

DISTRIBUTIONS OF THE TIME OF OCCURRENCE OF THE MAXIMUM AVERAGE-HOUR CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERIC AIR¹⁵

Lyubomir Vladimirov¹⁶, DSc, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

Phone: +359 82 888 481

E-mail: lvvladimirov@uni-ruse.bg

***Abstract:** The aim of the study is to establish the theoretical and empirical distributions of the occurrence of the maximum average hourly concentrations of pollutants in the air in Ruse. Three tasks are solved. Within the project for ecological cadastre of the Municipality of Rouse a database for pollution with sulfur dioxide, nitrogen dioxide, nitrogen oxide, fine particulate matter 2.5, ozone and carbon monoxide has been formed. The results of measurements in an automatic measuring station of the Executive Environment Agency were used. The database is processed with specialized software for statistical processing. Theoretical and empirical distributions are derived. The occurrence times of the maximum mean hourly concentrations are analyzed as discrete random variables. The hypotheses for distribution under five laws are tested - binomial distribution; Poisson distribution; hypergeometric distribution; invariant distribution and geometric distribution. Three groups of characteristics of the empirical distributions are defined - numerical characteristics, which determine the position of the random variables, numerical characteristics, which determine the scattering of the random variables and numerical characteristics of the form of the distribution. The functions of the probabilities of the times corresponding to their theoretical distributions are derived. The theoretical and empirical distributions are compared and their regularities are established.*

***Keywords:** theoretic, empiric, distribution, pollutant, air.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Целта е установяване на теоретичните и емпирични разпределения на времето на възникване на максималните средночасове концентрации на замърсители в атмосферния въздух на Русе през периода 2016-2019 г..

В рамките на проект за екологичен кадастър на Община Русе е формирана база данни за замърсяването със серен диоксид, азотен диоксид, азотен оксид, фини прахови частици ФПЧ2.5, озон и въглероден оксид (Владимиров, Л., 2020). Не са анализирани данни за фини прахови частици ФПЧ10.

Използвани са резултати от измервания в автоматична измервателна станция «Възраждане» на Изпълнителната агенция по околната среда. Базата данни е обработена със специализиран софтуер за статистическа обработка с автоматичен режим на търсене на разпределенията. Идеята е чрез теоретичните и емпиричните разпределения да се определи най-вероятното време на появяване на максималните средночасови концентрации. Резултатите могат да се използват в превантивната и оперативната дейност по опазване от въздействията на замърсителите на населението в Русе.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Времената на появяване на максималните средночасови концентрации в базата данни, предоставена от Изпълнителната агенция по околната среда, бяха предоставени като дискретна случайна величина. Поради това обработката и анализа им са извършени чрез

¹⁵ Докладът е представен на онлайн сесията на секция „Екология и опазване на околната среда“ на 13 ноември 2020 г. с оригинално заглавие на български език: РАЗПРЕДЕЛЕНИЯ НА ВРЕМЕТО НА ВЪЗНИКВАНЕ НА МАКСИМАЛНИТЕ СРЕДНОЧАСОВИ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ЗАМЪРСИТЕЛИ В АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ

¹⁶ Professor of Administration and Management and Associate Professor of General Engineering

проверка на хипотезите за пет емпирични и теоретични разпределения на дискретни случайни величини (Манов, А., 2001):

- биномиално разпределение;
- разпределение на Поасон;
- хипергеометрично разпределение;
- инвариантно разпределение;
- геометрично разпределение.

Таблица 1. Емпирични и теоретични разпределения на времето на появяване на максималните средночасови концентрации на серен диоксид и азотен диоксид

| Серен диоксид | | | Азотен диоксид | | |
|----------------|---------------|-----------|----------------|---------------|-----------|
| | | | | | |
| | Разпределения | | | Разпределения | |
| | Теоретично | Емпирично | | Теоретично | Емпирично |
| Function | IntUniform | | Function | Poisson | |
| min | 1 | | l | 16.05245 | |
| max | 24 | | Left X | 10 | 10 |
| Left X | 2 | 2 | Left P | 95.00% | 75.09% |
| Left P | 95.00% | 93.29% | Right X | 23 | 23 |
| Right X | 23 | 23 | Right P | 5.00% | 1.79% |
| Right P | 5.00% | 3.04% | Diff. X | 13 | 13 |
| Diff. X | 21 | 21 | Diff. P | 90.00% | 73.29% |
| Diff. P | 90.00% | 90.25% | Minimum | 0 | 1 |
| Minimum | 1 | 1 | Maximum | $+\infty$ | 24 |
| Maximum | 24 | 24 | Mean | 16.0524 | 16.052 |
| Mean | 12.5 | 13.265 | Mode | 16 | 19 |
| Mode | | 10 | Median | 16 | 19 |
| Median | 12 | 13 | Std. Deviation | 4.0066 | 5.9009 |
| Std. Deviation | 6.9222 | 6.1945 | Variance | 16.0524 | 34.796 |
| Variance | 47.9167 | 38.345 | Skewness | 0.2496 | -1.0009 |
| Skewness | 0 | -0.2364 | Kurtosis | 3.0623 | 2.8398 |
| Kurtosis | 1.7958 | 2.2334 | | | |

За проверка на хипотезите е използван критерият на Пирсон.

Определени са три групи характеристики на емпиричните разпределения - числени характеристики на положението на случайните величини, числени характеристики, определящи разсейването на случайните величини и числени характеристики на формата на разпределението.

Изведени са функциите на вероятностите отговарящи на теоретичните им разпределения.

Таблица 2. Емпирични и теоретични разпределения на времето на появяване на максималните средночасови концентрации на азотен оксид и фини прахови частици ФПЧ2.5

| Азотен оксид | | | Фини прахови частици ФПЧ2.5 | | |
|----------------|---------------|-----------|-----------------------------|---------------|-----------|
| | | | | | |
| | Разпределения | | | Разпределения | |
| | Теоретично | Емпирично | | Теоретично | Емпирично |
| Function | Negbin | | Function | IntUniform | |
| s | 8 | | min | 1 | |
| p | 0.371586 | | max | 24 | |
| Left X | 5 | 5 | Left X | 2 | 2 |
| Left P | 95.00% | 96.69% | Left P | 95.00% | 86.65% |
| Right X | 25 | 25 | Right X | 23 | 23 |
| Right P | 5.00% | 0.00% | Right P | 5.00% | 8.25% |
| Diff. X | 20 | 20 | Diff. X | 21 | 21 |
| Diff. P | 90.00% | 96.69% | Diff. P | 90.00% | 78.41% |
| Minimum | 0 | 1 | Minimum | 1 | 1 |
| Maximum | $+\infty$ | 24 | Maximum | 24 | 24 |
| Mean | 13.5293 | 13.529 | Mean | 12.5 | 14.962 |
| Mode | 11 | 8 | Mode | | 21 |
| Median | 13 | 12 | Median | 12 | 19 |
| Std. Deviation | 6.034 | 5.8326 | Std. Deviation | 6.9222 | 7.9325 |
| Variance | 36.4097 | 33.995 | Variance | 47.9167 | 62.881 |
| Skewness | 0.7263 | 0.0047 | Skewness | 0 | -0.6084 |
| Kurtosis | 3.7775 | 1.7674 | Kurtosis | 1.7958 | 1.8317 |

Съпоставени са теоретичните и емпиричните разпределения и са определени основните закономерности на стойностите им.

Резултатите, получени след обработка на данните, са изложени в таблица 1, 2 и 3.

Прави впечатления, че равномерните теоретни разпределения с еднаква вероятност са валидни за замърсяването със серен диоксид, с фини прахови частици ФПЧ2.5 и за въглероден оксид. Визуалното им сравняване подвежда за несъответствия между емпиричните и теоретичните разпределения.

За проверка е извършена допълнителна обработка на данните с използването на критериите на Колмогоров-Смирнов и на Андерсон-Дарлинг. Тя потвърди резултатите получени чрез критерия на Пирсон.

Таблица 3. Емпирични и теоретични разпределения на времето на появяване на максималните средночасови концентрации на озон и въглероден оксид

| Озон | | | Въглероден оксид | | |
|----------------|------------|-----------|------------------|------------|-----------|
| | | | | | |
| Разпределения | | | Разпределения | | |
| | Теоретично | Емпирично | | Теоретично | Емпирично |
| Function | Poisson | | Function | IntUniform | |
| l | 14.07188 | | min | 1 | |
| Left X | 8 | 8 | max | 24 | |
| Left P | 95.00% | 86.46% | Left X | 2 | 2 |
| Right X | 20 | 20 | Left P | 95.00% | 94.29% |
| Right P | 5.00% | 8.09% | Right X | 23 | 23 |
| Diff. X | 12 | 12 | Right P | 5.00% | 2.82% |
| Diff. P | 90.00% | 78.37% | Diff. X | 21 | 21 |
| Minimum | 0 | 1 | Diff. P | 90.00% | 91.47% |
| Maximum | +∞ | 24 | Minimum | 1 | 1 |
| Mean | 14.0719 | 14.072 | Maximum | 24 | 24 |
| Mode | 14 | 15 | Mean | 12.5 | 14.997 |
| Median | 14 | 15 | Mode | | 20 |
| Std. Deviation | 3.7513 | 5.0702 | Median | 12 | 18 |
| Variance | 14.0719 | 25.688 | Std. Deviation | 6.9222 | 6.6923 |
| Skewness | 0.2666 | -0.9554 | Variance | 47.9167 | 44.755 |
| Kurtosis | 3.0711 | 4.3552 | Skewness | 0 | -0.5258 |
| | | | Kurtosis | 1.7958 | 1.894 |

Теоретичното разпределение на азотния диоксид и на озона е по закона на Поасон, а на азотния монооксид – по закона за отрицателно биномно разпределение.

Левите и десни граници на изменение на времената при теоретичните и емпиричните разпределения съвпадат.

Средните стойности са: - серен диоксид: 13,26 ч.; - азотен диоксид: 16,05 ч.; - азотен оксид: 13,52 ч.; - фини прахови частици ФПЧ 2.5: 14,96 ч.; - озон: 14,07 ч.; - въглероден оксид: 14,99 ч..

Съдейки по средната стойност максималните средночасови концентрации се появяват след обяд в интервала от 13 до 16 ч. Стойностите на модата и медианата го потвърждават.

Получените резултати са с голямо разсейване и вариране по абсолютна стойност.

Стандартното отклонение при серния диоксид е 6.19, азотния диоксид – 5.9, азотния оксид 5.83, ФПЧ2.5-7.93, озона – 5.07 и въглеродния оксид-7.93 ч. В проценти тези отклонения са от порядъка на 40-65% от средната стойност. Следователно разсейването е голямо и времето на максималните средночасови концентрации варира в широки граници.

Тези изводи се потвърждават и при визуално сравняване на емпиричните разпределения, които са илюстрирани в таблица 1, 2 и 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От превантивна гледна точка и на общинско ниво управление на качеството на атмосферния въздух изложените резултати са приложими. Може да се информира населението, което да съобрази своето поведение с тези факти. Много са случайните фактори на влияние върху степента на замърсяване на атмосферния въздух, а действията върху тях са ограничени, тъй като факторите са от природен характер.

Резултатите от изследването имат по-изразено приложение в регулиране на режима на пребиваване на населението в открити пространства. Тук следва да уточним, че по информация от Регионалната инспекция по околната среда и водите резултатите са валидни за зона с радиус от порядъка на двеста метра около местоположението на автоматичната измервателна станция в квартал «Възраждане» на Русе.

Изследвания период е подходящо да се разшири и да продължат подобни аналитични проучвания в следващите години. Резултатите и прилаганите действия биха показали ефекта от анализ на замърсяването в други квартали на Русе. Включително и в трансграничен аспект, върху който са акцентирани наши изследвания (Владимиров, Л., 2012).

Резултатите от изследване на времената на появяване на максималните средночасови концентрации могат да влязат в оперативните планове и процедури като ново направление и принос в изучаване на атмосферното замърсяване в Русе и защитата на населението от въздействията му.

REFERENCES

Manov, A. Statistics with SPSS. (2001). Sofia, Thrace - M. (*Оригинално заглавие: Манов, А. Статистика със SPSS. (2001). София, Тракия - М.*)

Vladimirov, L. (2020). Ecological cadastre of the Municipality - Rousse. The project. Stage I. Analysis of results from measurement of atmospheric air pollution in automatic measuring station "Vazrazhdane". Summaries. Rousse, Temporary Commission for Investigation of All Facts and Circumstances Related to Atmospheric Air Pollution and Waste in the *Municipality of Rousse - Municipal Council* (*Оригинално заглавие: Владимирова, Л. (2020). Екологичен кадастър на Община - Русе. Проект. Етап I. Анализ на резултати от измерване на замърсяването на атмосферния въздух в автоматична измервателна станция „Възраждане“. Резюмета. Русе, Временна комисия за проучване на всички факти и обстоятелства, свързани със замърсяването на атмосферния въздух и за отпадъците в Община Русе - Общински съвет*).

Vladimirov, L. Theory of transboundary ecological security. (2012). Monograph. Varna, Varna Free University „Chernorizets Hrabar“. (*Оригинално заглавие: Владимирова, Л. Теория на трансграничната екологична сигурност. (2012). Монография. Варна, Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“*).