

УДК 519.234, 519.711

Т. В. Жмыхова, О. В. Котова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
286128, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕКОТОРЫХ ОПЕРЕЖАЮЩИХ ИНДИКАТОРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

T.V. Zhmykhova, O.V.Kotova

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (DonNACEA)
286128, Donetsk People's Republic, Makeevka, Derzhavina st., 2

THE APPLICATION OF TWO-DIMENSIONAL FREQUENCY ANALYSIS IN THE SOME LEADING INDICATORS EVALUATION IN CONSTRUCTION

При помощи двумерного частотного анализа изучается зависимость от времени года некоторых опережающих индикаторов в строительстве. Целью проводимого исследования является сравнение влияния сезонности на факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций посредством применения методов многомерного анализа.

Ключевые слова: управление в строительстве, опережающие индикаторы, сезонность, двумерный анализ, таблицы сопряженности.

Two-dimensional frequency analysis examines the seasonal dependence of some leading indicators in the construction. The purpose of the research is to compare the impact of seasonality on the factors, that hinder the operations of construction companies by using methods of multivariate analysis.

Key words: management in construction, leading indicators, seasonality, two-dimensional analysis, contingency tables.

Введение

Актуальность задачи по изучению факторов (индикаторов), влияющих на повышение эффективности деятельности организаций, работающих на строительном рынке, не вызывает никаких сомнений. Сложность установления взаимосвязи между группами признаков была обусловлена переменчивостью их характера и разного проявления в зависимости от рассматриваемого периода времени.

Быстрое развитие данной отрасли экономики влечет за собой привлечение инвестиций и технологий, что вызывает спрос на продукцию смежных отраслей промышленности, транспорта и услуг.

На уровень и особенности инновационного развития строительного комплекса оказывают влияние множество причин. Влияние частных групп факторов имеет переменный характер, так как обладает мультипликативным эффектом, поэтому в разные временные периоды они проявляют себя по-разному. По этой причине на разных уровнях управления, начиная с государственного и заканчивая управлением организациями строительного комплекса, необходимо исследовать и ранжировать факторы по степени их взаимовлияния на систему и своевременно осуществлять регулирование управляемых параметров для достижения их оптимального сочетания [1]. В связи с этим, анализ существующей ситуации в сфере строительства и изучение признаков, влияющих на повышение эффективности деятельности строительных организаций, является актуальной задачей.

Строительство, являясь отраслью национальной экономики, оказывает существенное влияние на неё и на рост благосостояния страны и хозяйствующих субъектов в целом.

Анализом индикаторов строительства занимался ряд отечественных ученых, в работах которых в очередной раз подтверждается актуальность темы исследования. Так, С. М. Анпиловым, А. Н. Сорочайкиным представлен цикл статей [2], [3] со стратегией развития отрасли до 2030 г. с подробным описанием текущего состояния и анализом основных факторов, влияющих на динамику ключевых показателей. Авторами предлагается проведение анализа строительной отрасли в РФ с позиции SWOT-анализа данных, который может учесть, как внешние положительные и отрицательные факторы, так и факторы внутри отрасли. Коллектив авторов в [4] использует несколько статистических методов: графический, табличный и коэффициентный, однако целью их исследования является не выявление признаков, влияющих на отрасль в целом, а изучение коэффициентов, позволяющих оценивать доступность жилья. В работе [5] сделан общий анализ отрасли по введенным жилым комплексам с представлением статистических данных, но без глубокого их анализа. В статье [6] отмечена важность ведения статистики продукции строительства, поскольку это позволяет проанализировать объемы, динамику и структуру инвестиций в основной капитал, результаты обследований инвестиционной активности организаций, узнать сведения о вводе в действие основных фондов и об их состоянии, о производственных мощностях, жилых домах и объектах социальной сферы. Г. И. Ханин проанализировал факторы развития строительства и указал на сложность такого анализа по причине недостоверности статистики за исследуемый период [7]. В работе [8] выявлены приоритетные значения методов математической статистики в процессе реализации функции контроля качества в ходе производства продукции для строительной индустрии, однако данные методы не были применены для конкретных статистических данных.

Обращаясь к научной литературе, посвященной анализу индикаторов строительства, отметим ещё ряд заслуживающих внимание публикаций, таких авторов, как И. С. Зиновьева, А. Д. Ишков, О. И. Стебунова. В своих исследованиях эти авторы рассматривают динамику и структуру строительного рынка, а также оценивают эконометрические модели, учитывающие особенности рассматриваемой отрасли. В этой связи, опираясь на мнение данных ученых, сформируем методологию проводимого нами исследования, состоявшего из трех этапов:

- 1) построение модели исследования и план её реализации;
- 2) проверка гипотезы посредством некоторых методов многомерного анализа;
- 3) оценка полученных результатов.

Цель настоящей работы – изучение взаимосвязи между сезонностью и опережающими индикаторами в строительстве и исследование её структуры посредством двумерного частотного анализа.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Данные

В нашем исследовании рассматривается влияние сезонности на некоторые опережающие индикаторы в строительстве. Для этого в анализе используются данные Росстата¹, полученные поквартально за период 2013 – 2022 гг. Из всего набора показателей составлено сбалансированное подмножество панельных данных, охватывающее факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций: недостаток заказов, высокий уровень налогов и недостаток квалифицированных работников. Изучение зависимости опережающих индикаторов от сезонности позволяет вводить поправочные коэффициенты на основные строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, которые учитывают отклонения от нормативных условий труда. В качестве набора данных выбран удельный вес респондентов, отметивших указанные факторы, как ограничивающие деятельность строительной организации. На основании этих показателей проведен анализ, в ходе которого вся сбалансированная выборка данных была разделена на три подвыборки в соответствии с временными (2013 – 2022 гг.) и квартальными (I-IV) показателями (табл. 1).

2.2 Методология

Для сравнения влияния сезонности на факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций, т.е. установление их взаимосвязи и соответствие друг другу, используются методы многомерного анализа – таблицы сопряженности (*Crosstabulation tables*) с их дальнейшим анализом соответствия посредством непараметрических методов. Кросстабуляция позволяет совместить частоты появления объектов при разных значениях категориальных переменных. Для оценки степени взаимосвязи между переменными исследуемого массива данных были использованы непараметрические методы факторного анализа, статистики которых приведены в табл. 2.

¹ Данные взяты из https://rosstat.gov.ru/leading_indicators, раздел «Строительство»

Таблица 1 – Некоторые опережающие индикаторы в сфере строительства (поквартально за 2013-2022 гг.)

| Год | Опережающие индикаторы | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|-----|----|-------------------------|----|-----|----|---|----|-----|----|
| | Факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций | | | | | | | | | | | |
| | Недостаток заказов | | | | Высокий уровень налогов | | | | Недостаток квалифицированных работников | | | |
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| 2013 | 19 | 18 | 16 | 17 | 46 | 45 | 45 | 42 | 22 | 21 | 20 | 21 |
| 2014 | 19 | 18 | 16 | 17 | 39 | 39 | 38 | 39 | 21 | 21 | 22 | 20 |
| 2015 | 17 | 17 | 15 | 16 | 36 | 36 | 35 | 40 | 19 | 18 | 15 | 14 |
| 2016 | 28 | 29 | 28 | 29 | 37 | 36 | 37 | 36 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 2017 | 34 | 32 | 30 | 31 | 35 | 34 | 35 | 34 | 11 | 11 | 12 | 11 |
| 2018 | 36 | 31 | 29 | 29 | 39 | 37 | 37 | 38 | 10 | 11 | 11 | 12 |
| 2019 | 30 | 27 | 25 | 25 | 45 | 41 | 41 | 41 | 10 | 11 | 15 | 17 |
| 2020 | 27 | 29 | 26 | 28 | 38 | 36 | 36 | 36 | 15 | 15 | 16 | 17 |
| 2021 | 26 | 22 | 20 | 18 | 33 | 31 | 30 | 31 | 20 | 19 | 19 | 21 |
| 2022 | 16 | 17 | 17 | 18 | 33 | 31 | 31 | 30 | 20 | 21 | 23 | 23 |

Для оценки тесноты связи в работе использовались коэффициент корреляции знаков Фехнера K_{ϕ} , ранговые коэффициенты корреляции, критерий Пирсона, а также критерий Фридмана. [9].

Таблица 2 – Статистики кросстабуляции

| № | Статистика | Результат применения для выбранных факторов |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Коэффициент корреляции знаков Фехнера | определяет тесноту связи опережающих индикаторов от сезонности |
| 2 | Коэффициент конкордации | характеризует степень согласованности в виде рангов по совокупности критериев |
| 3 | Критерий Пирсона | позволяет оценить статистическую значимость различий нескольких показателей от сезонности |
| 4 | Критерий Фридмана | сопоставляет условия измерений для нескольких индикаторов с ранжированием по индивидуальным значениям измерений |

Далее в работе применяются следующие обозначения: n – количество испытуемых (год); m – количество условий (квартал); k – степени свободы; α – уровень значимости; $\chi^2_{критич}$ – критическое значение критерия; S – отклонение суммы квадратов рангов от средней квадратов рангов; H_0 и H_1 – нулевая и альтернативная гипотезы соответственно.

Для проверки гипотез рассматриваемых критериев используем значения, приведенные в табл. 3.

Таблица 3 – Проверка гипотез

| № | Критерий | Степени свободы k | Уровень значимости α | Гипотеза H_0 | Гипотеза H_1 |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | Критерий согласования Пирсона | $k = n - 1$ | 0,05 | Коэффициент конкордации W – величина случайная | Коэффициент конкордации W не случаен. Полученные результаты можно использовать в дальнейшем исследовании |
| 2 | Критерий независимости χ^2 Пирсона | $k = (n - 1) \cdot (m - 1)$ | | Признак не зависит от сезонности | Признак зависит от сезонности |
| 3 | Критерий Фридмана | $k = m - 1$ | | Различия результатов тестов несутельственные | Различия результатов тестов существенные |

3 Результаты

Для исследования характера взаимосвязи проанализированы частоты, представленные в табл. 1 по всем переменным. Приведем результаты анализа по отдельным факторам, чтобы продемонстрировать технику использования критериев.

3.1 Коэффициент корреляции знаков Фехнера

Будем изучать зависимость от сезонности каждого фактора отдельно (табл. 4).

Таблица 4 – Отклонение частот от их соответствующего среднего значения

| квартал год | Недостаток заказов | | | | Высокий уровень налогов | | | | Недостаток квалифицированных работников | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|----|-----|----|-------------------------|----|------|------|---|----|-----|----|------|------|------|------|----|----|-----|----|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | 25,2 | 24 | 22,2 | 22,8 | I | II | III | IV | 38,1 | 36,6 | 36,5 | 36,7 | I | II | III | IV | 16,1 | 16,1 | 16,6 | 16,9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 19 | 18 | 16 | 17 | - | - | - | - | 46 | 45 | 45 | 42 | + | + | + | + | 22 | 21 | 20 | 21 | + | + | + | + |
| 2014 | 19 | 18 | 16 | 17 | - | - | - | - | 39 | 39 | 38 | 39 | + | + | + | + | 21 | 21 | 22 | 20 | + | + | + | + |
| 2015 | 17 | 17 | 15 | 16 | - | - | - | - | 36 | 36 | 35 | 40 | - | - | - | + | 19 | 18 | 15 | 14 | + | + | - | - |
| 2016 | 28 | 29 | 28 | 29 | + | + | + | + | 37 | 36 | 37 | 36 | - | - | + | - | 13 | 13 | 13 | 13 | - | - | - | - |
| 2017 | 34 | 32 | 30 | 31 | + | + | + | + | 35 | 34 | 35 | 34 | - | - | - | - | 11 | 11 | 12 | 11 | - | - | - | - |
| 2018 | 36 | 31 | 29 | 29 | + | + | + | + | 39 | 37 | 37 | 38 | + | + | + | + | 10 | 11 | 11 | 12 | - | - | - | - |
| 2019 | 30 | 27 | 25 | 25 | + | + | + | + | 45 | 41 | 41 | 41 | + | + | + | + | 10 | 11 | 15 | 17 | - | - | - | + |
| 2020 | 27 | 29 | 26 | 28 | + | + | + | + | 38 | 36 | 36 | 36 | - | - | - | - | 15 | 15 | 16 | 17 | - | - | - | + |
| 2021 | 26 | 22 | 20 | 18 | + | - | - | - | 33 | 31 | 30 | 31 | - | - | - | - | 20 | 19 | 19 | 21 | + | + | + | + |
| 2022 | 16 | 17 | 17 | 18 | - | - | - | - | 33 | 31 | 31 | 30 | - | - | - | - | 20 | 21 | 23 | 23 | + | + | + | + |

Анализ табл. 4 показывает, что для признака «Недостаток заказов» попарная связь между II, III и IV кварталами прямая функциональная, так как $K_{\phi} = 1$. При этом коэффициент корреляции Фехнера для I квартала с каждым из остальных кварталов высок. В показателе «Высокий уровень налогов» наиболее тесная связь наблюдается между I и II, а также II и III кварталами. Остальные пары имеют прямую заметную или высокую тесноту связи. Наибольший разброс по тесноте связи имеет индикатор «Недостаток квалифицированных работников». Наименьший коэффициент корреляции Фехнера наблюдается между I и IV, а также II и IV кварталами.

3.2 Коэффициент конкордации

Приводим расчетные таблицы по определению рангов для каждого признака: «Недостаток заказов» (табл. 5), «Высокий уровень налогов» (табл. 6), «Недостаток квалифицированных работников» (табл. 7).

Таблица 5 – Определение рангов для признака «Недостаток заказов»

| год \ квартал | I | II | III | IV | Ранги | | | | Сумма строк R_i | Квадраты сумм строк R_i |
|---------------|----|----|-----|----|-------|----------|-----------|----------|-------------------|---------------------------|
| | | | | | R_I | R_{II} | R_{III} | R_{IV} | | |
| 2013 | 19 | 18 | 16 | 17 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 12 | 144 |
| 2014 | 19 | 18 | 16 | 17 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 12 | 144 |
| 2015 | 17 | 17 | 15 | 16 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 5,5 | 30,25 |
| 2016 | 28 | 29 | 28 | 29 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 31 | 961 |
| 2017 | 34 | 32 | 30 | 31 | 9 | 10 | 9 | 10 | 38 | 1444 |
| 2018 | 36 | 31 | 29 | 29 | 10 | 9 | 10 | 8,5 | 37,5 | 1406,25 |
| 2019 | 30 | 27 | 25 | 25 | 8 | 6 | 6 | 6 | 26 | 676 |
| 2020 | 27 | 29 | 26 | 28 | 6 | 7,5 | 7 | 7 | 27,5 | 756,25 |
| 2021 | 26 | 22 | 20 | 18 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 19,5 | 380,25 |
| 2022 | 16 | 17 | 17 | 18 | 1 | 1,5 | 4 | 4,5 | 11 | 121 |
| Σ | | | | | | | | | 220 | 6063 |

Таблица 6 – Определение рангов для признака «Высокий уровень налогов»

| год \ квартал | I | II | III | IV | Ранги | | | | Сумма строк R_i | Квадраты сумм строк R_i |
|---------------|----|----|-----|----|-------|----------|-----------|----------|-------------------|---------------------------|
| | | | | | R_I | R_{II} | R_{III} | R_{IV} | | |
| 2013 | 46 | 45 | 45 | 42 | 10 | 10 | 10 | 10 | 40 | 1600 |
| 2014 | 39 | 39 | 38 | 39 | 7,5 | 8 | 8 | 7 | 30,5 | 930,25 |
| 2015 | 36 | 36 | 35 | 40 | 4 | 5 | 3,5 | 8 | 20,5 | 420,25 |
| 2016 | 37 | 36 | 37 | 36 | 5 | 5 | 6,5 | 4,5 | 21 | 441 |
| 2017 | 35 | 34 | 35 | 34 | 3 | 3 | 3,5 | 3 | 12,5 | 156,25 |
| 2018 | 39 | 37 | 37 | 38 | 7,5 | 7 | 6,5 | 6 | 27 | 729 |
| 2019 | 45 | 41 | 41 | 41 | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 | 1296 |
| 2020 | 38 | 36 | 36 | 36 | 6 | 5 | 5 | 4,5 | 20,5 | 420,25 |
| 2021 | 33 | 31 | 30 | 31 | 1,5 | 1,5 | 1 | 2 | 6 | 36 |
| 2022 | 33 | 31 | 31 | 30 | 1,5 | 1,5 | 2 | 1 | 6 | 36 |
| Σ | | | | | | | | | 220 | 6065 |

Таблица 7 – Определение рангов для признака
«Недостаток квалифицированных работников»

| год \ квартал | I | II | III | IV | Ранги | | | | Сумма строк R_i | Квадраты сумм строк R_i |
|---------------|----|----|-----|----|-------|----------|-----------|----------|-------------------|---------------------------|
| | | | | | R_I | R_{II} | R_{III} | R_{IV} | | |
| 2013 | 22 | 21 | 20 | 21 | 10 | 9 | 8 | 8,5 | 35,5 | 1260,25 |
| 2014 | 21 | 21 | 22 | 20 | 9 | 9 | 9 | 7 | 34 | 1156 |
| 2015 | 19 | 18 | 15 | 14 | 6 | 6 | 4,5 | 4 | 20,5 | 420,25 |
| 2016 | 13 | 13 | 13 | 13 | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 | 196 |
| 2017 | 11 | 11 | 12 | 11 | 3 | 2 | 2 | 1 | 8 | 64 |
| 2018 | 10 | 11 | 11 | 12 | 1,5 | 2 | 1 | 2 | 6,5 | 42,25 |
| 2019 | 10 | 11 | 15 | 17 | 1,5 | 2 | 4,5 | 5,5 | 13,5 | 182,25 |
| 2020 | 15 | 15 | 16 | 17 | 5 | 5 | 6 | 5,5 | 21,5 | 462,25 |
| 2021 | 20 | 19 | 19 | 21 | 7,5 | 7 | 7 | 8,5 | 30 | 900 |
| 2022 | 20 | 21 | 23 | 23 | 7,5 | 9 | 10 | 10 | 36,5 | 1332,25 |
| Σ | | | | | | | | | 220 | 6015,5 |

Окончательно по табл. 3 делаем вывод о принимаемой гипотезе (табл. 8).

Таблица 8 – Расчетные значения критерия согласования Пирсона

| Признак | Коэффициент конкордации | Расчетное значение $\chi^2_{расч}$ | Принимаемая гипотеза |
|---|-------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Недостаток заказов | 0,94 | 32,96 | H_1 |
| Высокий уровень налогов | 0,94 | 32,74 | H_1 |
| Недостаток квалифицированных работников | 0,91 | 31,44 | H_1 |

3.3 Анализ таблиц сопряженности. Критерий независимости Хи-квадрат Пирсона

Приводим расчетные таблицы для каждого признака: «Недостаток заказов» (табл. 9), «Высокий уровень налогов» (табл. 10), «Недостаток квалифицированных работников» (табл. 11), переходя вначале к относительным значениям частот.

Таблица 9 – Анализ таблиц сопряженности для признака «Недостаток заказов»

| год \ квартал | Абсолютные значения | | | | Теоретические частоты | | | | Σ |
|---------------|---------------------|----|-----|----|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | |
| 2013 | 19 | 18 | 16 | 17 | 98,4 | 98,9 | 103,1 | 99,6 | 400 |
| 2014 | 19 | 18 | 16 | 17 | 98,4 | 98,9 | 103,1 | 99,6 | 400 |
| 2015 | 17 | 17 | 15 | 16 | 91,3 | 91,7 | 95,6 | 92,4 | 371 |
| 2016 | 28 | 29 | 28 | 29 | 160,9 | 161,7 | 168,5 | 162,9 | 654 |
| 2017 | 34 | 32 | 30 | 31 | 178,8 | 179,8 | 187,3 | 181,1 | 727 |
| 2018 | 36 | 31 | 29 | 29 | 175,4 | 176,3 | 183,7 | 177,6 | 713 |
| 2019 | 30 | 27 | 25 | 25 | 150,3 | 151,1 | 157,4 | 152,2 | 611 |
| 2020 | 27 | 29 | 26 | 28 | 155,2 | 156 | 162,6 | 157,2 | 631 |
| 2021 | 26 | 22 | 20 | 18 | 120,5 | 121,2 | 126,3 | 122,1 | 490 |
| 2022 | 16 | 17 | 17 | 18 | 95,9 | 96,4 | 100,5 | 97,2 | 390 |
| Σ | | | | | 1325 | 1332 | 1388 | 1342 | 5387 |

Таблица 10 – Анализ таблиц сопряженности для признака «Высокий уровень налогов»

| квартал год | Абсолютные значения | | | | Теоретические частоты | | | | Σ |
|----------------|---------------------|----|-----|----|-----------------------|------|------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | |
| 2013 | 46 | 45 | 45 | 42 | 99,6 | 97,8 | 97,5 | 105,1 | 400 |
| 2014 | 39 | 39 | 38 | 39 | 86,9 | 85,4 | 85 | 91,7 | 349 |
| 2015 | 36 | 36 | 35 | 40 | 82,5 | 81 | 80,7 | 86,9 | 331 |
| 2016 | 37 | 36 | 37 | 36 | 81,7 | 80,2 | 79,9 | 86,1 | 328 |
| 2017 | 35 | 34 | 35 | 34 | 77,5 | 76,1 | 75,8 | 81,7 | 311 |
| 2018 | 39 | 37 | 37 | 38 | 84,4 | 82,9 | 82,6 | 89 | 339 |
| 2019 | 45 | 41 | 41 | 41 | 94,2 | 92,5 | 92,1 | 99,3 | 378 |
| 2020 | 38 | 36 | 36 | 36 | 82 | 80,5 | 80,2 | 86,4 | 329 |
| 2021 | 33 | 31 | 30 | 31 | 70,2 | 69 | 68,7 | 74,1 | 282 |
| 2022 | 33 | 31 | 31 | 30 | 70 | 68,7 | 68,5 | 73,8 | 281 |
| Σ | | | | | 829 | 814 | 811 | 874 | 3328 |

Таблица 11 – Анализ таблиц сопряженности для признака «Недостаток квалифицированных работников»

| квартал год | Абсолютные значения | | | | Теоретические частоты | | | | Σ |
|----------------|---------------------|----|-----|----|-----------------------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | |
| 2013 | 22 | 21 | 20 | 21 | 93,3 | 97,8 | 106,1 | 102,9 | 400 |
| 2014 | 21 | 21 | 22 | 20 | 93,3 | 97,8 | 106,1 | 102,9 | 400 |
| 2015 | 19 | 18 | 15 | 14 | 73,2 | 76,7 | 83,3 | 80,8 | 314 |
| 2016 | 13 | 13 | 13 | 13 | 57,8 | 60,6 | 65,8 | 63,8 | 248 |
| 2017 | 11 | 11 | 12 | 11 | 49,9 | 52,3 | 56,7 | 55 | 214 |
| 2018 | 10 | 11 | 11 | 12 | 48,7 | 51,1 | 55,4 | 53,8 | 209 |
| 2019 | 10 | 11 | 15 | 17 | 59 | 61,8 | 67,1 | 65,1 | 253 |
| 2020 | 15 | 15 | 16 | 17 | 70 | 73,3 | 79,6 | 77,2 | 300 |
| 2021 | 20 | 19 | 19 | 21 | 87,7 | 91,9 | 99,7 | 96,7 | 376 |
| 2022 | 20 | 21 | 23 | 23 | 97 | 101,7 | 110,3 | 107 | 416 |
| Σ | | | | | 730 | 765 | 830 | 805 | 3130 |

Проводя сравнения со значениями в таблице 3, делаем вывод о принимаемой гипотезе (табл. 12).

Таблица 12 – Расчетные значения критерия независимости Хи-квадрат Пирсона

| Признак | Расчетное значение $\chi^2_{расч}$ | Принимаемая гипотеза |
|---|------------------------------------|----------------------|
| Недостаток заказов | 13,1 | H_0 |
| Высокий уровень налогов | 2,25 | H_0 |
| Недостаток квалифицированных работников | 20,5 | H_1 |

3.4 Критерий Фридмана

Для всех признаков проранжируем индивидуальные значения показателей для каждого года в порядке убывания признака, т.е. каждой строки представленных таблиц (табл. 13-15).

Таблица 13 – Расчетная таблица для признака «Недостаток заказов»

| квартал год | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> |
|----------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|
| 2013 | 19 | 18 | 16 | 17 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 2014 | 19 | 18 | 16 | 17 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 2015 | 17 | 17 | 15 | 16 | 3,5 | 3,5 | 1 | 2 |
| 2016 | 28 | 29 | 28 | 29 | 1,5 | 3,5 | 1,5 | 3,5 |
| 2017 | 34 | 32 | 30 | 31 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 2018 | 36 | 31 | 29 | 29 | 4 | 3 | 1,5 | 1,5 |
| 2019 | 30 | 27 | 25 | 25 | 4 | 3 | 1,5 | 1,5 |
| 2020 | 27 | 29 | 26 | 28 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 2021 | 26 | 22 | 20 | 18 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2022 | 16 | 17 | 17 | 18 | 1 | 2,5 | 2,5 | 4 |
| Σ | | | | | 32 | 31,5 | 14 | 22,5 |

Таблица 14 – Расчетная таблица для признака «Высокий уровень налогов»

| квартал год | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> |
|----------------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2013 | 46 | 45 | 45 | 42 | 4 | 2,5 | 2,5 | 1 |
| 2014 | 39 | 39 | 38 | 39 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| 2015 | 36 | 36 | 35 | 40 | 2,5 | 2,5 | 1 | 4 |
| 2016 | 37 | 36 | 37 | 36 | 3,5 | 1,5 | 3,5 | 1,5 |
| 2017 | 35 | 34 | 35 | 34 | 3,5 | 1,5 | 3,5 | 1,5 |
| 2018 | 39 | 37 | 37 | 38 | 4 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| 2019 | 45 | 41 | 41 | 41 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 2020 | 38 | 36 | 36 | 36 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 2021 | 33 | 31 | 30 | 31 | 4 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| 2022 | 33 | 31 | 31 | 30 | 4 | 2,5 | 2,5 | 1 |
| Σ | | | | | 36,5 | 21,5 | 20,5 | 21,5 |

Таблица 15 – Расчетная таблица для признака
«Недостаток квалифицированных работников»

| квартал год | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> |
|----------------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|------------|-------------|
| 2013 | 22 | 21 | 20 | 21 | 4 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| 2014 | 21 | 21 | 22 | 20 | 2,5 | 2,5 | 4 | 1 |
| 2015 | 19 | 18 | 15 | 14 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2016 | 13 | 13 | 13 | 13 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| 2017 | 11 | 11 | 12 | 11 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| 2018 | 10 | 11 | 11 | 12 | 1 | 2,5 | 2,5 | 4 |
| 2019 | 10 | 11 | 15 | 17 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2020 | 15 | 15 | 16 | 17 | 1,5 | 1,5 | 3 | 4 |
| 2021 | 20 | 19 | 19 | 21 | 3 | 1,5 | 1,5 | 4 |
| 2022 | 20 | 21 | 23 | 23 | 1 | 2 | 3,5 | 3,5 |
| Σ | | | | | 22,5 | 22 | 27 | 28,5 |

Вычислив значение $\chi^2_{расч}$ и сравнив с соответствующим значением в табл. 3, делаем вывод о принимаемой гипотезе (табл. 16).

Таблица 16 – Расчетные значения критерия Фридмана

| Признак | Расчетное значение $\chi^2_{расч}$ | Принимаемая гипотеза |
|---|------------------------------------|----------------------|
| Недостаток заказов | 13,11 | H_1 |
| Высокий уровень налогов | 10,62 | H_1 |
| Недостаток квалифицированных работников | 1,89 | H_0 |

Заключение

Формирование трудового потенциала в строительстве находится в прямой зависимости от технологии производства, а уровни сложности выполняемых работ – от сезонных и климатических условий. Рынок труда строительной отрасли связан с сезонной безработицей, так как многие работы зависят от температурных режимов и определенного квартала года, это нужно учитывать при планировании производства. Изучение влияния различных индикаторов в строительстве позволяет правильно формировать и использовать трудовой потенциал. Таким образом, при помощи таблиц кросстабуляции показано наличие сильной взаимосвязи между сезонами в признаке «Недостаток заказов», посредством непараметрических методов факторного анализа исследована структура этой взаимосвязи. Методами анализа выявлено, что наибольшее влияние сезонность оказывает на недостаток квалифицированных работников, в меньшей степени – на высокий уровень налогов.

Список литературы

1. Косарева, Н.Б. Рынок жилищного строительства в России: современное состояние и перспективы развития / Н.Б. Косарева, Т.Д. Полид, А.С. Пузанов, А.А. Туманов. *Вопросы экономики*. 2013. № 3. С. 109-125. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-3-109-125.
2. Анпилов, С.М. О стратегии развития строительной отрасли РФ (часть I) / С.М. Анпилов, А.Н. Сорочайкин. *Эксперт: теория и практика*. 2019. № 1 (1). С. 7–15.
3. Анпилов, С. М. О стратегии развития строительной отрасли РФ (часть II) / С.М. Анпилов, А.Н. Сорочайкин. *Эксперт: теория и практика*. 2019. №2 (2). С. 12–15.
4. Корнев, В. М. Оценка доступности жилья в субъектах Приволжского федерального округа на основе коэффициентного анализа / В.М. Корнев, А.П. Цыпин, А.Ю. Кобзев. *Вестник Самарского государственного экономического университета*. 2016. №12 (146). С. 69–73.
5. Рахматуллина, Е.С. Развитие строительной отрасли в республике Татарстан на примере жилищного строительства г. Казани / Е.С. Рахматуллина, Т.А. Мильникова. *Новый взгляд. Международный научный вестник*. 2016. №11. С. 199–207.
6. Рыбалка, Е.В. Статистика продукции строительства / Е.В. Рыбалка, Е.В. Фирсова. *Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2018. №11. С. 178–186.
7. Ханин, Г. И. Факторы развития строительства в РФ в 1992-2019 гг. *Journal of Economic Regulation*. 2022. № 13 (2). С. 22-37. DOI: 10.17835/2078-5429.2022.13.2.022-037.
8. Егорова, И. П. Методы математической статистики как фактор обеспечения качества работ в строительной индустрии / И.П. Егорова, Е.В. Князькина. *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Самарский государственный технический университет*. 2019. С. 817–822.
9. Шорохова И.С. Статистические методы анализа / И.С. Шорохова, Н.В. Кисляк, О.С. Мариев. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2015. 300 с.

References

1. Kosareva N.B. Housing construction market in Russia: the current state and prospects of development / N.B. Kosareva, T.D. Polyd, A.S. Puzanov, A.A. Tumanov // Questions of economics. – 2013. – No. 3. – Pp. 109-125. – DOI: 10.32609/0042-8736-2013-3-109-125.
2. Anpilov S.M. On the development strategy of the construction industry of the Russian Federation (part I) / S.M. Anpilov, A.N. Sorochaykin // Expert: theory and practice. – 2019. – №1(1). – Pp. 7-15.
3. Anpilov S. M. On the development strategy of the construction industry of the Russian Federation (part II) / S.M. Anpilov, A.N. Sorochaykin // Expert: theory and practice. – 2019. – №2 (2). – Pp. 12-15.
4. Kornev V. M. Assessment of housing affordability in the subjects of the Volga Federal District based on coefficient analysis / V.M. Kornev, A.P. Tsy-pin, A.Y. Kobzev // Bulletin of the Samara State University of Economics. – 2016. – №12 (146). – Pp. 69-73.
5. Rakhmatullina E.S. Development of the construction industry in the Republic of Tatarstan on the example of housing construction in Kazan / E.S. Rakhmatullina, T.A. Mylnikova // New view. International Scientific Bulletin. – 2016. – No. 11. – Pp. 199-207.
6. Rybalka E.V. Statistics of construction products / E.V. Rybalka, E.V. Firsova // Bulletin of the Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University. Series: Natural and Technical Sciences. – 2018. – No. 11. – Pp. 178-186.
7. Khanin G. I. Factors of construction development in the Russian Federation in 1992-2019. // Journal of Economic Regulation. – 2022. – № 13 (2). – Pp. 22-37. – DOI: 10.17835/2078-5429.2022.13.2.022-037.
8. Egorova I. P. Methods of mathematical statistics as a factor of ensuring the quality of work in the construction industry / I.P. Egorova, E.V. Knyazkina // Traditions and innovations in construction and architecture. Construction. Samara State Technical University. – 2019. – Pp. 817-822.
9. Shorokhova I.S. Statistical methods of analysis / I.S. Shorokhova, N.V. Kislyak, O.S. Mariev. – Yekaterinburg: Ural Publishing House. Unita, 2015. – 300 p.

RESUME

T. V. Zhmykhova, O. V. Kotova

The application of two-dimensional frequency analysis in the some leading indicators evaluation in construction

The article considers mathematical model of leading indicators dependence from seasonal fluctuations in construction. Leading indicators include factors that record changes by industry before they are visible for the economy as a whole. As such indicators in the construction industry identify the factors limiting the production activities of construction organizations: lack of orders, high tax level and lack of skilled workers.

The analysis of data by using two-dimensional analysis methods for the period 2013-2022 years is carried out. Pearson and Friedman criteria were applied, coefficients of concordance and correlation of characters on the basis of official statistics were analyzed. The conducted analysis allowed to make a conclusion about the influence of seasonality on leading indicators of the construction industry.

РЕЗЮМЕ

Т. В. Жмыхова, О. В. Котова

Применение двумерного частотного анализа для оценки некоторых опережающих индикаторов в строительстве

В работе рассмотрена математическая модель зависимости опережающих индикаторов в строительстве от сезонных колебаний. К опережающим индикаторам относят факторы, регистрирующие изменения по отраслям раньше, чем они будут заметны по экономике в целом. В качестве таких индикаторов в строительной отрасли выделяют факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций: недостаток заказов, высокий уровень налогов и недостаток квалифицированных работников.

Проведен анализ данных за 2013 – 2022 гг. с помощью методов двумерного анализа. Были применены критерии Пирсона и Фридмана, проанализированы коэффициенты конкордации и корреляции знаков на основании официальных статистических данных. Проведенный анализ позволил сделать вывод о влиянии сезонности на опережающие индикаторы строительной отрасли.

Жмыхова Татьяна Владимировна – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», *Область научных интересов:* стохастический анализ и его приложения в актуарной и финансовой математике, моделирование стохастических процессов, многомерный статистический анализ. эл. почта t.v.zhmykhova@donnasa.ru, адрес: 286128, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2, телефон +79494190753.

Котова Ольга Викторовна – к.ф.-м.н., и.о. зав. кафедрой информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», *Область научных интересов:* вопросы аппроксимации функций рядами Фурье, o.v.kotova@donnasa.ru, адрес: 286128, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2, телефон +79493706325.

Статья поступила в редакцию 21.02.2024.