. 76-92.
4. Кумратова А.М., Попова Е.В., Попов Г.И. [и др.] Методы классической статистики в исследовании степени «рисковости» тренд-сезонных процессов // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2014, no. 100, с. 1118-1137.
5. Кумратова А.М., Попова Е.В., Савинская Д.Н., Курносова Н.С. Комплексная методика анализа экономических временных рядов методами нелинейной динамики // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 8 (68), с. 35-43.
6. Кумратова А.М., Попова Е.В., Турлий С.И., Недогонова Т.А. Адаптированные методы нелинейной динамики подготовки данных экономических временных рядов к процедуре прогноза // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2019, no. 7(115), с. 33-41.
7. Никифорова О.П., Антохонова И.В. *Локальные продовольственные рынки в новых условиях: методология исследования и методы регулирования*. Улан-Удэ, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2016. 164 с.
8. Перепелица В.А., Попова Е.В. *Математические модели и методы оценки рисков экономических, социальных и аграрных процессов*. Ростов-на-Дону, Ростовский университет, 2002. 210 с.
9. Попова Е.В., Кумратова А.М., Тре-

- тьякова Н.В., Пономарева Д.Н. Инструментальные средства выявления долгосрочных тенденций развития природных и экономических процессов // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 7 (67), с. 22-31.
10. Попова Е.В., Савинская Д.Н., Попов Г.И. Прогнозирование динамики рынка НОД на базе методов когнитивного анализа и предикторной обработки данных // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 2012, no. 35, с. 27-31.
11. Попова М.И. Методы многокритериальной оптимизации в формировании ассортимента монопродуктовой компании // *Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2024, no. 202, с. 151-165.
12. Попова М.И., Таран Е.А., Вилкова Н.А. Математические методы многокритериальной оптимизации для принятия решения по отбору объектов таможенного контроля после выпуска товаров // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2024, no. 3 (171), с. 24-36.
13. Се С., Миролюбова А.А. Анализ инструментов визуализации экономических данных // *Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством»*, 2023, no. 53, с. 28-35.
14. Шехтер Д., Сандер Г. *Логистика. Искусство управления цепочками поставок*. Москва, Претекст, 2008. 230 с.
15. Mandelbrot B.B., Wallis J.R. Fractional Brownian noises, fractional Brownian motions and applications // *SIAM review*, 1968, no. 10(4), pp. 422-437.
16. Shulenin V.P. *Robust Methods of Mathematical Statistics. Ministry of science and higher education of the russian federation, national research tomsk state university*. Tomsk, Scientific Technology Publishing House, 2020. 260 p.

PREDICTIVE STUDY OF THE SPECIFIC PROPERTIES OF THE STRUCTURE OF TIME SERIES OF SALES VOLUMES OF BOTTLED DRINKING WATER

Popova Margarita Igorevna, graduate student, assistant

FGBOU HE Kuban State Agrarian University named after. I. T. Trubilina, Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: 9492496286@mail.ru

Importance: this paper presents an expansion and deepening of the previously performed data analysis, consisting of studying sales time series, their systematization and detailed description. The specified tasks are solved at the stage of preliminary or predictive study of time series characterizing daily sales volumes of nine different brands of bottled water.

Purpose: analysis of specific properties of the structure of time series of sales volumes that determine the dynamics of the key performance indicator for a commercial organization specializing in the sale of one type of goods and, as a result, the selection of relevant mathematical forecasting tools. *Research design:* the paper presents an expansion and deepening of statistical analysis of sales volume data, consisting in the study of sales time series, their systematization and detailed description. These tasks are solved at the stage of preliminary or predictive research. The study presents calculations of statistical indicators and a vector assessment of time series representing data on sales of a specific brand of water on a certain day of the week. *Results:* the analysis of the results of a multi-criteria assessment of the persistence or trend stability of time series of drinking water sales decomposed by days of the week and brands presented in the paper is important for obtaining a reliable forecast and developing an effective risk management policy associated with the functioning of a trading company specializing in one type of product.

Keywords: microlevel analysis, multi-criteria optimization, single-product company, trend tolerance, persistence, correlation analysis.

References

1. Apanovich Z.V., Vinokurov P.S., Marchuk A.G. Platforma dlja vizualizacii i issledovaniya naukometricheskoy informacii semanticheskikh baz dannyh. *Trinadcataja nacional'naja konferencija po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem: trudy konferencii*, Belgorod, 16–20 oktyabrya 2012 goda, Tom 2, Belgorod, 2012, pp. 31–38. (In Russ.)
2. Dunskaia L.K., Popova E.V. Adap-
- tacija k-means kak sredstva avtomatizacii processa prognozirovaniya slabostrukturiruemyh vremennyh rjadow jekonomiceskoy dinamiki. *n-Economy*, 2025, T. 18, no. 1, pp. 160–177. (In Russ.)
3. Koval' P.K., Polbin A.V. Ocenka geterogennyh parametrov dinamiki dohoda i mezhvremennyh potrebitel'skih predpochtenij. *Finansovyj zhurnal*, 2023, T. 15, no. 6, pp. 76–92. (In Russ.)

4. Kumratova A.M., Popova E.V., Popov G.I. [i dr.] Metody klassicheskoy statistiki v issledovanii stepeni "riskovosti" trend-sezonnyh processov. *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 100, pp. 1118-1137. (In Russ.)
5. Kumratova A.M., Popova E.V., Savinskaja D.N., Kurnosova N.S. Kompleksnaja metodika analiza jekonomiceskikh vremennyh rjadov metodami nelinejnoj dinamiki. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija*, 2015, no. 8 (68), pp. 35-43. (In Russ.)
6. Kumratova A.M., Popova E.V., Turlij S.I., Nedogonova T.A. Adaptirovannye metody nelinejnoj dinamiki podgotovki dannyh jekonomiceskikh vremennyh rjadov k procedure prognoza. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija*, 2019, no. 7 (115), pp. 33-41. (In Russ.)
7. Nikiforova O.P., Antohonova I.V. *Lokal'nye prodovol'stvennye rynki v novyh uslovijah: metodologija issledovanija i metody regulirovaniya*. Ulan-Udje, Vostochno-Sibirskij gosudarstvennyj universitet tehnologij i upravlenija, 2016. 164 p. (In Russ.)
8. Perepelica V.A., Popova E.V. *Matematicheskie modeli i metody ocenki riskov jekonomiceskikh, social'nyh i agrarnyh processov*. Rostov-na-Donu, Rostovskij universitet, 2002. 210 p. (In Russ.)
9. Popova E.V., Kumratova A.M., Tretyakova N.V., Ponomareva D.N. Instrumental'nye sredstva vyjavlenija dolgosrochnyh tendencij razvitiya prirodnih i jekonomiceskikh processov. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija*, 2015, no. 7 (67), pp. 22-31. (In Russ.)
10. Popova E.V., Savinskaja D.N., Popov G.I. Prognozirovanie dinamiki rynka HOD na baze metodov kognitivnogo analiza i prediktornoj obrabotki dannyh. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 35, pp. 27-31. (In Russ.)
11. Popova M.I. Metody mnogokriterial'noj optimizacii v formirovani assortimenta monoproduktovoj kompanii. *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024, no. 202, pp. 151-165. (In Russ.)
12. Popova M.I., Taran E.A., Vilkova N.A. Matematicheskie metody mnogokriterial'noj optimizacii dlja prinjatija reshenija po otboru ob'ektov tamozhennogo kontrolja posle vypuska tovarov. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija*, 2024, no. 3 (171), pp. 24-36. (In Russ.)
13. Se S., Miroljubova A.A. Analiz instrumentov vizualizacii jekonomiceskikh dannyh. *Sbornik nauchnyh trudov vuzov Rossii "Problemy jekonomiki, finansov i upravlenija proizvodstvom"*, 2023, no. 53, pp. 28-35. (In Russ.)
14. Shechter D., Sander G. *Logistika. Iskusstvo upravlenija cepochkami postavok*. Moskva, Pretekst, 2008. 230 p. (In Russ.)
15. Mandelbrot B.B., Wallis J.R. Fractional Brownian noises, fractional Brownian motions and applications. *SIAM review*, 1968, no. 10 (4), pp. 422-437. (In Eng.)
16. Shulenin V.P. *Robust Methods of Mathematical Statistics. Ministry of science and higher education of the russian federation, national research tomsk state university*. Tomsk, Scientific Technology Publishing House, 2020. 260 p. (In Eng.)