

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ / В.В. Шайдуров

«__» _____ 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОДНОФАКТОРНЫЙ И МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ

Направление 02.04.01 Математика и компьютерные науки

**Магистерская программа 02.04.01.01 Математическое и компьютерное
моделирование**

Руководитель	доцент, кандидат физико- математических наук	О.С. Володько
Выпускник		Т.В. Лапо
Нормоконтролер	доцент, кандидат физико- математических наук	Т.Н. Шипина

Красноярск 2023

АННОТАЦИЯ

Цель работы – выявить статистически значимую зависимость между средней концентрацией твердых взвешенных частиц PM_{2.5} и метеоусловиями с помощью однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа.

В результате исследования были изучены однофакторный и многофакторный дисперсионные анализы. Выявлена статистически значимая зависимость между метеорологическими условиями и уровнями PM_{2.5} в атмосфере г. Красноярска за период с 2019 по 2022 годы. Использовались метеорологические данные модели реанализа NCEP GFS. Данные по значениям концентраций PM_{2.5} были получены с наземных станций мониторинга. Многофакторный дисперсионный анализ и множественные сравнения по критерию Тьюки показали, что уровень концентрации PM_{2.5} значительно выше при одновременном сочетании трех факторов: зимних месяцев (особенно в январе и феврале), наличии приземных и приподнятых или мощных температурных инверсий и штилевых ветровых условиях. Кроме того, температурная инверсия в зимние месяцы оказывает большее влияние на высокий уровень концентрации PM_{2.5} в атмосфере, чем штилевые ветровые условия. В случае суточных значений PM_{2.5}, превышающих предельно допустимые значения, приземные и приподнятые инверсии имели место в 70% случаев, при мощных инверсиях – в 74%. В обратном случае при наличии приземных и приподнятых температурных инверсий высокие суточные значения PM_{2.5} имели место в 53% случаев, а при мощных инверсиях – в 44%.

Установленные взаимосвязи позволят использовать рассмотренные метеопараметры в качестве входных данных для прогнозных моделей уровня загрязнения воздуха.

Ключевые слова: однофакторный дисперсионный анализ, многофакторный дисперсионный анализ, критерий Тьюки.

ABSTRACT

The work aims to identify the statistically significant relationship between the average concentration of PM_{2.5} and meteorological conditions using one-way and multi-way ANOVA.

Analysis of variances (one-way and multi-way ANOVA) was studied. The relationship between meteorological conditions and the levels of PM_{2.5} in Krasnoyarsk city atmosphere for the period from 2019 to 2022 were investigated. The meteorological data of the National Centers for Environmental Prediction Global Forecast System (NCEP GFS) reanalysis model was used. PM_{2.5} data were obtained from the ground monitoring stations. Analysis of variances (one-way and multi-way ANOVA) and the Tukey Test showed statistically significant differences for surface and elevated or strong temperature inversions, winter months (especially in January and February), and calm wind. In addition, temperature inversion during the winter months has a stronger effect on high levels of PM_{2.5} in the atmosphere than calm wind. In the case of high daily PM_{2.5} surface and elevated inversions occurred at 70% cases and strong temperature inversions at 74%. In the reverse case, in the presence of surface and elevated temperature inversions, high daily PM_{2.5} occurred in 53% of cases, and the presence of strong temperature inversions in 44%.

The identified relationships between levels of PM_{2.5} and meteorological factors could be used to construct more precise air pollution prediction models.

Keywords: one-way ANOVA, multi-way ANOVA, Tukey Test.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Данные для анализа.....	5
2 Однофакторный дисперсионный анализ	6
3 Двухфакторный дисперсионный анализ.....	10
4 Критерий Тьюки.....	14
5 Условия применимости дисперсионного анализа	15
6 Применение однофакторного дисперсионного анализа	17
7 Применение многофакторного дисперсионного анализа	28
7.1 Применение двухфакторного дисперсионного анализа	28
7.2 Применение трехфакторного дисперсионного анализа	37
Заключение	39
Список использованных источников	41
Приложение А	43
Приложение Б.....	48
Приложение В.....	51
Приложение Г	54

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение атмосферного воздуха, особенно твердыми взвешенными частицами (PM), является одной из причин преждевременной смерти [1]. В Красноярске, административном центре Красноярского края, концентрации PM систематически превышают значения, установленные российским законодательством об охране окружающей среды и стандартами Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Процессы, влияющие на загрязнение воздуха очень сложные и зависят не только от источника загрязнения, но и от метеоусловий [2, 3]. Метеорологические процессы вносят значительный вклад в создание неблагоприятных метеорологических условий (НМУ). НМУ представляют собой особое сочетание метеорологических факторов, способствующих накоплению вредных (загрязняющих) веществ в приземном слое атмосферного воздуха.

В последние годы данные атмосферных моделей широко применяются в задачах анализа загрязнения воздуха.

Влияние метеорологических характеристик на локальные распределения концентрации твердых взвешенных частиц PM исследовались в различных регионах мира – Западной Европе [4, 5], Южной Америке [6], Восточной Азии [7].

В Университете Гонконга была разработана методика прогнозирования качества воздуха в Гонконге на основе статистической обработки данных GFS и WRF [8].

Исследователи из Китая на основе данных моделирования зимних концентраций PM_{2.5} в WRF и WRF-Chem с помощью многофакторного дисперсионного анализа определяли влияние PM_{2.5} на изменение прогнозируемой смертности населения [9].

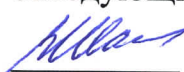
Ученые из Канады исследовали влияние температурных инверсий на уровень твердых взвешенных частиц PM_{2.5} используя дисперсионный анализ

(ANOVA) для того чтобы определить существенно ли отличаются средние значения PM_{2.5} в дни с температурными инверсиями по сравнению с обычными днями [10].

Целью данной работы является выявить статистически значимую зависимость между средней концентрацией твердых взвешенных частиц PM_{2.5} и метеоусловиями с помощью однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 / В.В. Шайдуров




« 22 » 06. 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОДНОФАКТОРНЫЙ И МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ

Направление 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Магистерская программа 02.04.01.01 Математическое и компьютерное
моделирование

Руководитель	 22.06.2023	доцент, кандидат физико- математических наук	О.С. Володько
Выпускник	 22.06.2023		Т.В. Лапо
Нормоконтролер	 22.06.23.	доцент, кандидат физико- математических наук	Т.Н. Шипина

Красноярск 2023