Замърсяване на атмосферния въздух с въглероден оксид в румънския участък на Долен Дунав. Част 2. Модели на концентрациите

Любомир Владимиров Божидар Янков

Air pollution with carbon monoxide in the Romanian section of the Lower Danube Part 2. Models of concentration: *The aim is mathematically modeled levels and changes in the concentrations of carbon monoxide. Tasks to be solved are: 1. Determination of theoretical models and experimental statistical distributions of concentrations. 2. Mathematical modeling of the trend of hourly concentrations amendment.*

Key words: *model, air pollution, carbon monoxide.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Замърсяването на атмосферния въздух с въглероден оксид в българско - румънския трансграничен регион е един от определящите параметри на екологичната сигурност на населението.

Понастоящем мониторингът на качеството на атмосферния вздух в Румъния следва точна и аналитично изградена стратегия. По поречието на река Дунав концентрациите на атмосферните замърсители се измерват в осем автоматични измервателни станции, които са разположени в Турну Мъгуреле, Александрия, Гюргево и Кълъраш. Създава се обширна по обем информация по видове замърсители и стойности на концентрациите.

Информацията за замърсяването трябва да бъде обработена чрез подходящ аналитичен апарат, за да могат да се направят обективни заключения за основните закономерности в нивата и измененията на концентрациите.

Целта в настоящата работа е математически да се моделират нивата и измененията на концентрациите на въглероден оксид.

Моделите са подходящи за мониторинг, анализ на текущото състояние на атмосферното замърсяване и за прогнозиране. Могат да се използват за определяне на вероятностите за трансграничен пренос на замърсителите на територията на България.

Задачите, които следва да се решат, са:

1. Определяне на теоретичните модели и експериментални статистически разпределения на концентрациите.

2. Извеждане математическите модели на тренда на изменение на средночасовите концентрации.

За постигане на целта и задачите се прилага методиката за статистическо изследване на замърсяването с въглероден оксид, която е изложена в [1].

ИЗЛОЖЕНИЕ

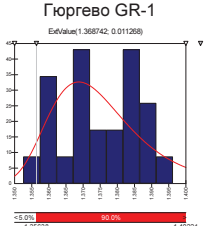
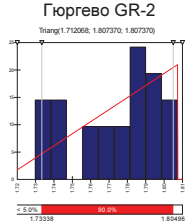
Теоретичните модели и експерименталните разпределения на концентрациите са определени чрез γ^2 - критерия на Пирсон, критерия на Колмогоров - Смирнов *K-S* и критерия на Андерсон - Дарлинг *A-D*. Обработени са извадки от данни, обединяващи средночасовите концентрации по по астрономическо време в денонощието. Част от резултатите са дадени в таблица 1.

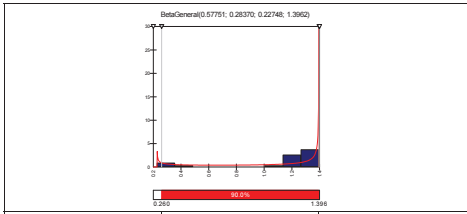
Средните стойности *Mean* (табл. 1, 2, 3) представят най-добре положението на измерените средночасови концентрации. Около тях в различна степен се групират възможните концентрации. Не се превишава нормата от 10 mg/m^3 за опазване на човешкото здраве регламентирана в [4,6]. Потвърждава се и от максималните стойности *Maximum* на концентрациите.

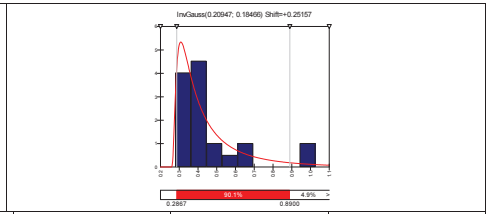
Таблица 1 Теоретични модели на концентрациите на въглероден оксид

Зимен сезон		
Търну Мъгуреле *TR2*	Гюргево *GR1*	Гюргево *GR2*
ExtValue (1.05146; 0.11059)	InvGauss (1.8283; 8468.6566)	Logistic (0.357037; 0.058657)
Гюргево *GR3*	Кълъраш *CL1*	Кълъраш *CL2*
ExtValue (0.865016; 0.042854)	Normal (0.230942; 0.041461)	Pearson 5 (7.1198; 0.28997)
Пролетен сезон		
Търну Мъгуреле *TR2*	Гюргево *GR1*	Гюргево *GR2*
Pearson 5 (0.87070; 0.014523)	Triang (0.354301; 0.354301; 0.424728)	Expon (0.13127)
Гюргево *GR3*	Кълъраш *CL1*	Кълъраш *CL2*
LogLogistic (0.364406; 0.050588; 2.7749)	LogLogistic (1.95685; 0.16793; 4.7746)	Logistic (2.355307; 0.021579)
Летен сезон		
Търну Мъгуреле *TR2*	Гюргево *GR1*	Гюргево *GR2*
Triang (0.41688; 0.41688; 0.57289)	Triang (0.44200; 0.53907; 0.59164)	InvGauss (0.18297; 66.30699)
Гюргево *GR3*	Кълъраш *CL1*	Кълъраш *CL2*
ExtValue (0.509528; 0.030340)	Pareto (29.945; 2.1050)	ExtValue (0.320175; 0.023396)
Есенен сезон		
Търну Мъгуреле *TR2*	Гюргево *GR1*	Гюргево *GR2*
LogLogistic (0.493418; 0.067986; 1.1281)	Pearson 5 (0.90180; 0.058877)	InvGauss(0.094293; 0.581275)
Гюргево *GR3*	Кълъраш *CL1*	Кълъраш *CL2*
Uniform (0.72127; 0.82326)	Triang (0.88922; 0.88922; 1.33760)	InvGauss (0.33892; 0.055321)

Таблица 2 Характеристики на теоретичните и експериментални модели

Гюргево GR-1			Гюргево GR-2		
					
Left X	1.35638	1.35638	*Left X*	1.73338	1.73338
Left P	95.00%	95.83%	*Left P*	95.00%	91.67%
Right X	1.40221	1.40221	*Right X*	1.80496	1.80496
Right P	5.00%	0.00%	*Right P*	5.00%	4.17%
Diff. X	0.0458	0.0458	*Diff. X*	0.0716	0.0716
Diff. P	90.00%	95.83%	*Diff. P*	90.00%	87.50%
Minimum	-Infinity	1.352620	*Minimum*	1.712068	1.729790
Maximum	+Infinity	1.396230	*Maximum*	1.807370	1.807370
Mean	1.375246	1.374738	*Mean*	1.775603	1.772988
Mode	1.368742	1.371753	*Mode*	1.807370	1.783433
Median	1.372872	1.372620	*Median*	1.779457	1.781110
Std. Deviation	0.014451	0.012072	*Std. Deviation*	0.022463	0.024153
Variance	0.00020884	0.00013966	*Variance*	0.00050459	0.00055907
Skewness	1.1395	-0.1946	*Skewness*	-0.5657	-0.4709
Kurtosis	5.4000	1.9339	*Kurtosis*	2.4000	1.9360
Търну Мъгуреле TR2			Калъраш CL1		





Left X	0.260	0.260	*Left X*	0.2867	0.2867
Left P	95.00%	92.59%	*Left P*	95.00%	91.67%
Right X	1.396	1.396	*Right X*	0.8900	0.8900
Right P	5.00%	3.70%	*Right P*	4.94%	8.33%
Diff. X	1.1357	1.1357	*Diff. X*	0.6033	0.6033
Diff. P	90.00%	88.89%	*Diff. P*	90.06%	83.33%
Minimum	0.22748	0.22748	*Minimum*	0.25157	0.28056
Maximum	1.3962	1.3962	*Maximum*	+Infinity	1.02685
Mean	1.0112	1.1426	*Mean*	0.46104	0.46104
Mode		1.3854	*Mode*	0.30856	0.28647
Median	1.1811	1.2301	*Median*	0.38736	0.41086
Std. Deviation	0.40265	0.37367	*Std. Deviation*	0.22310	0.20113
Variance	0.16212	0.13446	*Variance*	0.049773	0.038768
Skewness	-0.6922	-1.7365	*Skewness*	3.1952	1.8472
Kurtosis	1.9787	4.4761	*Kurtosis*	20.0151	5.8150

Таблица 3 Диапазони на характеристиките на експерименталните модели

Числени характеристики	Измервателни станции					
	TR2	*GR1*	*GR2*	*GR3*	*CL1*	*CL2*
Left X	0.1235-0.8494	0.0673-0.1077	0.1102-0.5874	0.0403-0.1526	0.0288-0.3463	0.1327-0.2867
Left P	95.00%	95.00%	95.00%	95.00%	95.00%	91.67%
Right X	1.0403-2.9901	0.3378-2.1127	0.5674-0.6972	0.1323-0.9262	0.7738-0.9207	0.2873-0.8900
Right P	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	8.33%
Diff. X	0.1908-0.4226	0.2302-0.7743	0.1098-0.5833	0.0920-0.5437	0.1744-0.6748	0.7748-0.6033
Diff. P	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%	83.33%
Minimum	0.0127-0.7900	0.0388-0.9837	0.0288-0.4211	0.0281-0.35050	0.0042-0.0930	0.0118-0.2805
Maximum	2.1272-2.6327	3.2258-4.1327	2.6627-2.8842	1.2781-1.9827	1.0217-1.6144	1.0268-2.0241
Mean	0.8826-0.9235	0.2227-0.9271	0.6422-0.8892	0.2671-1.2139	0.4279-1.0262	0.4610-0.9972
Mode	0.7937-0.8880	0.2227-0.5363	0.5366-0.6422	0.7937-0.5185	0.4181-0.8809	0.2864-0.7993
Median	0.5736-0.9110	0.2227-0.5563	0.3027-0.6422	0.7736-1.0145	0.4246-0.9782	0.4108-0.5536
Std. Deviation	0.0611-0.3248	0.0708-0.4255	0.0338-0.2213	0.0277-0.7449	0.0532-0.2341	0.2246-0.2011
Variance	0.0037-0.3362	0.0050-0.2017	0.0011-0.2102	0.1103-0.5549	0.0028-0.2797	0.0387-0.3321
Skewness	0.8377-1.3734	0.88937-1.2872	1.0288-1.8292	0.8736-1.5958	0.3706-1.2251	0.2566-1.8472
Kurtosis	2.6217-6.1436	1.2988-4.21102	1.8227-3.5266	1.7729-6.6111	0.8238-3.2289	0.6377-5.8150

Модата *Mode* на концентрациите на въглероден оксид отразява най-голямата стойност на плътността на разпределение.

Медианата *Median* разделя площта на разпределението на концентрациите на въглероден монооксид на две равни части.

Стандартното отклонение *Standart Deviation* на концентрациите на въглероден

монооксид показва променливостта на концентрациите. Колкото е по-голямо разсейването, толкова по-значителни са различията между измерените концентрации. На това се дължат и високи стойности на вариациите *Variance*, тъй като се получават от стандартното отклонение.

Размахът между максималната стойност *Maximum* и минималната стойност *Minimum* на концентрациите следва приблизително същото подреждане. Тези резултати са допълнителен показател за динамиката на нивата на въглероден оксид.

Асиметрията *Skewness* на законите на измерваните концентрации във всички станции са положителни, което показва че са с лява ориентация. Потвърждава се от илюстрациите в таблица 1 и 2.

Екцесът *Kurtosis* на разпределенията е по-голям от нула. Това означа, че разпределенията на концентрациите на въглероден монооксид са по-заострени в сравнение с нормалното разпределение.

Таблица 4 Трикритериално тестване на разпределенията на концентрациите в измервателна станция GR1

Критерии	Пирсон	Колмогоров -Смирнов	Андерсон-Дарлинг
Функция	LogLogistic (-2.2896; 5.7924; 13.871)	Logistic (3.52267; 0.42563)	InvGauss (14.319; 4738.493)
Left X	2.395	2.269	2.326
Left P	95.00%	95.00%	95.00%
Right X	4.873	4.776	4.913
Right P	5.00%	5.00%	5.00%
Diff. X	2.4777	2.5065	2.5871
Diff. P	90.00%	90.00%	90.00%
Minimum	-2.2896	-Infinity	-10.736
Maximum	+Infinity	+Infinity	+Infinity
Mean	3.5526	3.52267	3.5828
Mode	3.4428	3.52267	3.5181
Median	3.5028	3.52267	3.5613
Std. Deviation	0.77193	0.77200	0.78710
Variance	0.59587	0.59599	0.61953
Skewness	0.6513	0.0000	0.1649
Kurtosis	5.2794	4.2000	3.0453

Изведени са едномерни и двумерни динамични редове на концентрациите на въглеродния оксид. Основните тенденции в измененията му са определени чрез тренда на изменение $Con_{CO}(T)$ и $Con_{CO}(T_{1-2})$. Апроксимиран е чрез математически модели. Използвани са десетте еднофакторни модела представени в [1]. Извършено е и двуфакторно моделиране чрез квадратични и кубични полиноми. За определяне зависимостта между концентрациите на въглероден оксид е използван корелационният коефициент R^2 на Пирсон.

Получени са едномерни модели на нивата на въглероден оксид по часове в денонощието. Приема се $Con_{CO}(T)$ за означение на нивото на концентрацията на въглероден оксид, а *Th* е астрономическото време по часове в денонощието.

Едномерните модели е имат сроден характер за измервателните станции.

В Александрия са: а) зимен сезон $Con_{CO}(T)$ = $0.0003Th^2-0.0011Th+0.191$ (R^2=0.9576); б) пролетен сезон $Con_{CO}(T)$ = $0.0002Th^2 + 0.0116Th - 0.0255$ (R^2=0.8673), в) летен сезон $Con_{CO}(T)$=$0.0001Th^3-0.0041Th^2+0.0387Th+0.0445$ (R^2=0.5015); г) есенен сезон $Con_{CO}(T)$=$-4E^{-05}Th^3+0.0013Th^2-0.008Th+0.6396$ (R^2=0.3366).

Едномерните модели в Турну Мъгуреле са от кубичен вид: а) зимен сезон $Con_{CO}(T)$=$-7E^{-05}Th^3+0.0027Th^2-0.0322Th+0.5915$ (R^2=0.6284), б) пролетен сезон $Con_{CO}(T)$=$0.0001Th^3-0.007Th^2+0.0778Th+0.359$ (R^2=0.6442), в) летен сезон $Con_{CO}(T)$=$-3E^{-05}Th^3+0.0007Th^2-0.0014Th+0.6738$ (R^2=0.248); г) есенен сезон $Con_{CO}(T)$=$-4E^{-5}Th^3+0.0006Th^2+0.0026Th+1.8172$ (R^2=0.6813).

Нивата на въглеродния оксид в Гюргево не се различават по едномерните модели. Те са основно от квадратичен и кубичен вид със сравнително големи коефициенти на корелация R^2. През зимата моделът е $Con_{CO}(T)$=-

$0.0007Th^3+0.0287Th^2-0.261Th+2.3555$ ($R^2=0.6976$), през пролетта $Con_{CO}(T)=2E^{-05}Th^3-0.0011Th^2+0.0144Th+0.5989$ ($R^2=0.1384$), през лятото $Con_{CO}(T)=-0.0002Th^2+0.0079Th+0.2981$ ($R^2=0.4314$), а през есента $Con_{CO}(T)= -0.0002Th^2+0.0007Th+1.2295$ ($R^2=0.8059$).

В Александрия и Турну Мъгуреле полиномите са предимно линейни, докато в Гюргево са от втори ред. Например през зимния сезон в Александрия полиномът е $Con_{CO}(T_{1-2})=1.052-0.0156Td+0.0264Th$, в Турну Мъгуреле - $Con_{CO}(T_{1-2})= 0.1656-0.0062Td+0.0301Th$, а в Гюргево - $Con_{CO}(T_{1-2})=-0.1101+0.1574Td+0.0793Th-0.0053Td^2+0.0003TdTh-0.0017Th^2$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщавайки изложеното можем да направим следните изводи.

Определени са нивата на въглеродния оксид в атмосферния въздух и техните изменения във времето в румънския участък по река Дунав.

Съставена е презентативна извадка данни за концентрациите, които са обработени с програмни продукти, съответстващи на спецификата на изследването.

Установени са характеристиките на статистическите разпределения на нивата на замърсяването с въглероден оксид. Те описват пълно и точно закономерностите и могат да се използват като обективни индикатори.

Получени са математичните модели на измененията на замърсяването във функция на времето по часове в денонощието и сезони. Те служат за прогнозиране на замърсяването. Могат да се прилагат при трансгранични оценки на въздействията върху околната среда и информационно – аналитични работи в администрациите на населението места по Долен Дунав.

Литература

[1]. Владимиров, Л., Е. Бабанова. Замърсяване на атмосферния въздух с въглероден монооксид в трансграничния регион по Долен Дунав. Велико Търново, Национален военен университет „Васил Левски”, Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, 13-14.11. 2014 г. (под печат)

[2]. Владимиров, Л. Мениджмънт на трансграничната екологична сигурност. Дисертация за присъждане на научната степен „доктор на науките”. София, Военна академия „Г. С. Раковски”, 2012.

[3]. Томов, В., Л. Владимиров, Б. Янков. Замърсяване на атмосферния въздух с въглероден оксид в румънския участък на Долен Дунав. Част 1. Методика на изследването. Русе, Научни трудове на Русенски университет „Ангел Кънчев”, том 54, серия 1.2, 2015 (под печат)

[4]. LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011. Monoxid de carbon - CO.

За контакти:

професор д.н. д-р ик. Любомир Владимиров, тел.: 0882662020, e-mail: vladimirov@abv.bg

Докладът е рецензиран.