

# جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای

شماره ۴، بهار و تابستان ۸۴

- بوم شهر و آثار آن در توسعه پایدار شهرهای ساحلی -
- بررسی اثر الگوهای دورپیوند بر خشکسالیهای فراگیر زمستانه استان سیستان و بلوچستان
- کوتاه نگرشی بر ساخت و سازهای غیر مجاز در حاشیه شهر مشهد
- تأثیر نسو بر بارش ایروان
- بررسی روند احیاء مرکز شهر مشهد (۸۴-۱۳۵۷)
- بررسی تغییرات رسوب در دوره زمینی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری -
- تجارت فرامرزی، سیطره شهری و تغییر کارکرد روستایی مورد: ناحیه روستایی زاهدان
- کاربری زمین و ناپایداری سطوح مخروطه‌افکنه‌ای در دامنه‌های جنوبی بینالود -
- بررسی وضعیت اقتصادی نواحی روستایی و تأثیر آن بر مهاجرت‌های روستایی شهرستان شیروان
- نقش مدیریت دامنه‌ای در سیل‌خیزی حوضه آبریز -
- الگوی زیست جمعیت و قشربندی اجتماعی - اقتصادی در بین نیمه کوچ نشینان گیلان -
- بررسی غلظت یونهای اسیدی در بارانهای پاییزه و بهاره -



## مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر محمد رحیم رهنما

سر دبیر: دکتر سعدالله ولایتی

هیأت تحریریه:

دکتر محمدعلی احمدیان - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر فرج‌الله محمودی - استاد دانشگاه تهران
دکتر محمدرضا نروتنی - دانشیار دانشگاه شهید بهشتی	دکتر سیدحسین مطیعی لنگرودی - استاد دانشگاه تهران
دکتر جعفر جوان - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر مسعود مهدوی حاجیلویی - استاد دانشگاه تهران
دکتر کریم حسین‌زاده دلیر - دانشیار دانشگاه تبریز	دکتر تره میرحیمر - استاد دانشگاه تهران
دکتر محمدرحیم رهنما - استادیار دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر سعدالله ولایتی - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر عزت‌الله مافی - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد	

مقالات نمودار آرای نویسندگان است و به ترتیب وصول و تصویب درج می‌شود

مدیر هماهنگی: دکتر مجید پور‌عشور یاسوری

ویراستار: محمدرضا امیری

مترجم و ویراستار انگلیسی: دکتر ابراهیم خاندادی

حروفچین و صفحه‌آرا: حسین تقفندی اسراری

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

نشانی: مشهد، پردیس دانشگاه فردوسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، کد پستی ۹۱۷۷۹۴۸۸۸۳، نمبر: ۸۷۹۴۱۳۴ (۰۵۱۱)

بها: داخل کشور: ۳۰۰۰ ریال (تک‌شماره)

خارج کشور: ۲۵ دلار (آمریکا- سالانه)، ۲۰ دلار (سایر کشورها- سالانه)

شماره پروانه: ۱۳۴/۷۷۷

محمد موسوی بایگی

غلامحسین مروج

اعظم نیگارودی

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی

## بررسی غلظت یونهای اسیدی در بارانهای پاییزه و بهاره و برآورد میزان نهشت اسیدی در ناحیه مشهد

### چکیده

یکی از مسائل حادّی که جوامع شهری در دهه‌های اخیر از آن رنج می‌برند، باران اسیدی است که نتیجه ورود بیش از حد برخی از گازهای آلاینده به درون هوای این مناطق است. مشهد به عنوان بزرگترین شهر مذهبی ایران نیز از این مشکل دور نمانده است. نمونه‌های بارندگی پاییز ۱۳۸۲ و بهار ۱۳۸۳ شهر مشهد در این مقاله مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. نتایج مؤید وجود تعداد زیاد چشمه‌های آلاینده بود که باعث غلظت بالاتر از حد معمول یونهای  $\text{SO}_4^{2-}$ ،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{NO}_2^-$  و  $\text{NH}_4^+$  در باران گردید. با توجه به غلظت این یونها و میزان بارندگی متوسط سالانه در مشهد میزان نهشت اسیدی محاسبه و با مقدار آن در منطقه ولز در انگلستان مقایسه گردید. نتایج نشان داد که نهشت آلاینده‌ها در مشهد بسیار بالا بوده و لذا توجه بیشتر به امور زیست محیطی این شهر مورد تأکید قرار می‌گیرد.

### درآمد:

امروزه بحث آلودگی هوا تقریباً یک بحث عمومی است و تمامی اقشار جامعه به نوعی از آن صحبت می‌کنند و یا در فرایندهای کاری خود با آن درگیرند. از نظر علمی به شرایطی از وضع هوا که در آن غلظت مواد موجود در هوا بیش از حد متعارف باشد و روی انسان، حیوان، گیاه و یا اشیاء محیط تأثیر قابل توجهی داشته باشد، هوای آلوده یا آلودگی هوا گفته می‌شود (پارکر، ۱۹۸۴). این مواد ممکن است به صورت گاز، قطرات مایع، ذرات جامد و یا خوشه‌های یونی در هوا وجود داشته باشند (تونی دور، ۱۹۹۹).

غلظت آلاینده‌هایی که به طور مستقیم وارد جو می‌شوند (آلاینده‌های اولیه) و موادی که از آنها شکل می‌گیرند (آلاینده‌های ثانویه) تابعی از شرایط جوی و فرایندهایی است که در هنگام عبور سیستم‌های جوی اتفاق می‌افتد (بلاس، ۱۹۹۸). مهمترین آلاینده‌های موضوع بحث در پژوهش حاضر عبارت‌اند از:  $\text{NO}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{NO}_x$  و  $\text{NH}_3$  که در جریان فرایندهای جوی به یونهای سولفات، نترات و آمونیم تبدیل شده و باعث اسیدی شدن باران می‌شوند. چشمه‌های تولید این آلاینده‌ها و واکنشهای انجام شده در جو به اختصار بیان می‌گردد. چشمه اصلی دی اکسید سولفور ( $\text{SO}_2$ ) در جو، فعالیتهای انسانی، فعالیت آتش فشانها و مصرف سوخت‌های فسیلی است. راه دیگر انتقال دی اکسید سولفور به جو محصولات ثانویه‌ای است که حاصل انتشار طبیعی دی متیل سولفید (DMS)،  $\text{H}_2\text{S}$ ،  $\text{CS}_2$  و  $\text{COS}$  به درون جو است (راجر، ۱۹۹۷). دی اکسید سولفور پس از رها شدن در جو، یا در اثر گرانش مستقیماً و یا در اثر ترکیب با رطوبت جوی به صورت باران اسیدی به سطح زمین باز می‌گردد.

مهمترین اکسیدهای آلاینده نیتروژن، اکسید نیتريت ( $\text{NO}$ ) و دی اکسید نیتروژن ( $\text{NO}_2$ ) هستند که با اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}_x$ ) بیان می‌شوند. منبع اصلی  $\text{NO}_x$ ها در جو، فعالیتهای انسانی و احتراق سوختهای فسیلی از قبیل مشتقات نفتی، ذغال سنگ، گاز و سوخت هواپیماها، فعالیت باکتریها در خاک، رعد و برق، آتش سوزی جنگل‌ها، اکسیداسیون  $\text{NH}_3$ ، شارشهای استراتوسفری حاصل از اندرکش ( $\text{D}^1\text{O}$ ) با  $\text{NO}_2$  و فعالیتهای خورشیدی است (راجر، ۱۹۹۰).

تقریباً در تمامی دنیا، چشمه اصلی آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) موجود در جو، مزارع حیوانی است مگر این که در شرایط خاص چشمه‌های محلی در این مورد نقشی را ایفا کنند که خیلی نمی‌تواند قابل توجه باشد. آمونیاک پس از حل شدن در رطوبت جو به یون آمونیم تبدیل شده و موجب اسیدی شدن باران می‌شود (کارادرز و چولارتون، ۱۹۸۴).

### باران اسیدی و نهشت مرطوب<sup>۱</sup>

برای تشکیل ابر و بارندگی لازم است که هوای مرطوب سرد شود. این عمل باید در حضور ذرات جامد ریزی به نام هواویز یا آئروسول صورت گیرد. آزمایش نشان داده است که در هوای کاملاً تمیز، اگر رطوبت

نسبی حتی تا چهار صد در صد بالا برود، قطرات آب شکل نمی گیرند. (مک کلونین، ۱۹۹۵) درحالی که در یک هوای معمولی که تعداد هواویزها در واحد حجم به اندازه قابل قبولی وجود دارد، اگر رطوبت نسبی از صد درصد نیز کمتر باشد، قطر کهای ابر شکل می گیرند؛ بنابراین برای تشکیل ابر وجود هواویزها ضروری اند. هواویزها ممکن است به صورت خوشه‌هایی از یون، ذرات گرد و غبار، خاکستر و یا سایر مواد طبیعی و یا غیر طبیعی باشند. از جمله موادی که به صورت طبیعی وارد جو می شوند می توان از  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و  $\text{Mg}^{2+}$  نام برد. منشأ موادی که به صورت مصنوعی یا غیر طبیعی در جو وارد می شوند معمولاً ناشی از سوخت مواد فسیلی در نیروگاه‌های برق و خودروها بوده که از آن جمله می توان یونهای  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_3^-$  را نام برد. البته بخشی از  $\text{SO}_2$  موجود در جو نتیجه تبخیر آب دریاها و اقیانوسهاست. این مواد در آب اقیانوسها به صورت محلول وجود دارد و تبخیر آب باعث رها شدن این گازها به داخل جو می شود (گزارش چهارم گروه بارانهای اسیدی انگلستان، ۱۹۹۷). ابرهایی که حامل این یونها هستند، اسیدی بوده و بارانهایی که از این ابرها می بارند با عنوان باران اسیدی<sup>۲</sup> شناخته می شوند.

اولین بار رابرت انگوس - اسمیت واژه باران اسیدی را به کار برد. وی در سال ۱۸۵۲ در مراسمی که در دانشکده ادبیات و علوم اجتماعی منچستر برگزار گردید، هنگام سخنرانی در مورد بارانهایی که در دوران انقلاب صنعتی در منچستر باریده بود، از واژه باران اسیدی استفاده نمود (تونی دور، ۱۹۹۰). اسمیت فعالیت‌های کارخانه‌ای و استفاده از سوخت ذغال سنگ را عامل اصلی ورود مقدار متناهی اسید کلریدریک به داخل جو و اسیدی شدن باران دانست.

قدرت اسیدی مواد محلول در آب، معمولاً بر حسب PH (لگاریتم منفی غلظت یونهای هیدروژن) اندازه گیری می شود. بر این اساس اگر PH محلول کمتر از ۷/۰ باشد، محلول اسیدی و اگر بزرگتر از ۷/۰ باشد به آن قلیایی گفته می شود. معمولاً PH بارانهای غیر اسیدی بین ۵/۰ و ۵/۶ است؛ یعنی بارانهای معمولی به خودی خود کمی اسیدی هستند، دلیل آن حل شدن  $\text{CO}_2$  موجود در جو در آب باران و تولید اسید کربنیک است. با ورود  $\text{SO}_4$  و  $\text{NO}_3$  به داخل جو و حل شدن آن در آب باران اسید سولفوریک و اسید نیتریک حاصل می شود و قدرت اسیدی باران افزایش می یابد. البته گاهی اوقات بخشی از این اسیدها در حضور قلیاهایی مانند  $\text{Mg}^{2+}$  و  $\text{Ca}^{2+}$  که تمایل به افزایش PH را دارند خنثی می شوند.

در حقیقت بارانها وقتی اسیدی تلقی می‌شوند که PH آن‌ها از ۵/۶ کمتر باشد و چنانچه مقدار PH از ۴/۶ کمتر شود باران اسیدی به شدت خطرناک خواهد بود. بارش باران اسیدی روی زمین از آنجا که خاکها معمولاً قلیایی هستند، بخشی از اسید موجود در باران خنثی می‌شود و به این ترتیب کمی از قدرت تخریب اسیدی آن کاسته خواهد شد. اما در مناطقی که خاکها قلیایی نبوده و یا ضخامت لایه قلیایی خاک کم باشد، در نتیجه ریزش باران اسیدی، خاک خاصیت خود را از دست می‌دهد و گیاهان در چنین خاکی قادر به ادامه حیات نخواهند بود. همچنین رواناب موجود در چنین مناطقی از قدرت اسیدی بالایی برخوردار بوده و با ورود به تالابها و دریاچه‌ها ممکن است حیات موجودات آبی را به خطر بیاندازد. بارانهای اسیدی قبل از آن که به سطح زمین برسند از قدرت تخریبی زیادی برخوردار بوده و می‌توانند به مناطق با پوشش گیاهی مانند جنگل‌ها و مزارع خسارات زیادی وارد نمایند. در مناطق شهری نیز گاهی تأثیر بارانهای اسیدی بر نمای ساختمانها و سایر مواد قابل توجه است.

با در دست داشتن مقدار متوسط غلظت یونهای مختلف در بارندگیها و نیز میانگین بارندگی سالانه می‌توان با استفاده از رابطه زیر مقدار نهشت اسیدی مرطوب را محاسبه نمود.

$$D_M (\text{g M m}^{-2}) = [M] (\text{mg l}^{-1}) \times \text{Rainfall} (\text{mm}) \times 10^{-3}$$

در این رابطه  $D_M$  مقدار نهشت یون مورد نظر و  $[M]$  غلظت آن یون است. مثلاً اگر غلظت اسید سولفوریک در طول سال ۸۰ میلی گرم در لیتر و بارندگی سالانه ۴۰۰ میلی متر باشد، مقدار نهشت مرطوب اسید سولفوریک برابر خواهد بود با:

$$D_{\text{SO}_4} (\text{g M m}^{-2}) = [800] (\text{mg l}^{-1}) \times 400 (\text{mm}) \times 10^{-3} = 320 \text{ gm}^{-2} = 320 \text{ kg ha}^{-1}$$

### نهشت خشک<sup>۲</sup>

در فرایند نهشت خشک ذرات آلاینده اسیدی کننده مانند  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_x$ ها، به‌طور مستقیم و تحت تأثیر نیروی گرانش بر سطح زمین فرود می‌آیند. در این حالت اگر سطح مرطوب باشد، فرآیند تشکیل اسید مانند ردون ابر انجام شده و اسید شکل می‌گیرد. نقش نهشت خشک بیشتر در مورد ساختمانها و سایر وسایل در مناطق شهری اهمیت دارد. دی‌اکسید سولفور می‌تواند در حضور رطوبت جوئی با آهک موجود در ساختمانها

ترکیب شده و سولفات کلسیم تولید نماید. این نوع سولفات پس از حل شدن در آب می‌تواند موجبات آسیب به بناها، پیکره‌های مرمری، نقاشیها و افت کیفیت منسوجات، وسایل چرمی و کاغذی را فراهم کند (هیل و چولارتون، ۱۹۸۷).

### اهداف

از آنجا که شهر مشهد یکی از آلوده‌ترین شهرهای کشور به حساب می‌آید و معمولاً چشمه‌های آلودگی در این شهر معمولاً چشمه‌های مصنوعی است، به منظور برآورد غلظت آلاینده‌های اسیدی کتنده بارانهای پاییز و بهاره شهر مشهد این پژوهش صورت گرفته است. هدف دیگر این تحقیق محاسبه مقدار نهشت اسیدی حاصل از بارانهای اسیدی بوده است که می‌تواند شاخص خوبی برای برنامه ریزان محیط زیست باشد. در پایان، نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق مشابهی که در یکی از آلوده‌ترین نقاط اروپا از این نظر، یعنی منطقه شمالی ولز در بریتانیا به عمل در آمده است، مقایسه گردید تا وضعیت و میزان آلودگی مشهد در مقایسه با یک شاخص معلوم مشخص شود.

### مواد و روشها

پنج نقطه در سطح شهر مشهد انتخاب و باران سنج‌های تجمعی خاصی در این نقاط نصب گردید. این نقاط که با عنوان ایستگاههای ۱ تا ۵ نامگذاری شدند، طوری انتخاب شدند که حتی الامکان در سطح شهر گسترده بوده و در نزدیکی نقاطی با شرایط ویژه قرار نداشته باشند. یعنی سعی شده است که ایستگاهها در مناطقی که معرف شرایط عمومی شهر باشد، نصب گردند.

در دوره‌های سه ماهه پاییز سال ۱۳۸۲ و بهار سال ۱۳۸۳ از بارانهای مختلف نمونه برداری گردید. از بین نمونه‌های جمع آوری شده آنهایی که دارای ویژگیهای خاص بودند، برای بررسیهای بعدی انتخاب گردیدند. این ویژگیها عبارت بودند از: الف) مدت بارندگی کمتر از ۶ ساعت و بیشتر از ۲۴ ساعت نباشد. ب) حداقل ۲۴ ساعت قبل از بارندگی، بارندگی دیگری وجود نداشته است. پ) در قبل و یا در حین بارندگی، توفان و گرد و خاک غیر طبیعی وجود نداشته است. ت) بارندگی فقط به صورت باران بوده و سایر انواع بارندگی وجود نداشته است.

بارندگی‌های کمتر از ۶ ساعت از حجم قابل توجهی برخوردار نبوده و نمونه‌های برداشتی قابلیت تجزیه شیمیایی را نداشته‌اند. نمونه‌هایی که مدت بارندگی آنها بیش از ۲۴ ساعت بوده، اگرچه تعدادشان اندک بوده است ولی چون بیم آن می‌رفت که به لحاظ غلظت کم نتواند معرف شرایط عمومی وضع هوا باشند، حذف گردیدند.

نمونه‌های باران جمع آوری شده، پس از انتقال به ظروف پلاستیکی مخصوص و کاملاً تمیز تا هنگام تجزیه شیمیایی در یخچال نگهداری شدند. پس از هر بارندگی نمونه‌های به دست آمده از هر ایستگاه به تفکیک در آزمایشگاه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته و غلظت یونهای مختلف و PH آنها تعیین گردید. جداول شماره ۱ و ۲ این مقادیر را در دو فصل پاییز و بهار نشان می‌دهد.

جدول (۱) میانگین غلظت یونهای مختلف در هر ایستگاه و در کل شهر مشهد بر حسب (mg/l) در طول فصل پاییز

ایستگاه	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub>	pH
۱	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۲	۰/۸۸	۰/۲۹	۰/۳۷	۳/۴۵	۹/۱۳۵	۴/۸
۲	۰/۱۶	۰/۵۳	۰/۲۱	۰/۹۴	۰/۱۶۸	۰/۲۱	۲/۵۳۵	۷/۶۰۵	۴/۸
۳	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۱۳	۰/۵۸	۰/۱۸۵	۰/۲۴	۲/۵۸۵	۷/۷۵۵	۴/۰۴
۴	۰/۱۷	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۹۷	۰/۳۰	۰/۳۹	۴/۶۷۴	۱۴/۰۲	۵/۲۲
۵	۰/۱۵	۰/۴۸	۰/۱۹۳	۰/۸۵	۰/۱۹	۰/۲۵	۱/۶۷۰	۵/۰۱	۵/۱۴
متوسط شهر مشهد	۰/۱۵	۰/۵۰	۰/۱۹۸	۰/۴۶	۰/۲۲۸	۰/۲۹	۲/۹	۸/۷	۴/۸۲

## نتایج و بحث

میانگین غلظت یونهای مختلف و PH باران در هر ایستگاه و میانگین آنها در کل شهر مشهد در فصلهای پاییز و بهار در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

نتایج نشان داد که غلظت یونهای اسیدی در ده مورد بارندگی شهر مشهد بالا بوده و PH این بارندگیها نیز عملاً از ۵/۶ یعنی آستانه PH در بارانهای معمولی کمتر است. به عبارتی دیگر بارانهای شهر مشهد با خصوصیات بالا مقداری اسیدی هستند. تفاوت در مقدار PH در بارانهای مختلف در ارتباط با میزان آلایندهها



در جو می باشد. وقتی که زمان دو بارندگی نسبت به هم نزدیک است، معمولاً بارندگی اولی آلوده تر و بارندگی دوم کمی تمیزتر است. در چنین شرایطی بارندگی اول باعث شستشوی جو شده و آلاینده ها را در حد وسیعی از جو می زداید. در مقایسه مقاطع مختلفی از یک بارندگی مشاهده گردیده که در اوایل بارندگی PH قطرات آب باران کمتر از مقدار آن در لحظات پایانی بارندگی است، به عبارت دیگر بارندگیها در ابتدا اسیدی تر هستند.

جدول (۲) میانگین غلظت یونهای مختلف در هر ایستگاه و در کل شهر مشهد بر حسب (mg/l) در طول فصل بهار

ایستگاه	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub>	PH
۱	۰/۰۷۵	۰/۲۵	۰/۱۲۶	۰/۵۵۸	۰/۱۷۲	۰/۲۲	۲/۰۷	۶/۲۱	۵/۶
۲	۰/۱۸۲	۰/۶۰	۰/۲۴۶	۱/۰۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۳/۵۰	۹/۱۵	۴/۸
۳	۰/۲۵	۰/۸۲	۰/۱۱۴	۰/۵۰۴	۰/۱۴۳	۰/۱۸	۳/۰۳	۹/۰۹	۴/۸
۴	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۴۸۰	۰/۲۱۲	۰/۱۰	۰/۱۳	۱/۰	۳/۰	۵/۲
۵	۰/۱۸	۰/۵۸	۰/۳۸۲	۱/۶۹	۰/۱۳۷	۰/۱۷۶	۵/۲۵	۱۵/۸۱	۴/۹۵
متوسط شهر مشهد	۰/۱۴	۰/۴۷	۰/۱۸۲	۰/۸۰	۰/۱۴۲	۰/۱۸	۲/۸۸	۸/۶۵	۵/۱

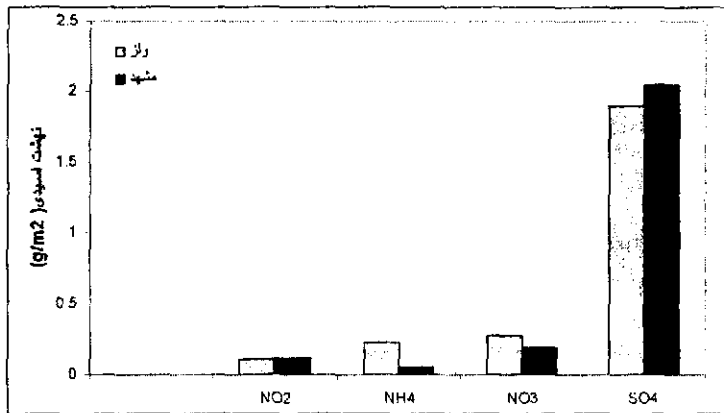
جدول شماره (۳) مقدار متوسط نهشت اسیدی مرطوب یونهای مختلف

	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
غلظت پاییز	۰/۴۹۹	۰/۲۹۳	۰/۸۴۶	۸/۷۰۵
غلظت بهار	۰/۴۷۲	۰/۱۸۳	۰/۸۱۰	۸/۶۵
متوسط غلظت	۰/۴۸۶	۰/۲۳۸	۰/۸۲۸	۸/۶۷۶
مقدار نهشت (Kg/ha)	۱/۱۵	۰/۵۶	۱/۹۶	۲۰/۵۶

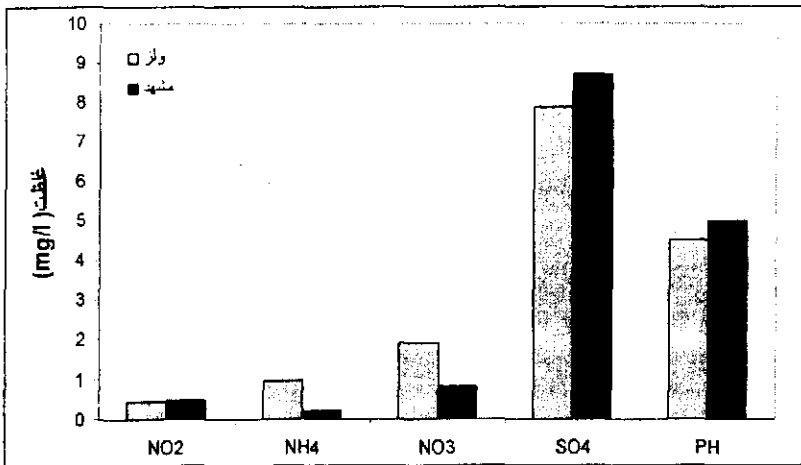
مقدار متوسط بارندگی سالانه در سالهای اخیر در حدود ۲۳۷ میلی متر در سال است (سازمان آب منطقه ای خراسان، ۱۳۸۲). با توجه به متوسط بارندگی و غلظت یونهای موجود در نمونه های باران مقدار نهشت یونهای مختلف در اثر ریزشهای جوی (نهشت مرطوب) محاسبه گردید. جدول شماره ۳ مقدار متوسط نهشت اسیدی

مرطوب یونهای مختلف را نشان می‌دهد. به طور متوسط در هر سال، صرفاً از طریق بارندگی مقدار ۲۰/۵ کیلوگرم اسید سولفوریک بر هر هکتار از سطح شهر مشهد فرود می‌آید که مقدار قابل توجهی است. نهشت اسیدی ناشی از بارش باران، به طور متوسط مقدار ۲۴/۲۳ کیلوگرم اسید را بر هر هکتار از مساحت شهر مشهد فرود می‌آورد. اگر به این مسأله توجه کنیم که اگر باران به صورت برف باشد، از آنجا که ضریب شستشوی مرطوب برف به مراتب از باران بیشتر است، مقدار بیشتری اسید را با خود به سطح زمین می‌آورد، آنگاه متوجه می‌شویم که در طول سال چه حجمی از اسیدهای مخرب بر دشت مشهد می‌بارد. همچنین باید به این مطلب نیز توجه داشته باشیم که مقدار زیادی اسید نیز به صورت خشک بر زمین فرود می‌آید.

با توجه به این که متأسفانه در ایران بر آورد درستی از نهشت اسیدی در نقاط مختلف وجود ندارد و یا بهتر بگوییم در این زمینه اصلاً کاری صورت نگرفته است، به‌اجبار مقدار نهشت اسیدی مرطوب را با نتایج مشابهی که در منطقه<sup>۴</sup> در ولز بریتانیا صورت گرفته است، مقایسه می‌کنیم. این منطقه در جنوب غربی انگلستان واقع شده است و شدت بارانهای اسیدی در این منطقه به اندازه‌ای است که میزان اسید فرودی بر آن تنها در اثر نهشت اسیدی مرطوب از آستانه بحرانی آن به شدت فراتر رفته است (موسوی، ۲۰۰۱) دلیل آن وجود مزارع حیوانی بسیار در این ناحیه است که می‌تواند منبع تولید یونهای مختلف باشد. نمودار شماره ۲۰۱ به ترتیب غلظت یونهای مختلف و مقدار نهشت اسیدی متوسط سالانه را در مشهد و منطقه ولز نشان می‌دهد.



نمودار ۱. مقایسه میانگین غلظت یونها و مقدار pH در مشهد و منطقه ولز بریتانیا



نمودار ۲. مقایسه میانگین نهشت اسیدی در مشهد و منطقه ولز بریتانیا

نتایج نشان داد که آلودگی یونی بارانهای شهر مشهد، تقریباً شبیه آلودگی یونی منطقه ولز است. حتی در مورد اسید سولفوریک این آلودگی بیش از مقدار آن در ولز می باشد. با توجه به این که آلودگی منطقه ولز از حد بحرانی آن بیشتر است، به نظر می رسد که آلودگی یونی در شهر مشهد نیز بسیار بالاتر از حدود استاندارد باشد. متأسفانه تا کنون در مشهد حد آستانه‌ای برای پذیرش اسید در واحد سطح تعریف نشده و دقیقاً نمی توانیم در مورد اثرات مخرب نهشت اسید بر آب، خاک، گیاهان و ساختمانها و میزان خطرناک بودن آن سخنی بگویم ولی نبود اطلاعات دلیلی بر سهل انگاری نیست و نهادهای مسؤول اعم از شهرداری و یا سازمان حفاظت محیط زیست بایستی در این مورد چاره اندیشی کنند.

### قدردانی و سپاس

نویسندگان مقاله از دانشکده کشاورزی و معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام این تحقیق تشکر می نمایند.

## فهرست منابع و مآخذ

- ۱- سازمان آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲، گزارش مربوط به وضعیت نزولات جزی در استان خراسان
- 2- Blas. M. Dore, A.J and Sobik, M, 1998, *Distribution of precipitation and wet deposition around an island mountain in South-west Poland. Q.J.R. Met. Soc.*, 125, 253-270
- 3- Carruthers, D.J. and Choularton, T.W, 1984, *Acid deposition in rain over hills. Atmos. Environ.* 18, 1905-1908
- 4- Dore A.J, 1990, Ph.D. Thesis, *University of Manchester Institute of Science and Technology*
- 5- Dore, A.J, Sobik, M And Migala, K, 1999, *Pattern of precipitaion and pollutaion in the western Sudete mountains, Poland. Atmospheric Environment*, 33, 3301-3312
- 6- Hill, F.F., Choulartin, T.W, K.A. and Penkett, S.A, 1986, *A model of sulphate deposition in a cap cloud and subsequent turbulent deposition onto the hill surface, Atmos.Env.*, 20, 1763-1771
- 7- Jeremy Colls, 2002, *Air pollution*, Spon Press
- 8- Mousavi-Baygi, Mohammad, 2001, Ph.D Thesis, *University of Manchester , institute of science and technology*
- 9- Parker C. Reist, 1984, *introduction to aerosol science* , Macmillan publishing company
- 10- Review Group on Acid Rain 1997 *Acid Deposition in the United Kingdom fourth Report 1992-1994*
- 11- Rogers, R.R, 1996, *A Short Course in Cloud Physics*, Pergamon Press



**Journal of Geography and  
Regional Development**

Number 4, Spring & Summer 2005

**License Holder**

Ferdowsi University of Mashhad

**Editor-in-Chief**

Dr.S. Velayati

**Editorial Board**

**Dr.M.Ahmadiyan**

Ferdowsi University, Mashhad

**Dr.M.R.Thervati**

Shahid Beheshti University, Tehran

**Dr.J.Javan**

Ferdowsi University, Mashhad

**Dr.K.Hoseinzade Dalir**

Tabriz University, Tabriz

**Dr.M.R.Rahnama**

Ferdowsi University, Mashhad

**Dr.E.Mafi**

Ferdowsi University, Mashhad

**Dr.F.Mahmoodi**

Tehran University, Tehran

**Dr.S.H.Motiee Langroodi**

Tehran University, Tehran

**Dr.M. Mahdavi Hajilooi**

Tehran University, Tehran

**Dr.D.Mirheydar**

Tehran University, Tehran

**Dr.S. Velayati**

Mashhad University, Mashhad

**Abstracts Translation:**

Dr. E. Khodadady

**Proofreading:**

M.R.Amiri

**Typesetting:**

H.Tafaghodi Asrari

**Printing & Binding:**

Ferdowsi University Press

**Circulation:** 500

**Price:** 3000 Rials

**Subscription:**

25 US\$ (USA)

20 US\$ (other)

**Address:**

Faculty of Letters & Humanities

Ferdowsi University Campus

Azadi Sq.

Mashhad-Iran

**Post code:**

9177948883

**Tel:** (+98 511) 8796829-32

**Fax:** (+98 511) 8794144

**E-mail:**

[JRD@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:JRD@ferdowsi.um.ac.ir)

# Journal of Geography and Regional Development

No. 4, Spring & Summer 2005

- Ecocity and its Effect on Sustainable Development of Coastal Cities: A Case study of the Coastal City of Babolsar
- A Survey on the Impacts of Teleconnection Patterns on the Widespread Winter Droughts of the Sistan and Baluchestan Province
- A Brief Survey of Illegal Construction in the Suburbs of Mashhad City
- The Effect of ENSO on Precipitation in Iran
- A Survey of Survival Trend in the Center of Mashhad from 1357 (1979) to 1384 (2006)
- An Investigation of Sediment Yield Variations after and before Watershed Management Practices over Time: Anbarachaynamin Catchment Case
- Border Exchange, Urban Domination, and Change of Rural Function: ahedan Rural Area Case
- Soil Use and Instability of Conical Sediment Levels at the Southern Flanks of Binalood: The Case of Neyshabour
- A Survey of Economic Conditions in Rural Areas and Its Impact on the Immigration of Villagers in Shirvan
- The Role of Slope Management in Flooding of Drainage Basin: A Case Study of Masouleh Flood in 1998
- Asalem of Talesh Case Study
- Assessment of Acid Concentration in Spring and Autumn Rainfalls in Mashhad Area