د کابل پوهنتون دطبیعي علومو علمي ــ څېړنیزه مجله
مجــله علــمی- تحقیقی علــوم طبیعی پوهنتون کابل
Journal of Natural Sciences – Kabul University
e-ISSN:3078-6665 P-ISSN:3078-5561

د جلال اباد ښار د هوا ککړونکو ذراتو (PM2.5) زماني ـ مکاني تحلیل او د روغتیايي خطرونو ارزونه

پوهنمل سید رحمت الله سادات [۱]، پوهنمل شاهدالله امن [۲] ، پوهنیار سپین غر حنیفي [۳]

د ځنګلپوهنې او طبیعي منابعو دیپارتمنت، د کرنې پوهنځی، سید جمال الدین افغاني پوهنتون، کونړ، افغانستان
ایمېل: saidrahmat333@gmail.com

لنډیز

د هوا ککړونکي ذرات (PM2.5) د انسان د روغتیا او چاپېریال لپاره جدي ګواښ دی، چې دوامدارې څارنې ته اړتیا لري. دا څېړنه د ۲۰۲۴ په اوږدو کې د جلال آباد ښار د PM2.5 زماني ـ مکاني تحلیل او د روغتیا خطر ارزونې په موخه ترسره شوې ده. د PM2.5 تخمین د MODIS د ګرد او غبار نوري ژوروالي (AOD) پر بنسټ ترسره شوی، مکاني ویش په ArcGISکې د Spline with Barriers میتود له لارې، زماني بدلونونه د Excel په مرسته او د روغتیا خطر ارزونه د Ostro فورمول په کارولو سره تحلیل او محاسبه شوي دي. پایلې ښیي، چې د PM2.5 کچه په مرکزي او صنعتي زونونو کې تر 279.287 µg/m³ پورې لوړه شوې، چې له WHO او ملي معیارونو ډېر زیات دي. د موسمي تحلیل پایلې ښیي، چې د اوړي پر مهال تر ټولو لوړه کچه 265.937 µg/m³ ثبت شوې. دغه موندنې د روغتیا جدي خطرونه او د GIS او ریموټ سینسنګ پر بنسټ د څارنې او مدیریت اړینوالی په ګوته کوي.

کلیدي کلمې: PM2.5 ؛ ککړتیا؛ روغتیا؛ ریموټ سینسنګ او GIS

Spatio-temporal Analysis and Health Risk Assessment of Particulate Matter (PM2.5) in Jalalabad City

Said Rahmatullah Sadaat[1*], Shahidullah Amn [2], Spinghar Hanifi [3]

[1, 2 , 3] Department of Forestry and Natural Resources Faculty of Agriculture, Sayed Jamaluddin Afghani University, Kunar, Afghanistan
Email: saidrahmat333@gmail.com

Abstract

Delicate particulate matter (PM2.5) is a serious threat to human health and the environment that requires continuous monitoring. This study was conducted to conduct a spatiotemporal analysis and health risk assessment of PM2.5 in Jalalabad city in 2024. PM2.5 was estimated based on MODIS Aerosol Optical Depth (AOD), spatial distribution was mapped using the Spline with Barriers method in ArcGIS; temporal changes were analyzed using Excel; and health risk assessment was performed using the Ostro formula. The results show that the PM2.5 level reached 279.287 µg/m³ in the central and industrial zones, well above the WHO and national standards. The results of the seasonal analysis show that the highest level was recorded in summer at 265.937 µg/m³. These findings indicate serious health risks and highlight the need for monitoring and management based on GIS and remote sensing.

Keywords: PM2.5; Pollution; Health; Remote Sensing; GIS

ارجاع: سادات، س. ر.؛ امن، ش. و حنیفي س. (۱۴۰۴). د جلال اباد ښار د هوا ککړونکو ذراتو (PM2.5) زماني ـ مکاني تحلیل او د روغتیايي خطرونو ارزونه. *د کابل پوهنتون د طبیعي علومو علمي ــ څېړنیزه مجله*، ۸(فوق العاده ګڼه)، ۱۴۹-۱۳۳. https://doi.org/10.62810/jns.v8iSpecial Issue.501

سريزه

د هوا ککړتيا د نړۍ په کچه یوه جدي چاپېريالي ستونزه ګڼل کېږي چې د صنعتي پرمختګ، د موټرو د شمېر زياتوالي او د غير معياري سون توکو د کارولو له امله ورځ تر بلې پراخېږي (Agrawal et al., 2021). د هوا ککړتيا ستونزو د تحليل لپاره ذرات (PM2.5) د هوا د کیفیت یو مهم شاخص ګڼل کېږي، چې د انساني روغتيا او چاپېريال لپاره جدي پايلې لري(Islam et al., 2023). د دې ذراتو قطر له ۲,۵ مايکرونو څخه کم دی، د فضا په اوږدو کې معلق پاتې کېږي او د ساه اخيستلو پر مهال د سږو ژورو برخو ته نفوذ کولی شي(Bai, 2022). د دې ذراتو د لوړ غلظت له امله د تنفسي او قلبي ناروغيو احتمال ډېرېږي او د اوږدې مودې لپاره د دوی شتون کولی شي د ژوند تمه راکمه کړي (Waseq, 2020). د نړیوال روغتيايي سازمان د راپورونو له مخې د PM2.5 لوړ غلظت د ناروغيو د زياتوالي، د تنفسي سېستم د ضعف او حتی د وختي مړينې له عمده لاملونو څخه ګڼل کېږي (WHO, 2021). سربېره پر دې، د دې ذراتو شتون د ليد محدوديت، د اقليم بدلون او د چاپېريالي نظامونو د نازکوالي سبب ګرځي، چې په پايله کې د انسانانو د ژوند پر کیفیت منفي اغېزه کوي (Torabi and Nogami, 2016). د افغانستان په لويو ښارونو کې د هوا ککړتيا يوه له مهمو عامه روغتيايي ننګونو څخه ګڼل کېږي، چې د چاپېريالي څېړنو، روغتيايي تدابيرو او ښاري پاليسۍ جوړولو ته اړتيا لري.

جلال آباد ښار چې د افغانستان له مهمو صنعتي او سوداګريزو مرکزونو څخه دی، د هوا ککړتيا له بېلابېلو سرچينو څخه متأثر دی. د غير معياري سون توکو کارول، د موټرو د شمېر زياتوالی، د سړکونو دوړې، د کورونو او فابريکو له سکرو، لرګيو او نورو سون توکو د لوګي توليد او د ساختماني موادو دوړې د PM2.5 د غلظت د لوړوالي اصلي عوامل ګڼل کېږي(Zhang et al., 2021). خو د دې ستونزې د حقيقي اغېزو په اړه کافي ساينسي څېړنې نه دي ترسره شوي. سره له دې چې د هوا د کیفیت د ښه‌والي لپاره ځينې هڅې شوي خو لا هم د PM2.5 د مکانيـ زماني بدلونونو، د ککړتيا اصلي سرچينو او روغتيايي اغېزو اړوند دقيق او علمي معلومات محدود دي. نو نه یوازې علمي څېړنو ته اړتيا ده، بلکې د ښاري پاليسۍ له لارې بايد د چاپېريالي معيارونو پلي کېدو ته هم ځانګړې پاملرنه وشي.

د هوا د ککړتيا د ارزونې لپاره د ريموټ سينسنګ (Remote Sensing) او جغرافيوي معلوماتي سېستم (GIS) پرمختللې تکنالوژي ګڼل کېږي او د چاپېريالي تحليلونو لپاره مهمې وسيلې دي (Qiao, 2015). دا ميتودونه د فضا څخه د ترلاسه شويو معلوماتو پر بنسټ، د ککړتيا د شدت، سرچينو او فضايي او زماني تغييراتو ارزونه ممکنه کوي (Zhao, 2014). د دې تکنالوژۍ تطبيق د چاپېريالي پاليسيو جوړولو، د عامه روغتيا د تدابيرو غوره کولو او د ښاري پلان جوړونې لپاره ارزښتناک معلومات چمتو کوي

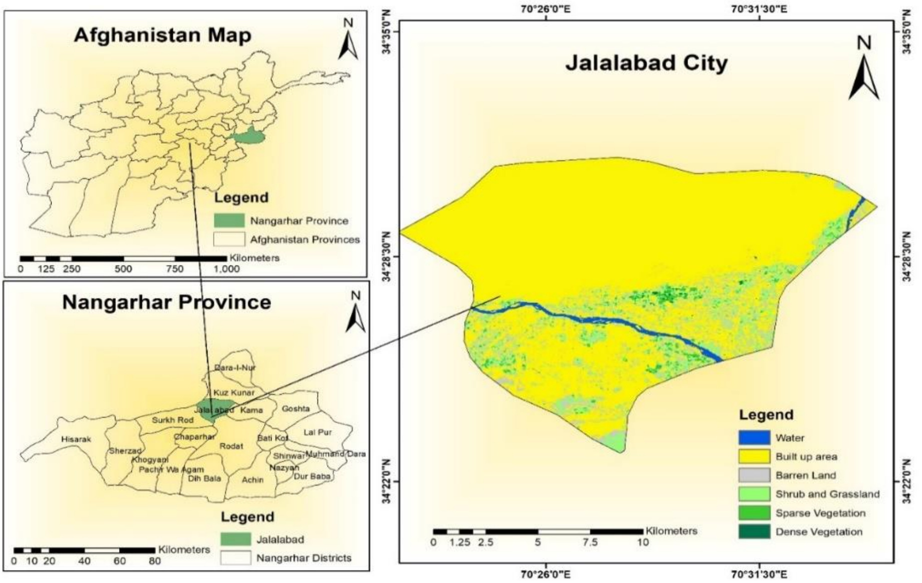
(Pope III, 2000). د جلال آباد ښار د هوا د کيفيت د ارزونې لپاره د ريموټ سينسنگ له لارې د PM2.5د غلظت اندازه اخيستل کېږي او د GIS له لارې د دې ککړتيا جغرافيوي توزيع تحليل کېږي. د دې څېړنې موخه د ۲۰۲۴ کال لپاره د ريموټ سينسنگ او GIS تخنيکونو په کارولو سره د جلال آباد ښار د PM2.5 ککړتيا مکاني ـ زماني توزيع تحليل او د PM2.5د سرچينو او بدلونونو ارزونه ترسره کول دي، تر څو د موسمي بدلونونو له مخې د PM2.5 غلظت مطالعه او د لوړې ککړتيا لرونکې سيمې مشخصې شي او پر عامې روغتيا يې د خطرونو ارزونه ترسره شي.

د څېړنې مواد او کړنلاره

د څېړنې ساحه

جلال آباد ښار د ننگرهار ولايت مرکز دی او د افغانستان يو له لويو ښارونو څخه دی، چې د هيواد په ختيځ کې موقعيت لري. دا ښار د سوداگرۍ، کرنې او صنعت لپاره يو مهم مرکز دی، چې د چټک ښاري کېدو، صنعتي ودې زياتوالي، د زيربناوو پراختيا او هوا ککړتيا په شمول زياتې چاپيريالي ستونزې تجربه کوي(Ahmadzai, 2017). جلال آباد د شمالي عرض البلد په ۳۴,۴۳ درجو او ختيځ طول البلد په ۷۰,۴۵ درجو کې موقعيت لري، چې د سمندر له سطحې څخه ۵۸۰ متره لوړوالی لري. دا ښار نيمه وچ اقليم (Bsh - Köppen) لري، چې د گرم اوړي په لرلو سره پېژندل کېږي. په جولای مياشت کې يې تودوخه له ۴۰ درجو سانتي گراد څخه لوړه وي او په جنوري مياشت کې يې تودوخه شاوخوا ۵ درجو سانتي گراد ته راټيټېږي (IQBAL et al., 2024). دا ښار په کلني ډول شاوخوا ۴۰۰ ملي متره باران ترلاسه کوي او زياتره يې د ژمي او پسرلي په جريان کې وي (Safi et al., 2024). د دې سيمې اقليمي شرايط د تودوخې په شمول، د باد نمونې او رطوبت د هوا ککړونکو لکه PM2.5 په خپرېدو او غلظت باندې د پام وړ اغيزه کوي. په جلال آباد کې ښاري پراختيا د موټرو د اخراج زياتوالي، ساختماني فعاليتونو او صنعتي پراختيا زياتوالي لامل شوی دی، چې ټول يې د PM2.5 کچې لوړېدو کې مرسته کوي (Kaiwaan and Stanakzai, 2025). په ښار کې د PM2.5 ککړتيا لويې سرچينې د موټرو څخه د ککړونکو د اخراج زياتوالی، صنعتي فعاليتونه، د کثافاتو خلاص سوځول او د دوړو طوفانونه دي. سربيره پردې د نفوس وده او د انرژۍ مصرف لپاره د لرگيو، ډبرو سکرو او ډيزل زيات کارول د هوا د ککړتيا ستونزې لا پسې زياتې کړې دي. د گاونډيو سيمو څخه په ځانگړې توگه د پاکستان څخه د ککړې هوا انتقال هم ممکن په جلال آباد کې د PM2.5 کچه هم اغيزمنه کړي، چې د هوا کيفيت نور هم خرابوي (Butt, 2023). جلال آباد ښار د هوا ککړتيا د څارنې محدودې ځمکنۍ دستگاوې لري، تر څو پر وخت د هوا کيفيت ارزونه وکړي. په دې شرايطو کې د ريموټ سينسنگ او

(GIS) تخنیکونه په ښار کې د PM2.5 غلظت د زماني - مکاني تحلیل لپاره د اړین وسایلو په توګه پیژندل کیږي. د PM2.5 لوړ غلظت د روغتیا پر وړاندې جدي خطرونه رامنځته کوي، په ځانګړي توګه د تنفس سېستم، د زړه او رګونو فعالیت او د سږو ظرفیت اغیزمن کوي (Yang and Tang, 2020).



۱- انځور: د مطالعې ساحې ښودنه کوي

د معلوماتو سرچینه

په دې څېړنه کې د NASA د MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) سټلایټ ډېټا کارول شوې، ترڅو د ۲۰۲۴ کال لپاره د جلال آباد ښار اړوند د PM2.5 غلظت مشخص شي. د PM2.5غلظت د عمومي ګرد او غبار یا AOD (Aerosol Optical Depth) محصول دی او د ګوګل ارت انجن (Google Earth Engine) په مرسته د یادې ساحې د Shape file فایل او د سټیلاټ مشخصاتو په واردولو سره د خاصو عملیاتو له اجرا کولو وروسته د مشخصې نېټې لپاره ترلاسه او پروسس شوی. د یاد سټلایټ تصویرونه د ۱ کیلومتر ریزولوشن درلودونکي دي، چې د عمومي ګردو و غبار او PM2.5غلظت لپاره د نړۍ په کچه د معتبرې سرچینې په حیث استفاده کیږي. دا چې په جلال اباد ښار کې د ککړونکو د کچې معلومولو لپاره ځمکني دستګاوې شتون نه لري، نو پر دې اساس په دې څېړنه کې د ریموټ سینسنګ ډېټا ته چې پراخ او همزمانه ارقام وړاندې کوي، استفاده شوې.

د معلوماتو تحلیل

په دې تحقیق کې دPM2.5 مکاني او زماني توزیع تحلیل د دوو اصلي میتودونو په مرسته ترسره شوی دی. د مکاني تحلیل لپاره د ArcGIS 10.5 سافټویر کارول شوی. په دې میتود کې د MODIS سټلایټ څخه ترلاسه شوي AOD ډېټا د ۱ کیلو متره په دقت سره پروسس شوې، دا ډېټا لومړی د ArcGIS سېستم ته وارده شوې او بیا د PM2.5 د اټکل لپاره تجربوي فورمولونه یا الګوریتمونه لکه د AOD او βثابتونو په مرسته تحلیل شوې. د دې پروسې په ترڅ کې د PM2.5 د توزیع نقشه جوړه شوې، چې د جلال آباد ښار د ککړتیا د مختلفو زونو ښوودنه کوي. د ArcGIS د مختلفو مکاني تحلیلونو لپاره مختلف کمانډونه او روشونه لکه Kriging، IDW یا Spline interpolation استفاده شوې، تر څو د PM2.5د جغرافیایي توزیع نقشې ترتیب شي. په اخره کې د PM2.5 د توزیع نقشه د سیمې د ککړتیا د تشخیص او د روغتیایي خطرونو د ارزیابۍ لپاره کارول شوې. د زماني تحلیل لپاره د Excel پروګرام څخه استفاده شوې. په دې برخه کې د MODIS سټلایټ څخه ترلاسه شويPM2.5 ډېټا د مختلفو زماني دورو لپاره راټوله او ترتیب شوې او په Excel کې د مختلفو تحلیلونو لکه (Time Series Analysis) په مرسته د PM2.5ککړتیا زماني بدلونونو ارزونه شوې. د Excel په مرسته دPM2.5 کچې د بدلونونو د تحلیل پایلې ترلاسه شوې او د مختلفو وختونو، موسمونو او ورځو سره یې ارتباط تحلیل شوی. د دې پروسې له لارې پوهېږو، چې کوم وختونو یا شرایطو کې د PM2.5 د غلظت کچه زیاته او دا څرنګه د جلال آباد ښار د روغتیا لپاره ممکنه خطرونه پېښوي. د PM2.5 لوړ غلظت سره تماس کې کېدو له امله د صحي اغیزو ارزولو لپاره د استرو فورموله (Ostro's Formula) چې په علمي تحقیقاتو کې په پراخه کچه استفاده کېږي استفاده شوې ده. د یاد فورمول څخه مونږ د زړه ناروغیو، تنفسي ناروغیو او د سږو سرطان خطرونه ارزول کېږي.

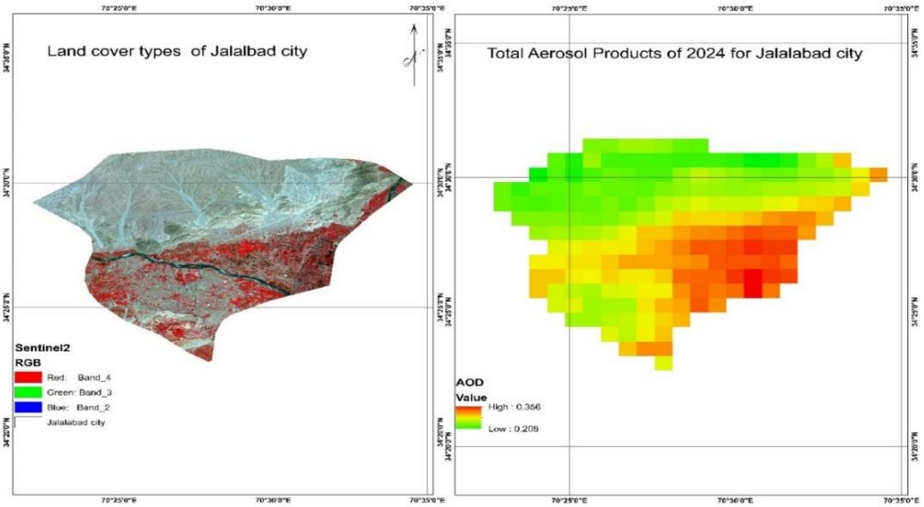
Outcome and exposure metric	Relative risk function	Suggested β coefficient	Group age	Source
Cardiopulmonary mortality and long-term exposure to PM2.5	RR = [(X+1)/(X0+1)] ^ β	0.15515	Age ≥ 30 years	Ostro 2004
Lung cancer and long-term exposure to PM2.5	RR = [(X+1)/(X0+1)] ^ β	0.23218	Age ≥ 30 years	=

Note: X = current pollutant concentration (µg/m3) and X0 = back ground concentration of pollutant (10µg/m3)

د څېړنې موندنې او مناقشه

د جلال اباد ښار لپاره د ايروسول (گرد او غبار) نوري عمق او د هغې زمانيـ مكاني توزېع

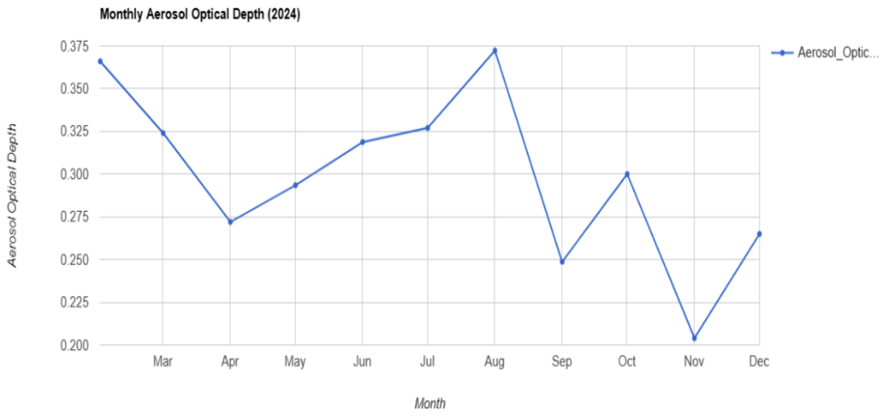
د سپوږمکيو معلوماتو پر بنسټ ترلاسه شوی AOD د هوا د ککړتيا يو مهم شاخص دی، چې د PM2.5ذراتو د غلظت د معلومولو لپاره کارول کېږي. د AOD کچه معمولا د +۱ او -۱ تر منځ په نظر کې نيول کيږي. هرڅومره چې په کومه سيمه کې د AOD کچه د +۱ خواته نږدې کېږي، د گرد و غبار په زياتوالي يا غلظت دلالت کوي او که د-۱ خواته نږدې کېږي، معنی دا چې په ياده سيمه کې د گرد او غبار يا مجموعي ذراتو کچه ټيټه ده. د AOD تحليل د هوا کيفيت د مکاني - زماني ارزونې (Spatiotemporal Air Quality Assessment) لپاره مهم دی، ځکه چې دا د ککړتيا مهم مرکزونه په گوته کوي او د ښاري پراخوالي، د ځمکې د کارونې او اقليمي عواملو سره يې ارتباط تحليلوي. د دې پايلې د عامې روغتيا د خطر ارزونه (Health Risk Assessment) کې مرسته کوي، ترڅو هغه سيمې وپېژندل شي، چيرې چې خلك د PM2.5 ذراتو له امله د تنفسي او قلبي ناروغيو له جدي گواښ سره مخ دي. د ريموټ سينسنگ په مرسته ترلاسه شوي AOD د ځمکني هوا کيفيت د څارنې معلوماتو سره يوځای کول د ککړتيا د ماډلونو دقت لوړوي او د جلال اباد ښار هوا د مديريت لپاره د شواهدو پر بنسټ د پاليسی جوړولو ته لاره هواروي. لاندې شکل جلال اباد ښار کې د AOD مکاني توزېع ښيي.



۲- انځور: د ۲۰۲۴ کال لپاره جلال اباد ښار کې د عمومي گرد و غبار يا ايروسول نوري عمق (AOD) ښيي

بل خوا د جلال اباد ښار مکاني تحليل څرگندوي، چې د AODلوړ غلظتونه (۰,۳۵۶) چې په سور او نارنجي رنگونو کې ښودل شوي، زياتره په ښاري او صنعتي سيمو کې تمرکز لري، چې دا د انساني

فعالیتونو لکه د فابریکو تولید، د موټرو دود او ترانسپوټ زیاتوالي له امله رامنځته کېږي. برعکس، ټیټ AOD ارقام (۰,۲۰۸) چې په شین رنګ کې ښودل شوي، په هغو سیمو کې موندل کېږي، چې لږ نفوس لري او نباتي پوښښ یې ښه وي او دا د نسبتاً پاکې هوا نښه ده. په ورته ډول د د Tariq او ملګرو د 2023 څېړنې پایلې هم دا تائیدوي، چې ښاري او د ډېر نفوس لرونکې سیمو کې د ګرد او غبار کچه زیاته وه.



۳- انځور: د ایروسول نوري عمق زماني توزیع ښیي

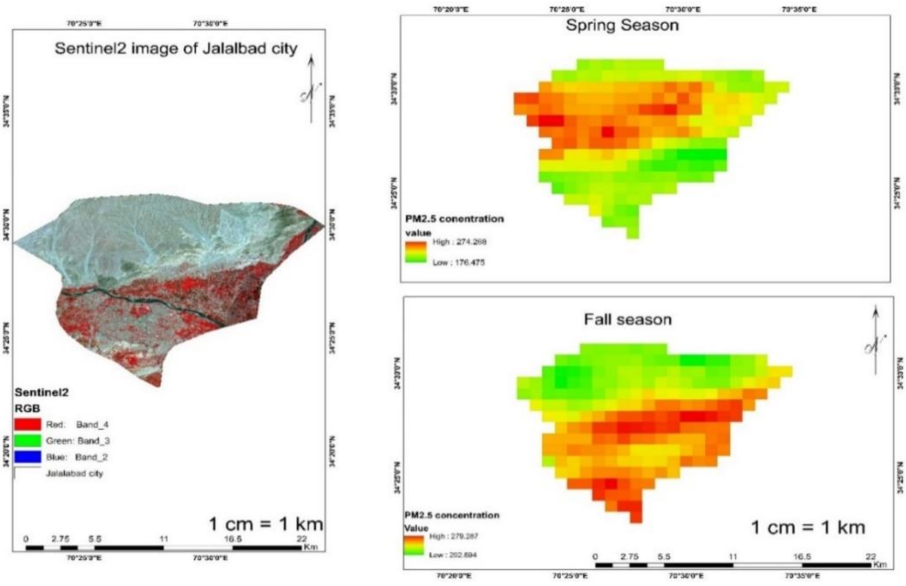
پورتنی ګراف ښیي چې د AOD غلظتونه د کال په اوږدو کې تغیر کوي او د پام وړ زیاتوالی او کموالی لري. د AOD تر ټولو لوړ کچه (~۰,۳۷۵) په اګست میاشت کې لیدل کیږي او دا د ایروسول د قوي غلظت نښه ده. دا زیاتوالی د لوړې تودوخې، د دوړو طوفانونو او د انساني فعالیتونو زیاتوالي له امله وي، چې د اوړي په وچ موسم کې په جلال اباد ښار کې عام دي. په مقابل کې د AOD تر ټولو ټیټه اندازه (~۰,۲۰۰) د نومبر میاشت کې ثبت شوې، چې د هوا د کیفیت ښه والي ته اشاره کوي. دا کمښت بیا د هوا د مساعدو شرایطو لکه باران، د دوړو د کموالي او د بشري سرچینو د کم اخراج له امله وي.

که موسمي تمایلاتو ته وګورو، نو د مارچ څخه تر اپریل میاشت پورې د AOD کموالی لیدل کیږي او وروسته بیا د می څخه د اګست تر میاشت پورې تدریجي زیاتوالی لري. دا بدلون ښیي چې د پسرلي او اوړي د پیل میاشتو کې هوا معتدله ککړتیا لري، خو د اوړي په وروستیو کې د ایروسول غلظت خپل اوج ته رسیږي، چې د دوړو د زیات انتقال او وچو شرایطو له امله وي. له سپتمبر څخه تر نومبر میاشت پورې د AOD کچه د پام وړ کموالی ښیي، چې د موسمي بارانونو له امله د فضا پاکوالي ته اشاره کوي

او دسمبر میاشت (~۰,۲٦) کې لږ زیاتوالی لیدل کېږي، چې د ژمي د شرایطو له امله وي، چیرې چې ککړونکي د تودوخې د معکوس والي له امله په فضا کې پاتې کېږي.

د ۲۰۲۴ کال لپاره په جلال اباد ښار کې د AOD څخه د ترلاسه شوي PM2.5 غلظت زماني او مکاني تحلیل

لاندې شکل کې د جلال آباد ښار اړوند د PM2.5 غلظت مکاني وېش د ۲۰۲۴ کال د پسرلي او مني فصلونو په اوږدو کې تحلیل شوی، د پسرلي په موسم کې د PM2.5 ټیټ غلظت چې د نقشې په مخ په کمزوري شین رنګ سره ښودل کېږي (176.475 μg/m³) ثبت شوی، چې د ښار سویلي او ختیځې سیمې دغه ټیټ غلظتونه لري، چې لامل یې په یادو سیمو کې د نباتي پوښښ زیاتوالی، لږ نفوس، د ساخت و ساز سیمو کموالی او نسبتا کم انساني فعالیتونه دي. په مقابل کې یې بیا په یاد موسم کې تر ټولو لوړ غلظت (۲۷٤,۲٦۸μg/m³) ثبت شوی، چې د نقشې پر مخ په سور/نارنجي رنګ سره ښودل کیږي او تر ډیره د ښار شمال لویدیځ او مرکزي برخو کې لیدل کېږي، چې لامل یې د نفوسو تراکم، ترانسپورت زیاتوالی او صنعتي فعالیتونه دي.



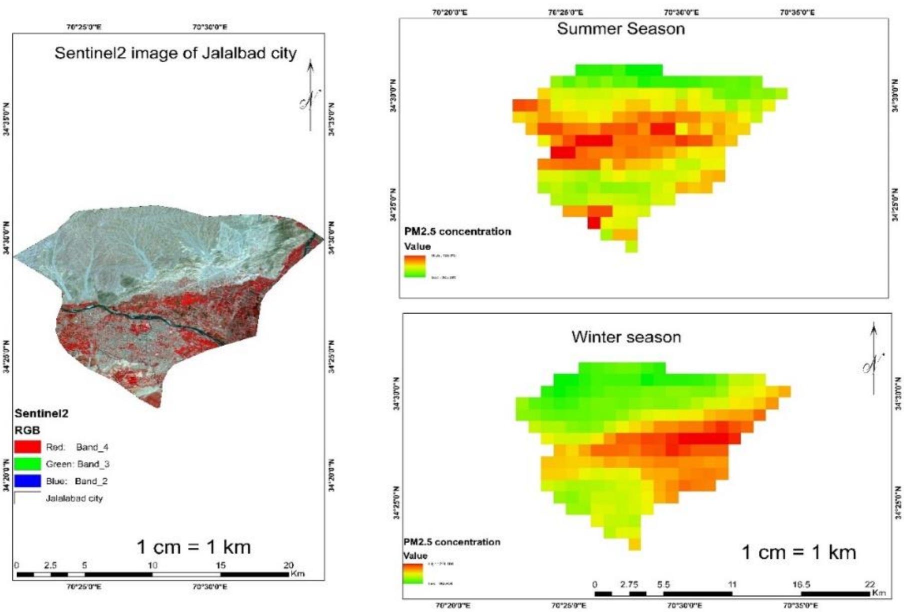
۳- انځور: جلال اباد ښار کې د پسرلي او مني په موسمونو کې د PM2.5 زماني توزیع ښیي

د مني په موسم کې بیا ټیټه کچه (202.894 μg/m) ثبت شوې، چې د نقشې پر مخ په زرغون رنګ لیدل کیږي او تر ټولو لوړ غلظت یې بیا (۲۷۹,۲۸۷μg/m³) ثبت شوی، چې په سور/نارنجي رنګ سره ښودل کېږي. د پسرلي موسم په پرتله د مني موسم د (PM2.5) لوړ غلظت لرونکی دی او لامل یې په

یاد موسم کې د حرارت درجې تغیر (Temperature Inversion) له امله په هوا کې د ککړونکو څوړند پاتې کېدو او د ژمي د پیل له امله د زیات سون توکو سوخت دی. د PM2.5 بدلونونه ښیي چې د هوا شرایط، د آلودګۍ سرچینې او د ځمکې کارولو ډولونه د هوا ککړتیا په کچه مستقیم اغېز لري. د Xu او ملګرو د 2022 کال د څېړنې پایلې هم دا تائیدوي، چې د زیات ساخت وساز او کم نباتي پوښښ لرونکې سیمې د زیات PM2.5 غلظت لرونکي دي او دا د دې ښکارندویي کوي، چې د ښاري سیمو پراختیا د معلقو ذراتو د زیاتوالي سره مستقیمه او د نباتي پوښښ لرونکې سیمې د معلقو ذراتو د غلظت سره معکوسه اړیکه لري. دا د PM2.5 مکاني نقشه یوه مهمه تحقیقي وسیله ده، چې د پالیسۍ جوړوونکو او د چاپېریال ساتنې ادارو سره مرسته کولی شي، څو د پایداره او پاکې هوا مدیریت لپاره مؤثرې ستراتیژۍ طرح کړي.

د اوړي او ژمي موسمونو لپاره د PM2.5 غلظت مکاني تحلیل

لاندې نقشه د ۲۰۲۴ کال د اوړي او ژمي موسمونو پر مهال د جلال آباد ښار لپاره د PM2.5 غلظت مکاني وېش ښیي. ښاري سیمې چې د PM2.5 د ککړتیا عمده سرچینه ده، د انساني فعالیتونو، ترانسپورت او صنعتي فابریکو له امله د هوا خرابوالي لامل کېږي. دا سیمې له لوړ PM2.5 غلظت سره تړلې وي.



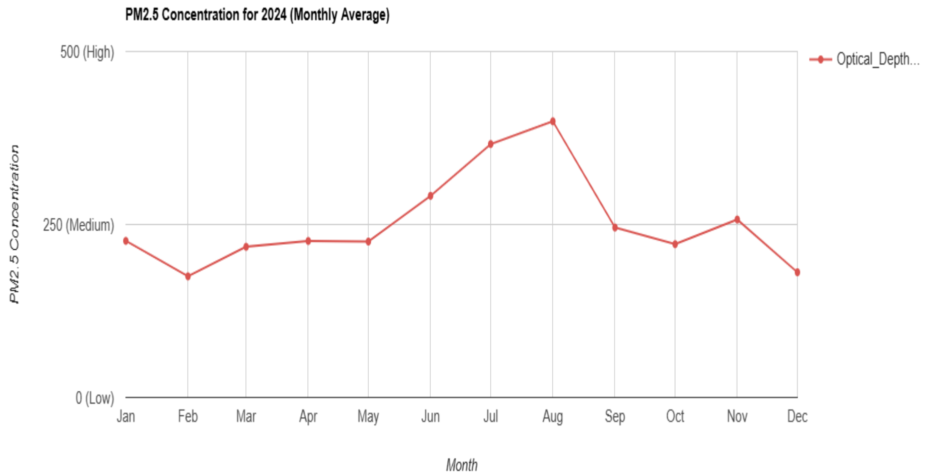
۴-انځور: د اوړي او ژمي په موسمونو کې د PM2.5 مکاني توزیع ښیي

په دغه نقشه کې د PM2.5 غلظت ښودل شوی، چې ارقام یې د اوړي په موسم کې ۲۰۰,۸۵۳µg/m³ (شين رنګه سیمې) ښودل شوي او ۲۶۵,۹۳۷µg/m³ (سور/نارنجي سيمې) ترمنځ دي. د PM2.5 تر ټولو لوړې کچې د ښار په مرکزي او جنوبي برخو کې ليدل کېږي، چې احتمالاً د لوړې تودوخې، د دوړو زيات تعليق، د موټرو د زيات سون او د فوسيلي تيلو د سوځولو له امله رامنځته شوي دي. په شمالي او ختيځو برخو کې د PM2.5 غلظت لږ دی، چې لامل يې ښايي ښه هوايي دوران، د انساني فعاليتونو کمښت يا د نباتاتو پوښښ وي، چې د ذرې موادو د راټولېدو مخه نيسي.

په پورته نقشه کې لاندې ښي اړخ د ژمي په فصل کې د PM2.5 غلظت ښيي، چې ارقام يې د µg/m³ ۱۸۴,۴۶۸ (شين رنګه سيمې) او ۲۲۴,۴۸۴µg/m³ (سور/نارنجي رنګه سيمې) تر منځ دي. د اوړي په پرتله د ژمي PM2.5 ارقام بيا يو څه ټيټ دي، خو لا هم د ښار په مرکزي او سوېل ختيځو برخو کې لوړ پاتې دي. دا الګو ښايي د ټيټې تودوخې، د تودوخې د ساتلو لپاره د سون موادو د زيات استعمال او د هوا د بندښت له امله چې ککړتيا سطحې ته نږدې ساتي رامنځته شوې وي. په شمال او شمال لوېديځو برخو کې ټيټ PM2.5 ارقام ښيي، چې هلته په دې موسم کې د هوا جريان ښه دی، چې له يادو سيمو څخه د ذراتو په انتقال کې مرسته کوي. په ورته شکل د Islam او د هغې د ملګرو د 2023 کال د څېړنې پايلې هم دا تصديق کوي، چې د PM2.5 غلظتونه د ژمي په فصل کې زيات او د دوبي په موسم کې نسبتاً کم وي او د سيمې له جغرافيوي ځانګړتياو سره تړلي دي او لامل يې د ژمي په موسم کې د زيات سون توکو مصرف ښودل کېږي. موسمي توپيرونه ښيي، چې د اتموسفير شرايط، ځمکې څخه د استفادې ډول او د ککړتيا سرچينې د هوا کيفيت پر وضعيت مستقيمه اغېزه لري. د PM2.5 لوړ غلظتونه جدي چاپېريالي او روغتيايي ستونزې رامنځته کوي، چې کولی شي د تنفسي ناروغيو، قلبي ستونزو او د هوا د کيفيت خرابوالي لامل شي. دا پايلې ټينګار کوي، چې د هوا د ککړتيا د کمولو مؤثر تدابير بايد ونيول شي لکه د دوړو کنټرول، د موټرو د ککړتيا د سختو مقرراتو پلي کول او د عامه پوهاوي لوړول.

۱. د جلال‌اباد ښار د PM2.5 غلظت زماني بدلونونه

لاندې ګراف د ۲۰۲۴ کال لپاره د جلال‌اباد ښار اړوند د PM2.5 مياشتنی اوسط غلظت ښيي، چې د هوا د ککړتيا موقتي بدلونونه څرګندوي. د X محور د جنورۍ څخه تر دسمبر پورې مياشتې ښيي، په داسې حال کې چې Y محور د PM2.5 غلظت اندازه بيانوي، چې له ټيټې (۰) څخه تر لوړ (µg/m³ ۵۰۰) پورې طبقه‌بندي شوې ده. سره کرښه د PM2.5 د بدلونونو استازيتوب کوي، چې د Optical_Depth_055 بانډ په مرسته تر لاسه شوې ده.



۵-انځور: د ۲۰۲۴ کال په اوږدو کې دPM2.5 زماني توزيع ښيي

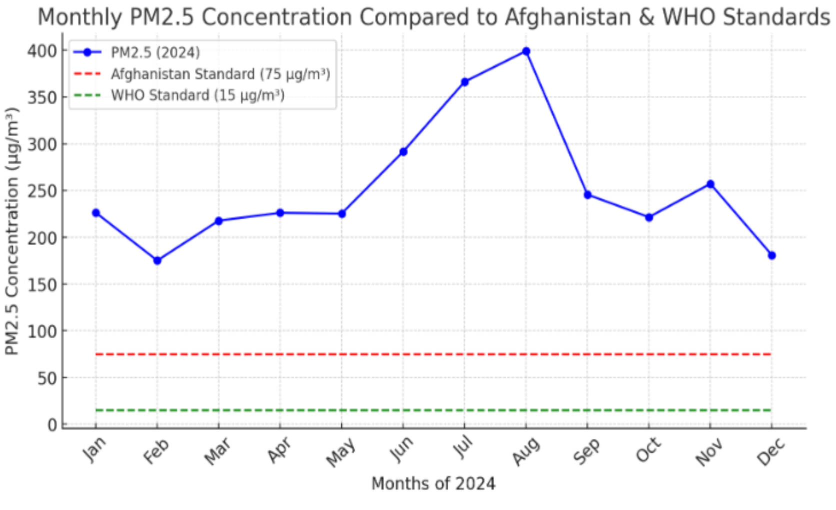
د ژمي په مياشتو (جنورۍ – فبرورۍ او نومبر – دسمبر) کې د PM2.5 غلظت په جنورۍ کې نسبتاً لوړ دی، خو په فبرورۍ کې يو څه کمېږي. ورته وضعيت د نومبر او دسمبر په مياشتو کې هم ليدل کېږي، چيرې چې ککړتيا د اوج مياشتو په پرتله کمه ده. دا حالت د ټيټې تودوخې، د حرارت درجې نوساناتو، د سون موادو زيات استعمال او د هوا جريان محدوديت له امله رامنځته شوی دی. په پسرلي او د اوړي په لومړيو مياشتو (مارچ – جون) کې د PM2.5 کچه نسبتاً ثابته پاتې شوې، خو له جون وروسته د غلظت زياتوالی ليدل کېږي. دا زياتوالی بيا د دوړو، وچ اقليم او د ترانسپورت او صنايعو د لوګيو د زياتوالي له امله دی. تر ټولو لوړ PM2.5 غلظت د جولای او اګست مياشتو کې ثبت شوی، چې دا د ککړتيا د اوج مرحله ګڼل کېږي. دا لوړوالی په ياده موده کې د دوړو طوفانونو، سختې وچکالۍ، د موټرو او صنعتونو د لوګيو او د باران د کمښت له امله رامنځته شوی، چې د هوا کيفيت ته جدي زيان رسوي او د روغتيايي اندېښنو لامل کېږي. په سپټمبر کې د PM2.5 غلظت چټک کمښت مومي، چې وروسته په اکتوبر کې تدريجي کمښت ليدل کېږي. دا حالت بيا د هوا د شرايطو بدلون، د بارانونو شتون او د هوا د جريان ښه‌والي له امله وي، چې په هوا کې معلق ککړونکي ذرات ځمکې ته راښکته کوي.

دا تحليل ښيي، چې په اوړي کې او په ځانګړي ډول د جولای او اګست په مياشتو کې اړتيا ده، چې د دوړو کنټرول ته جدي پام وشي، د موټرو د لوګيو محدوديتونه پلي شي او د عامې روغتيا محافظتي تدابير ونيول شي ترڅو د هوا د ککړتيا زيانونه راکم شي. د PM2.5 موسمي بدلونونه دا مهموي، چې د هوا کيفيت بايد په دوامداره توګه وڅارل شي او د فصلونو له مخې مناسبې پاليسۍ جوړې شي. د دې

رجحانونو په درک کولو سره، پالیسي جوړوونکي، ښاري پلان جوړوونکي او چاپېريالي اداري کولای شي د دوامداره هوا د کیفیت مدیریت لپاره مؤثرې ستراتیژۍ طرح کړي، ترڅو د PM2.5 له امله رامنځته کېدونکو روغتیایي ستونزو مخنیوی وشي.

د افغانستان او د نړیوال روغتیایي سازمان (WHO) د معیارونو سره د جلال‌اباد ښار د (PM2.5) د غلظت پرتله

د افغانستان د PM2.5 معیار د نړیوال روغتیايي سازمان (WHO) له معیارونو سره پرتله کول د هوا د ککړتیا د کنټرول او د عامې روغتیا د خطرونو ارزونې لپاره ډېر مهم دي. د دې پرتله کولو له لارې موږ پوهېدلی شو، چې آیا د جلال‌اباد په څېر ښارونه د نړیوالو روغتیایي معیارونو مطابق پاکه هوا لري، کنه. د افغانستان PM2.5معیار په ۲۴-ساعته موده کې ۷۵ µg/m³ دی، چې له دې زیات ککړتیا د تنفسي او قلبي ناروغیو لکه ساه بندۍ، د زړه حملې او سرطان د رامنځته کېدو لامل کېدای شي. د WHOد PM2.5معیار بیا په ۲۴-ساعته موده کې ۱۵ µg/m³ دی چې د نړیوالو روغتیایي معیارونو له مخې د انسان روغتیا ته منل شوی حد بلل کېږي. همدا راز، د WHO کلنی PM2.5\ معیار ۵ µg/m³ ټاکل شوی، چې له دې زیاته ککړتیا په اوږده موده کې د زړه او سږو د ناروغیو سبب ګرځي.

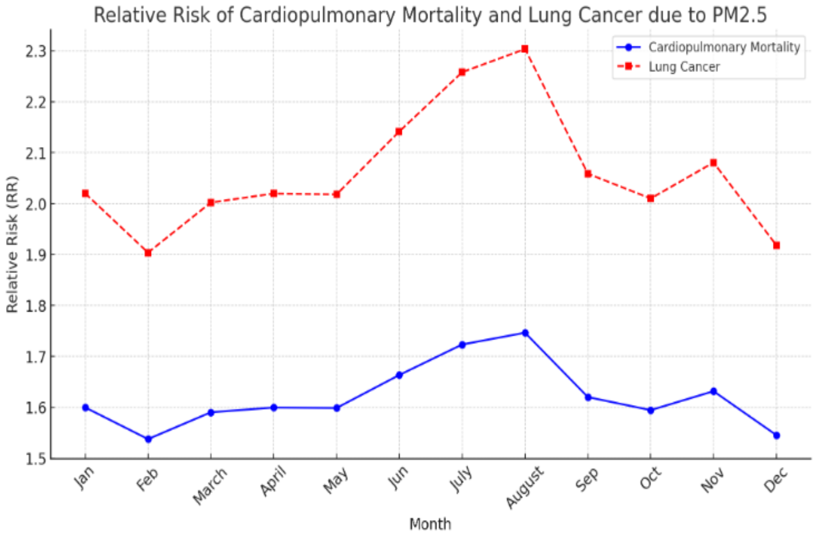


٦- انځور: د ملي او نړیوالو صحي معیارونو سره د PM2.5 غلظت مقایسه

لکه څرنګه چې له پورتني ګراف څخه هم معلومېږي، کله چې موږ دا معیارونه د جلال‌اباد د هوا له کیفیت سره پرتله کړو نو دا جوتېږي، چې د هوا ککړتیا د منل شوو حدونو څخه ډېره لوړه ده، چې د خلکو روغتیا ته جدي خطرونه پېښوي.

د نسبي خطر ارزونه

د نسبي خطر (Relative Risk - RR) ارزونه د PM2.5 ذراتو له تماس څخه د روغتیایي اغېزو د پوهېدو لپاره ډېر ارزښت لري، په ځانګړي ډول د زړه، وینې رګونو او د سږو سرطان ارزونې لپاره چې د هوا ککړونکو سره د تماس له امله رامنځته کېږي. د RR تحلیل د مختلفو فصلونو پر مهال د روغتیایي خطرونو بدلونونه روښانه کوي او دا له PM2.5 غلظت سره تړاو لري. دا معلومات د لوړې ککړتیا لرونکو دورو، لکه د اوړي میاشتو د تشخیص لپاره ډېر مهم دي، ځکه چې په دې میاشتو کې د ککړتیا کچه لوړه وي. سربېره پردې، د RR تحلیل او ارزونه د هوا د کیفیت مدیریت او د عامې روغتیا مداخلې ته زمینه برابروي.



۷- انځور: د سږو او زړه ناروغیو د خطر نسبي احتمال ښیي

د ۲۰۲۴ کال د میاشتو په اوږدو کې د دې خطر د ارزونې لپاره، یو کرښه ییز ګراف وړاندې شوی، چې د PM2.5 ککړتیا سره د تماس اغېزې ښیي. په دې ګراف کې x- محور د جنورۍ څخه تر دسمبر پورې میاشتو استازیتوب کوي او y- محور د نسبي خطر (RR) کچه څرګندوي. په ګراف کې دوه کرښې ښودل شوې، چې یوه یې شنه کرښه ده، چې د مربوطه غلظت تنفس کولو په نتیجه کې رامنځته کېدونکو د زړه او وینې رګونو ناروغیو له امله د مړینې خطر استازیتوب کوي او بله یې سور رنګه کرښه ده، چې د مربع نښو سره د سږو د سرطان خطر څرګندوي. د موسمي بدلونونو تحلیل ښیي، چې شنه کرښه د کال په اوږدو کې نسبتاً باثباته ده، خو د اوړي په میاشتو، په ځانګړي ډول جون، جولای او اګست کې یو څه لوړېږي او د ژمي په میاشتو فبروري او دسمبر کې لږ ټیټېږي. دا خطر په اګست کې خپل تر ټولو

لوړ حد ته رسېږي، چې دا د PM2.5 د زياتوالي ښكارندويي كوي. په مقابل كې، سره كرښه د كال په اوږدو كې د پام وړ بدلونونه لري، د جنورۍ په مياشت كې ۲,۰ RR ته رسېږي، په فبروري كې كمېږي، بيا په تدريجي ډول لوړېږي او په اگست كې ۲,۳ RR ته رسېږي، چې دا ښيي چې د PM2.5 لوړې كچې ته اوږدمهاله تماس د سږو سرطان خطر زياتولی شي. په ټوله كې دا گراف روښانه كوي، چې د PM2.5له امله د زړه او سږو ناروغيو نسبي خطر د اوړي په مياشتو كې زياتېږي، په ځانگړي ډول په جولای او اگست كې، كله چې د هوا ككړتيا لوړه وي. دا معلومات ثابتوي چې د PM2.5 ككړتيا په ياده سيمه کی جدي روغتيايي زيانونه لري، په ځانگړي ډول د زړه، وينې رگونو او تنفسي سېستم لپاره. له همدې امله، وړانديز كېږي، چې د لوړې ككړتيا لرونكو مياشتو پر مهال د عامې روغتيا د ساتنې لپاره د مخنيوي تدابير ونيول شي. په پای كې د RR ارزونه د پاليسۍ جوړونكو او ښاري پلان جوړوونكو ته مهم معلومات وړاندې كوي، چې اغېزمنې ستراتيژۍ رامنځته كړي، ترڅو د اوږدمهاله تماس خطرونه راكم شي. د Song او ملگرو د 2019 كال د څېړنې پايلې روښانه كړه، چې د ريموټ سينسنگ معلومات د(GIS)د تحليل سره يو ځای د هوا ككړتيا د دقيقې اندازې معلومولو لپاره مؤثره لاره ده. بل خوا د دې څېړنې له پايلو هم جوتېږي، چې جلال اباد ښار او دې ته ورته سيمو كې چېرته چې د هوا ككړوونكو د څار ځمكنی دستگاوې نه وي يا محدودې وي، لرې حس گيرۍ ميتودونه ډېر موثر دي او په ورته شكل د ككړتيا د سيمو په نښه كولو كې د (GIS) ټكنالوژي غوره وسيله ده.

پايلې

د جلال آباد ښار لپاره د PM2.5 ذراتو د مكانيـ زماني وېش، د هوا ككړتيا د موسمي بدلونونو او د روغتيايي خطرونو ارزونې پايلې څرگندوي، چې د جلال آباد ښار هوا د نړيوالو معيارونو په پرتله له جدي ككړتيا سره مخ ده او دا ستونزه د ښاري پراختيا، ترانسپورتي فعاليتونو او صنعتي فعاليتونو له امله نوره هم شديدېږي. د مكاني تحليل پايلې ښيي، چې د PM2.5 ككړتيا تر ټولو لوړه كچه د ښار په مركزي او صنعتي سيمو كې موندل شوې. د زماني تحليل پايلې ښيي، چې د هوا ككړتيا د كال په اوږدو كې د پام وړ بدلونونه لري. په اگست مياشت كې د PM2.5 غلظت تر ټولو لوړ ثبت شوی، برعكس، تر ټولو ټيټه كچه د نومبر او دسمبر مياشتو كې ثبت شوې، چې دا د هوا د شرايطو ښه والي، د بارانونو شتون او د دوړو كمښت ته اشاره كوي. د پايلو څخه جوتېږي، چې د PM2.5 كچه د ملي او نړيوال روغتيايي سازمان (WHO) د معيارونو پرتله ډېره لوړه ده، چې دا د عامې روغتيا لپاره جدي خطرونه پېښوي. د WHO د ۲۴-ساعته معيار (۱۵ µg/m³) او ملي (۷۵µg/m³) معيار سره د جلال آباد د PM2.5 اوسط پرتله كول ښيي، چې ككړتيا تر ۷۵ – ۲۷۹ µg/m³ پورې لوړه شوې، چې دا د تنفسي او قلبي

ناروغیو لپاره یو مهم ګواښ ګڼل کېږي. د اګست میاشت کې، د PM2.5 لوړه کچه د سږو سرطان او د زړه د ناروغیو د خطر زیاتوالی ښیي. د نسبي خطر (Relative Risk - RR) ارزونه هم تاییدوي، چې د لوړې ککړتیا لرونکو میاشتو پر مهال د روغتیایي ستونزو امکان زیاتیږي. د دې څېړنې پایلې د چاپېریالي پالیسۍ جوړوونکو، ښاري پلان جوړوونکو او عامې روغتیا متخصصینو ته مهم شواهد وړاندې کوي، ترڅو د هوا د ککړتیا د کمولو لپاره عملي تدابیر ونیسي او پکار ده، چې د ښاري پراختیا د اغېزو د کمولو لپاره د خاورې ساتنې پروګرامونه، د ونو کرل او د شنو ساحو پراخېدلو ته لومړیتوب ورکړي او په یاده برخه کې اغېزمن پروګرامونه په لاره واچوي، د دې تر څنګ د نوو فابریکو او صنعتونو د ځای پر ځای کولو پر مهال باید د چاپېریال اغېزو ارزونه لازمي شي، ترڅو د PM2.5 زیاتوالی مهار شي او د سکرو او ډیزلي سون توکو پر ځای دې د لمریزې، برېښنایي او ګازي انرژۍ استعمال پراخه شي، ترڅو د ککړوونکو موادو د خپرېدو کچه راټیټه شي. راتلونکې څېړنې باید په جلال آباد کې د PM2.5 غلظتونو د دقت (Accuracy) پیاوړي کولو په موخه د ځمکني دستګاوو له ارقامو څخه هم استفاده وکړي.

مننه او قدرداني

د ټولو هغو استادانو او ملګرو څخه مننه کوو، چې په هر ډول یې د دې مقالې په لیکلو او ترتیب کې مرسته کړې ده. د چاپېریالي پایښت، پېښو او طبیعي زېرمو مدیریت ملي کنفراس د رهبرۍ څخه مننه کوو، چې زمونږ مقاله یې د یاد کنفرانس لپاره انتخاب کړه. د کابل پوهنتون د طبیعي علومو د ژورنال محترمې ادارې څخه مننه کوم، چې مقاله یې د نشر لپاره ومنله. د دوی لارښوونې، ملاتړ او هڅونې د دې څېړنې د بشپړېدو له پاره ډېر مهم وو.

د لیکوالانو ونډه

سید رحمت الله سادات د څېړنې نظریې، د معلوماتو راټولول، تحلیل او د نقشو جوړولو کې ونډه اخیستې ده. شاهدالله امن د ټولې مقالې تصحیح، مواد او کړنلاره، نقشې جوړول، د مقالې لومړنۍ او وروستۍ نسخه چمتو کړې ده. سپین غر حنیفي د ادبي مرور، د معلوماتو په ترتیب او تنظیم کې ونډه اخیستې ده.

د ګټو ټکر

ټول لیکوالان دا تائیدوي، چې د دې مقالې په تړاو د لیکوالانو تر منځ هېڅ ډول د ګټو ټکر شتون نه‌لري.

مأخذونه

Ahmadzai, S. (2017). AFG: Energy supply improvement investment program (Tranche 4*). Asian Development Bank*. Link

Agrawal, G., Mohan, D., & Rahman, H. (2021). Ambient air pollution in selected small cities in India: Observed trends and future challenges. IATSS Research, 45(1), 19–30. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.09.004

Bai, H., Zheng, Z., Zhang, Y., Huang, H., & Wang, L. (2021). Comparison of satellite-based PM2.5 estimations from aerosol optical depth and top-of-atmosphere reflectance. *Aerosol and Air Quality Research*, 21(2), 200257. https://doi.org/10.4209/aaqr.200257

Butt, H. D. (2023). China's Belt and Road Initiative 2.0: A recipe for development—A case study of the CPEC. In Tidal view from Boao: Building Belt and Road in the past decade (pp. 120–135). *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-981-99-

Iqbal, A. R. (2024). Exploration of drinking water using vertical electrical sounding method in Behsud District, Nangarhar Province, Afghanistan. *Journal of Hydrogeology and Environmental Studies*, 6(1), 45–56. https://doi.org/10.5678/jhes.2024.06105

Islam, M. S., Roy, S., Tusher, T. R., Rahman, M., & Harris, R. C. (2023). Assessment of spatio-temporal variations in PM2.5 and associated long-range air mass transport and mortality in South Asia. *Remote Sensing*, 15(20), 4975. https://doi.org/10.3390/rs15204975

Kaiwaan, A., & Stanakzai, M. A. (2025). Environmental impact assessment of road construction in Afghanistan: A case study of Jalalabad city. *Eídos,* 18(25), 91–103. https://doi.org/10.5377/eidos.v18i25.15547

Pope, C. A. (2000). Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk? *Environmental Health Perspectives*, 108(S4), 713–723. https://doi.org/10.1289/ehp.00108s4713

Qiao, Y. (2015). Improving remote sensing of aerosol optical depth over land by polarimetric measurements at 1640 nm: *Airborne test in North China. Remote Sensing,* 7(5), 6240–6256. https://doi.org/10.3390/rs70506240

Safi, H. U., Behsoodi, M. M., & Shirzad, W. (2024). Eco-friendly urban design: Investigating innovative approaches and sustainable construction practices across Afghanistan's diverse climate zones. Urbana, 25(1), 1–21. https://doi.org/10.47785/urbana.2024.25101

Song, Y., Huang, B., He, Q., Chen, B., Wei, J., & Mahmood, R. (2019). Dynamic assessment of PM2.5 exposure and health risk using remote sensing and geo-spatial big data. *Environmental Pollution*, 253, 288–296. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.025

Tariq, S., Mariam, A., & Mehmood, U. (2023). Long-term spatiotemporal trends and health risk assessment of remotely sensed PM2.5 concentrations in Nigeria. *Environmental Pollution*, 324, 121382. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121382

Torabi, E., & Nogami, A. (2016, October). Environmental assessment of suspended particulate matter over the Kabul City, Afghanistan. In Proc. 44th Annual Meeting of Environmental Systems Research, *Conference of Japan Society of Civil Engineers* (pp. 211–219). Tokyo Metropolitan University, Tokyo, Japan. https://doi.org/10.11532/proce1983.44.0_211

Waseq, W. M. (2020). The impact of air pollution on human health and environment with mitigation measures to reduce air pollution in Kabul, Afghanistan. *International Journal of Healthcare Sciences*, 8(1), 12–19. Link

World Health Organization. (2000). Chapter 7.3: Particulate matter. In Air quality guidelines for Europe (pp. 186–193). WHO Regional Office for Europe. https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335

World Health Organization. (2021). Health impact assessment of air pollution: Introductory manual to AirQ+ (No. WHO/EURO: 2020-1557-41308-56210). WHO Regional Office for Europe. https://apps.who.int/iris/handle/10665/345365

Xu, D., Lin, W., Gao, J., Jiang, Y., Li, L., & Gao, F. (2022). PM2.5 exposure and health risk assessment using remote sensing data and GIS. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6154. https://doi.org/10.3390/ijerph19106154

Yang, L., Li, C., & Tang, X. (2020). The impact of PM2.5 on the host defense of respiratory system. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8, 91. https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00091

Zhang, Y., Li, Z., Bai, K., Wei, Y., Xie, Y., Zhang, Y., & Li, D. (2021). Satellite remote sensing of atmospheric particulate matter mass concentration: Advances, challenges, and perspectives. *Fundamental Research*, 1(3), 240–258. https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.05.004

Zhao, X. (2014). Remote sensing of aerosols over land using satellite data-corrected AOD from an AERONET Lidar Climate Research Facility in Howard University. *International Journal of Astrophysics and Space Science*, 2(2), 8–15. https://doi.org/10.11648/j.ijass.20140202.11