

O'zbekiston Havo **sifati** indeksi

Indeks ko'rsatkichlarini hisoblash
metodologiyasi va havo sifati bo'yicha
savodxonlik

2024

Toshkent | O'zbekiston

E'tibor bering!

Quyida Havo sifati indeksi (AQI)ni hisoblashda qo'llaniladigan metodologiya haqida va O'zbekiston Havo sifati indeksi bo'yicha tayyorlangan interfaol veb-
ilovamizdan foydalanish bo'yicha umumiy ma'lumotlar berilgan.





mundarija

6	kirish
8	asosiy ifloslantiruvchi moddalar
10	baholash usullari
11	havo sifatini baholash
15	rangli shkala va ifloslantiruvchilarga ta'sirchan guruhlar
17	ko'rsatkichlar haqida
18	indeksni hisoblash
20	xarita va ko'rsatkichlar bilan ishlash
22	ilova



kirish

Havo sifati ekologik salomatlikning muhim jihati bo'lib, barcha tirik organizmlar va iqtisodiyot uchun bevosita ta'sir ko'rsatadi. **Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti** ma'lumotlariga ko'ra, har yili atrof-muhit havo ifloslanishi sababli taxminan **4,2 million erta o'lim qayd etiladi**. Havoning past sifati nafas olish va yurak-qon tomir kasalliklariga sabab bo'lishi bilan bir qatorda iqtisodiy yo'qotishlarga ham olib keladi. Misol uchun, havo ifloslanishi Yevropa Ittifoqiga har yili **1,6 trillion dollarlik iqtisodiy zarar** keltiradi. Bu ishchi kuchining qisqarishi, sog'liqni saqlash xarajatlari va qishloq xo'jaligi hosildorligining kamayishi bilan bog'liq.

Asosiy ifloslantiruvchi moddalar azot dioksidi (NO₂), uglerod monoksidi (CO), oltingugurt dioksidi (SO₂), uglerod dioksidi (CO₂) va kichik zarralar (PM_{2.5} va PM₁₀)ni o'z ichiga oladi. Ushbu ifloslantiruvchi moddalar turli manbalardan, jumladan, avtotransport vositalari harakati, sanoat jarayonlari va qishloq xo'jaligi faoliyati natijasida atmosferaga chiqariladi.

Havo sifatini monitoring qilish (muntazam kuzatish) va saqlab qolish jamoat salomatligini himoya qilish, ekotizimlarni saqlash va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlash uchun juda muhim.

Asosiy ifloslantiruvchi moddalar

PM10

Bu havodagi juda kichik zarrachalar bo'lib, diametri 10 mikrometr yoki undan kichik bo'lgan qattiq moddalar va suyuqliklardan iborat bo'ladi. Ular sanoat, transport va changdan kelib chiqadi va nafas olish tizimiga kirib, salomatlik muammolariga sabab bo'lishi mumkin.

PM2.5

Bu havoda uchraydigan juda kichik zarrachalar bo'lib, ularning diametri 2.5 mikrometr yoki undan kichik bo'ladi. Bu zarrachalar PM10 kabi qattiq moddalar va suyuqliklardan tashkil topgan bo'ladi. Ular yonish jarayonlari, transport va sanoatdan chiqadi. PM2.5 nafas olish tizimiga chuqur kirib, yurak va o'pka kasalliklariga sabab bo'lishi mumkin.

SO2

Oltingugurt dioksidi asosan yoqilg'i, masalan, ko'mir va neftning yonishidan hosil bo'ladi. SO2 nafas olish yo'llari kasalliklarini qo'zg'atadi, astma va boshqa nafas olish xastaliklarini kuchaytirishi mumkin. U shuningdek, kislotali yomg'irga sabab bo'lib, atrof-muhitga zarar yetkazadi.

NO₂

Azot dioksidi - bu havo ifloslantiruvchi gaz bo'lib, asosan avtomobil dvigatellari va sanoat chiqindilaridan hosil bo'ladi. NO₂ nafas olish yo'llarini qo'zg'atadi va astma kabi kasalliklarni kuchaytirishi mumkin. U shuningdek, havoda smog va kislota yomg'irini hosil qiladi.

O₃

Ozon - bu havodagi kuchli oksidlovchi gaz bo'lib, yer yuzasida ifloslantiruvchi moddalardan hosil bo'ladi. Asosan, avtomobil chiqindilari va sanoat chiqindilari quyosh nuri bilan reaksiyaga kirishganda hosil bo'ladi. O₃ astma va boshqa nafas olish kasalliklarini kuchaytirishi mumkin.

CO

Uglerod monoksidi - bu rangsiz, hidsiz gaz. Yonish jarayonlari, masalan, avtomobil dvigatellari va katta isitish qozonlardan chiqadi. CO nafas olish tizimiga kirib, qondagi kislorod tashish qobiliyatini pasaytiradi, bu esa bosh og'rig'i, bosh aylanishi va keskin ko'rinishida o'limga ham olib kelishi mumkin.

baholash usullari

Havo sifati oltita turli ifloslantiruvchi moddalarning havo tarkibidagi miqdori o'lchanishi orqali baholanadi. Har bir ifloslantiruvchi modda 0 dan 500 gacha bo'lgan shkala bo'yicha baholanadi (yuqori ball yomonroq havo sifatini anglatadi). Keyin, eng yomon ifloslantiruvchi moddaning bali umumiy havo sifatini ifodalaydi.

Ushbu hujjatda AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) va Green Economy Diagnostics (GED) rasmiy ko'rsatmalaridan olingan usullar taqdim etilgan.



Havo sifatini baholash



Biz havo sifati indeksini (AQI) oltita ifloslantiruvchi moddaning o'lchovlari asosida hisoblaymiz: PM10, PM2.5, NO2, CO, SO2 va O3. Har bir ifloslantiruvchi modda uchun sub-indekslar yaratamiz. Ushbu ifloslantiruvchi moddalarning konsentratsiya (hajm birligida joylashgan modda miqdori) o'lchovlari Google Earth Engine (GEE) tomonidan Sentinel 5P¹ sun'iy yo'ldoshi tomonidan olingan yer sharining suratlariga tayangan holda kunlik qayd etib boriladi. Biz shu ma'lumotlarni O'zbekiston uchun tumanlar miqyosida ekstraksiya qilib olamiz. Ma'lumotlar turli birliklarda bo'lgani uchun, ularni avval umumiy o'lchov tizimiga o'tkazamiz.

Hisoblash metodologiyasi AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan belgilangan usullar asosida tuzilgan.

[1. Batafsil ma'lumotni quyidagi havola orqali olishingiz mumkin](#)

- **PM2.5 sub-indeksini hisoblash:** Havodagi PM2.5 konsentratsiyasi mkg/m^3 da o'lchanadi. Ushbu ma'lumot GEE dan kg/m^3 da olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu ma'lumotlarni biz 10^9 ga ko'paytirgan holda, mkg/m^3 ga aylantirdik. So'ngra, ushbu mkg/m^3 dagi qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. PM2.5 sub-indeksi havodagi PM2.5 konsentratsiyasining shkalasi ifodasi hisoblanadi.
- **PM10 sub-indeksini hisoblash:** Havodagi PM10 konsentratsiyasi ham PM2,5 kabi mkg/m^3 da o'lchanadi. Ushbu ma'lumot GEE dan kg/m^3 da olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu ma'lumotlarni biz 10^9 ga ko'paytirgan holda, mkg/m^3 ga aylantirdik. So'ngra, ushbu mkg/m^3 dagi qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. PM10 sub-indeksi havodagi PM10 konsentratsiyasining shkalasi ifodasi hisoblanadi.
- **NO2 sub-indeksini hisoblash:** NO2 qiymatlari PPB (parts per billion, ya'ni milliarddan bir ulush)da o'lchanadi. Bu ma'lumotlar GEE dan mol/m^2 birlikda olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu qiymatlarni PPBga aylantirdik. Ushbu qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. NO2 sub-indeksi NO2 konsentratsiyasining shkalali ifodasi hisoblanadi.
- **CO sub-indeksini hisoblash:** CO qiymatlari PPM (parts per million, ya'ni milliondan bir ulush)da o'lchanadi. Bu ma'lumotlar GEE dan mol/m^2 birlikda olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu qiymatlarni PPMga aylantirdik. Ushbu qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. CO sub-indeksi CO konsentratsiyasining shkalali ifodasi hisoblanadi.

- **SO2 sub-indeksini hisoblash:** SO2 qiymatlari PPBda o'lchanadi. Bu ma'lumotlar GEE dan mol/m² birlikda olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu qiymatlarni PPBga aylantirdik. Ushbu qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. SO2 sub-indeksi SO2 kontsentratsiyasining shkalali ifodasi hisoblanadi.
- **O3 sub-indeksini hisoblash:** O3 qiymatlari PPMda o'lchanadi. Bu ma'lumotlar GEE dan mol/m² birlikda olingani uchun AQI sub-indeks hisoblash metodologiyasi asosida bu qiymatlarni PPMga aylantirdik. Ushbu qiymatlar EPA ko'rsatmalariga asoslanib, 0-500 oralig'ida qayta indekslanadi. O3 sub-indeksi O3 kontsentratsiyasining shkalali ifodasi hisoblanadi.

Yakuniy AQI hisoblash:

Yakuniy Havo sifati indeksi (AQI) - bu beshta ifloslantiruvchi modda uchun sub-indekslarning eng yomon qiymatining umumiy ko'rsatkichi.

AQI hisoblash ikki qoidani o'z ichiga oladi:

- **1-qoida:** PM2.5 yoki PM10 sub-indeksi yakuniy indeksni hisoblashda mavjud bo'lishi kerak, chunki bunday zarrachalarning ham inson salomatligiga katta ta'siri bor.
- **2-qoida:** Oltita umumiy sub-indekslardan kamida uchitasi mavjud bo'lishi kerak; bu AQI ning turli ifloslantiruvchi moddalarni o'z ichiga olishini ta'minlaydi.

Agar ushbu shartlar bajarilmasa, AQI aniqlanmagan qiymat sifatida belgilanishi kerak.

Yakuniy AQI eng yomon sub-indeks qiymatiga teng bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, AQI ko'rsatkichida eng muammoli ifloslantiruvchi modda hisobga olinadi. Misol uchun, agar NO₂ darajasi boshqa ifloslantiruvchi moddalardan yuqori bo'lsa, NO₂ sub-indeksi yakuniy AQI ko'rsatkichi bo'ladi. Bu eng yomon ifloslantiruvchi moddaning sog'liq uchun ta'siri umumiy havo sifatini ifodalaydi deb hisoblanadi.

AQI qiymatlari 0 dan 500 gacha bo'lgan shkala bo'yicha baholanadi, bu yerda yuqori qiymat yomonroq havo sifatini anglatadi va inson salomatligiga katta ta'sir ko'rsatishi mumkin. AQI shkalasi quyidagicha:

- 0 dan 50 gacha yaxshi,
- 51 dan 100 gacha qoniqarli,
- 101 dan 200 gacha mo'tadil,
- 201 dan 300 gacha yomon,
- 301 dan 400 gacha juda yomon,
- 401 dan 500 gacha juda xavfli havo sifatini bildiradi.

Rangli shkala va ifloslantiruvchilarga ta'sirchan guruhlar

1-jadval. Rangli shkala

Baho	Nomi	Ifodalovchi rang
0 to 50	Yaxshi	Yashil
51 to 100	Qoniqarli	Sariq
101 to 150	Sezuvchan guruhlar uchun nosog'lom	Olovrang
151 to 200	Nosog'lom	Qizil
201 to 300	Juda nosog'lom	Siyoqrang
301 to 500	Juda xavfli	To'q pushti

Eslatma: 500 dan yuqori qiymatlar "AQIdan tashqari" deb hisoblanadi. Xavfli toifasi uchun tavsiyalarga rioya qiling.

2-jadval: Ifloslantiruvchilarga ta'sirchan guruhlar.

Ko'rsatkich 100dan yuqori bo'lsa	Quyidagi ta'sirchan insonlarni ogohlantirish zarur
O3	O'pka kasalliklari bilan og'rigan odamlar, bolalar, keksa yoshdagi odamlar, tashqarida faoliyat yuritadigan odamlar (shu jumladan, ochiq havoda ishlaydigan ishchilar), ba'zi genetik og'ishlarga ega odamlar va ma'lum ozuqa moddalari bilan cheklangan parhez tutuvchi odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhlar hisoblanadi.
PM2.5	Yurak yoki o'pka kasalliklari bilan og'rigan odamlar, keksa yoshdagi odamlar, bolalar va ijtimoiy-iqtisodiy ahvoli past bo'lgan odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhlar hisoblanadi.
PM10	Yurak yoki o'pka kasalliklari bilan og'rigan odamlar, keksa yoshdagi odamlar, bolalar va ijtimoiy-iqtisodiy ahvoli past bo'lgan odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhlar hisoblanadi.
CO	Yurak kasalligi bilan og'rigan odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhdir.
NO2	Astma bilan og'rigan odamlar, bolalar va keksa yoshdagi odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhlar hisoblanadi.
SO2	Astma bilan og'rigan odamlar, bolalar va keksa yoshdagi odamlar eng ko'p xavf ostida bo'lgan guruhlar hisoblanadi.

Ko'rsatkichlar haqida

Barcha ma'lumotlar Google Earth Engine (GEE) dan olingan.

3-jadval: Ma'lumotlar manbalari.

Ko'rsatkichlar	Qisqa ma'lumot	Manba	Davr	O'lchov birligi
PM2.5	Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Global Near-Real-Time	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	2016-06-22 - 2024-05-31	kg/m ³
PM10	Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Global Near-Real-Time	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	2016-06-22 - 2024-05-31	kg/m ³
NO2	Sentinel-5P NRTI NO2: Near Real-Time Nitrogen Dioxide	European Union/ESA/Copernicus	2018-07-10 - 2024-05-31	mol/m ²
SO2	Sentinel-5P NRTI SO2: Near Real-Time Sulfur Dioxide	European Union/ESA/Copernicus	2018-07-10 - 2024-05-31	mol/m ²
CO	Sentinel-5P NRTI CO: Near Real-Time Carbon Monoxide	European Union/ESA/Copernicus	2018-11-22 - 2024-05-31	mol/m ²
O3	Sentinel-5P NRTI O3: Near Real-Time Ozone	European Union/ESA/Copernicus	2018-07-10 - 2024-05-31	mol/m ²

Indeksni hisoblash

Quyidagi jadval AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan taqdim etilgan.

4-jadval: AQI uchun chegara qiymatlari

Asosiy bo'linishlar							Ushbu AQIga teng	Kategoriya
O ₃ (ppm) 8-soat	O ₃ (ppm) 1-soat	PM _{2.5} (µg/m ³) 24-soat	PM ₁₀ (µg/m ³) 24-soat	SO ₂ (ppb) 8-soat	NO ₂ (ppb) 8-soat	CO (ppm) 1-soat	AQI	
0.000-0.054	-	0.0-12.0	0-54	0-35	0-53	0.0-4.4	0-50	Yaxshi
0.055-0.070	-	12.1-35.4	55-154	36-75	54-100	4.5-9.4	51-100	Qoniqarli
0.071-0.085	0.125-0.164	35.5-55.4	155-254	76-185	101-360	9.5-12.4	101-150	Sezuvchan guruhlar uchun nosog'lom
0.086-0.105	0.165-0.204	(55.5-150.4) ³	255-354	(186-304) ⁴	361-649	12.5-15.4	151-200	Nosog'lom
0.106-0.200	0.205-0.404	(150.5-250.4) ³	355-424	(305-604) ⁴	650-1249	15.5-30.4	201-300	Juda nosog'lom
(²)	0.405-0.504	(250.5-350.4) ³	425-504	(605-804) ⁴	1250-1649	30.5-40.4	301-400	Juda xavfli
(²)	0.505-0.604	(350.5-500.4) ³	505-604	(805-1004) ⁴	1650-2049	40.5-50.4	401-500	Juda xavfli

AQI har bir ifloslantiruvchi modda uchun quyidagicha hisoblangan eng yuqori qiymatdir:

a. Har bir hisobot hududidagi barcha ko'rsatkichlar orasida eng yuqori kontsentratsiya aniqlanadi va quyidagicha qisqartiriladi:

- O₃ (ppm) – 3 o'nlik xonagacha,
- PM_{2.5} (µg/m³) – 1 o'nlik xonagacha,
- PM₁₀ (µg/m³) – butun son holatigacha,
- CO (ppm) – 1 o'nlik xonagacha,
- SO₂ (ppb) – butun son holatigacha,
- NO₂ (ppb) – butun son holatigacha.

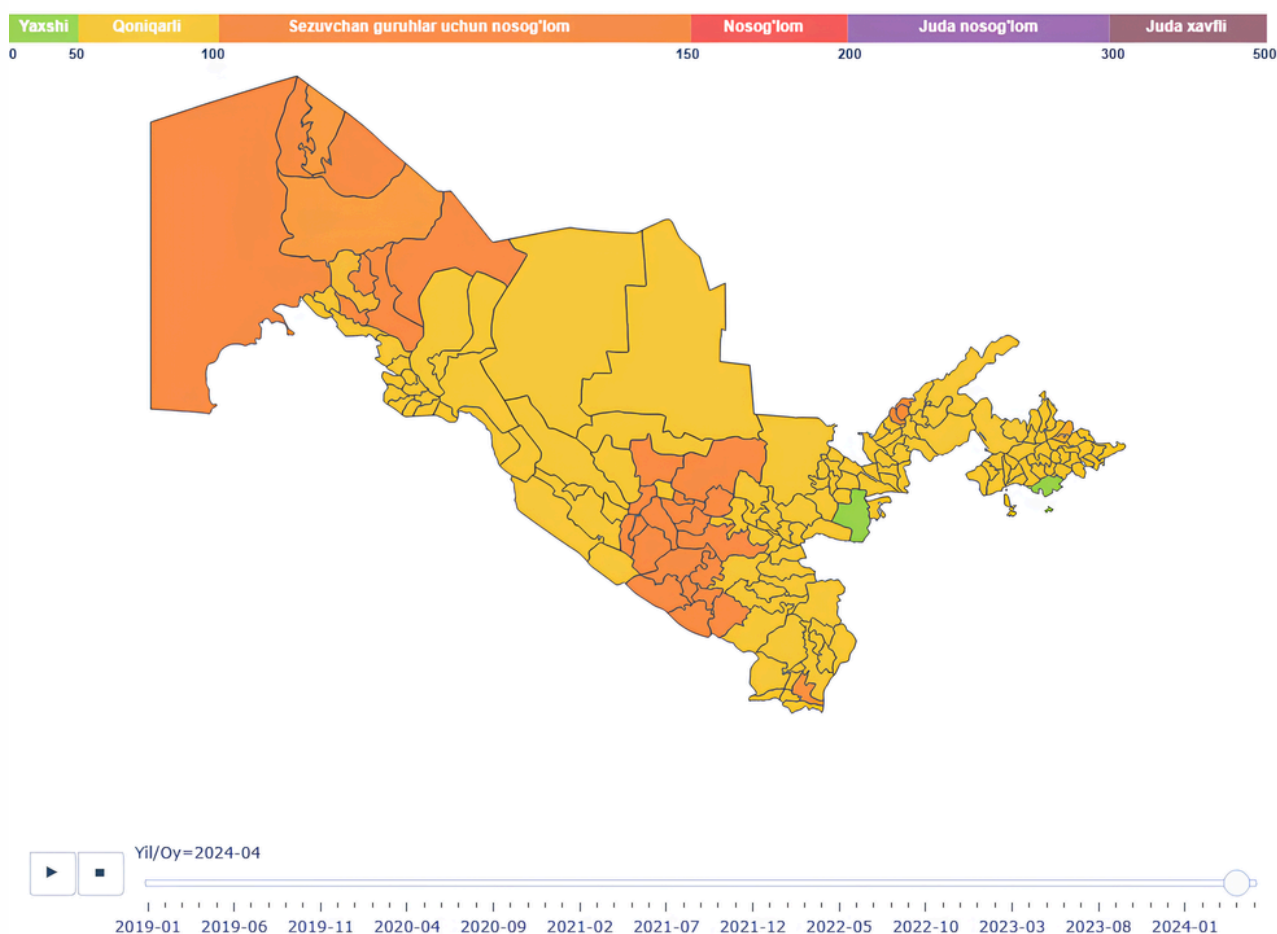
b. **4-jadvaldan** foydalanib, kontsentratsiyani o'z ichiga olgan ikki chegara qiymati topiladi.

c. Ilovada keltirilgan **1-tenglamadan foydalanib** indeks hisoblanadi.

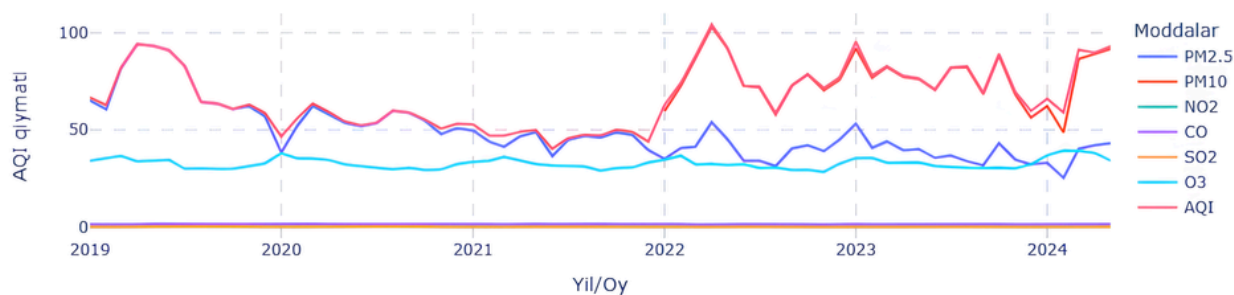
d. Indeks eng yaqin butun songa yaxlitladi.

xarita va ko'rsatkichlar bilan ishlash

Link Data veb-sayti orqali O'zbekiston AQI veb-ilovasiga birinchi tashrif buyurganingizda xaritaga ko'zingiz tushadi. Bu birinchi bor O'zbekiston uchun tumanlar miqyosida 2019-yilning boshidan to bugungi kungacha oylar va yillar kesimida havo sifati indeksini aks ettirgan xarita hisoblanadi.



Xarita interfaol bo'lib, AQI darajasini oy va yil kesimida kuzatish mumkin bo'lishi uchun vaqtni surgichi o'rnatilgan. Oylik va yillik rejimni o'zgartirishga ma'lumotlarni yuklash uchun tizim biroz vaqt talab qilishi mumkin (10 soniya atrofida).

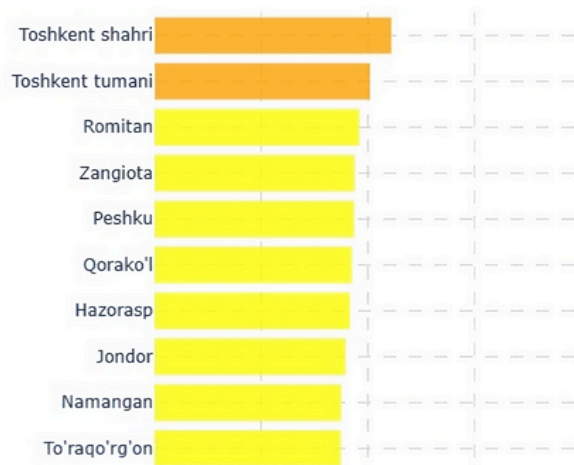


Biroz pastga tushganda, interfaol xaritada tanlangan hudud uchun vaqt kesimida AQI hisoblashda ishlatilgan asosiy 6ta modda sub-indekslari dinamikasi avtomatik interfaol grafik ko'rinishida chiqarib beriladi. Bu yerda, AQI ushbu sub-indeklar ichida eng yuqori ko'rsatkichga ega bo'lgan modda qiymatiga son jihatdan tenglashtirib olinadi, ya'ni agar biror hududda PM10 eng yuqori ko'rsatkichga ega bo'lsa Havo sifati indeksi (AQI) ham o'sha ko'rsatkichga teng deb hisoblanadi. Bu haqida ushbu faylning metodologiya qismida ham batafsil yozib o'tilgan. Bundan kelib chiqib har bir hudud uchun ma'lum bir xulosalarga kelish mumkin.

Havo sifati darajasi baland 20 ta tuman



Havo sifati darajasi past 20 ta tuman



Yana ham pastroqda hududlarning havo sifati bo'yicha reytingi keltirilgan. Shu yerda eslatma, havo sifati darajasi yashildan (yaxshi) qizilga qarab yomonlashib boradi.



ilova

1-tenglama:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Bu yerda I_p - ifloslantiruvchi modda p uchun indeks

C_p - ifloslantiruvchi modda p uchun qisqartirilgan kontsentratsiya

BP_{Hi} - C_p ga teng yoki undan yuqori kontsentratsiya chegara qiymati

BP_{Lo} - C_p ga teng yoki undan past kontsentratsiya chegara qiymati

I_{Hi} - BP_{Hi} ga mos keladigan AQI qiymati

I_{Lo} - BP_{Lo} ga mos keladigan AQI qiymati

AQI qiymatlarini hisoblashdan oldin, barcha ifloslantiruvchi

moddalar kerakli birliklarda ekanligiga ishonch hosil qilishimiz

kerak. Bizning ma'lumotlarimizda, $PM_{2.5}$ kg/m^3 birlikda, boshqa

ifloslantiruvchi moddalar esa mol/m^2 birlikda. Ushbu birliklarni

$\mu g/m^3$, ppb va ppm ga aylantirishimiz kerak.

NO₂ mol/m^2 ni ppb ga aylantirish: mol/m^2 ni ppb ga aylantirish uchun bizga kerak bo'ladi:

- molekulyar sonlar;
- havoning o'rtacha molekulyar massasi, g/mol;
- dengiz sathida va 15°C da havo zichligi, kg/m^3 ;
- troposfera qatlami balandligi, 100 000 m;
- NO₂ ning molekulyar massasi, g/mol.

1-qadam. Gaz mollarini gaz molekulalariga aylantirish.

$$\text{har } m^3\text{da gaz molekulalari soni} = \frac{\text{har } m^2\text{da gaz mollari} * \text{doimiy Avagadro}}{\text{ustun balandligi}}$$

2-qadam. Kub metr boshiga havo mol sonini hisoblash.

$$\text{har } m^3\text{da havo mollari} = \frac{\text{havo zichligi} * 1000}{\text{havoning molekulyar massasi}}$$

3-qadam. Har kub metr havo uchun mol sonini har kub metr havo uchun molekulalarga aylantirish

$$\text{har m}^3\text{da havo molekulalari soni} = \text{har m}^3\text{da havo mollari} * \text{doimiy Avagadro}$$

4-qadam. Gazning ppm (milliondan bir ulushi) miqdorini (gazning havodagi konsentratsiyasi) hisoblash

$$\text{gazning konsentratsiyasi} = \frac{\text{har m}^3\text{da gaz molekulalari soni} * 1*10^9}{\text{har m}^3\text{da havo molekulalari soni}}$$

PM2.5 ni aylantirish oson, biz uning qiymatlarini 10^9 ga ko'paytirishimiz kerak, chunki $1 \text{ kg/m}^3 = 10^9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ga teng.

Eslatma! Boshqa ifloslantiruvchi moddalarni aylantirish ham xuddi shunday amalga oshiriladi, ammo ustun balandligi va ifloslantiruvchi moddaning molekulyar massasi farq qilishi mumkin. Endi biz AQI ni hisoblashimiz mumkin, quyida 1-tenglamadan foydalanib AQI ni qanday hisoblash haqida misol keltirilgan.

Faraz qilaylik, sizda 8 soatlik ozon qiymati 0.07853333. Avval qiymatni 0.078 ga qisqartiring. Keyin, qiymatingizga mos keladigan 8 soatlik ozon uchun 5-jadvalga murojaat qiling (0.071-0.085). Bu holda, 0.078 qiymati 101 dan 150 gacha bo'lgan indeks qiymatlariga to'g'ri keladi. Endi tenglamadan foydalanish uchun barcha kerakli sonlar paydo bo'ldi.

$$\frac{(150-101)}{(0.085-0.071)} (0.078 - 0.071) + 101 = 126$$

Shunday qilib, 8 soatlik 0.07853333 qiymati 126 indeks qiymatiga to'g'ri keladi. Agar bundan ham ko'proq ifloslantiruvchi moddalar bo'lsa, hisoblash usuli o'zgarmaydi ammo yakuniy AQI ushbu moddaning indeksiga teng bo'ladi.



info@linkdata.uz | www.linkdata.uz

