



استانداری اصفهان

اداره کل مدیریت بحران



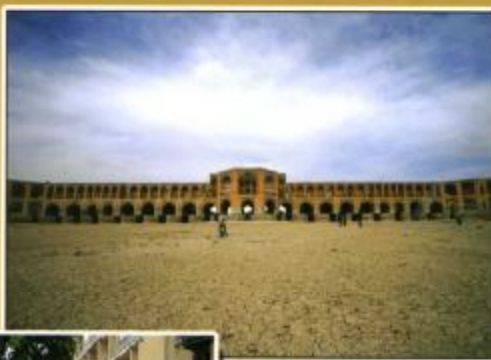
اداره کل هواشناسی استان اصفهان



دانشگاه صنعتی اصفهان

پژوهشکده آب و فاضلاب

مخاطرات جوی و مدیریت بحران



پیدا آور:
اداره کل مدیریت بحران استانداری اصفهان

سرشناسه	استانداری اصفهان - اداره کل مدیریت بحران
عنوان و نام پدیدآور	مخاطرات جوی و مدیریت بحران / پدیدآور: اداره کل مدیریت بحران استانداری اصفهان
مشخصات نشر	اصفهان: ارکان دانش، ۱۳۹۱
مشخصات ظاهری	۳۸۴ ص: مسمور، جدول، نمودار
شابک	978-600-5442-99-1
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه: ص: ۳۵۳-۳۶۷
موضوع	بلاهای طبیعی - ایران - اصفهان (استان)
موضوع	بلاهای طبیعی - ایران - اصفهان (استان) - پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع	مدیریت بحران - ایران - اصفهان (استان)
ردیفی کنگره	۱۳۹۱ م ۵ الف ۱۱/۷۸/GB5۰
ردیفی دیوبی	۳۴۲/۳۴-۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۲۷۲۷۶۵۸



« انتشارات ارکان دانش ناشر برگزیده سال ۱۳۸۷ استان اصفهان »
 و ناشر برگزیده نگاه ماهی کتاب تهران در سال ۱۳۸۹

انتشارات ارکان دانش

نام کتاب	مخاطرات جوی و مدیریت بحران
پدیدآور	اداره کل مدیریت بحران استانداری اصفهان
ناشر	انتشارات ارکان دانش
چاپ اول	تأیستان ۱۳۹۱
شمارگان	۱۰۰۰ جلد
ویراستار	دکتر ویکتوریا عزتیان
تهیه و تدوین	لیلا امینی، اعظم باقری، اکرم پرند، نوید حاج بابایی، حسن خدابخش، مهدی صالحی، محمدحسین گل محمدی، عبدالحسین محمودزاده، سیدمسعود مصطفوی دارانی، مهرداد نصر اصفهانی
مدیر تولید	نسرین مختاری
ناایپ	اکرم اکبری
تنظیم و صفحه‌آرایی	انتشارات ارکان دانش
طراحی جلد	کانون آگهی و تبلیغات نقشینه
لایترگرافی	ثامن
چاپ متن	پارسا
چاپ جلد	کنکاش
صحافی	پیمان گستر
قطع و شمارش صفحات	۳۸۴ صفحه (وزیری)
قیمت	۹۸۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۴۲-۹۹-۱	ISBN: 978-600-5442-99-1

اصفهان: خیابان شیخ بهایی، چهارراه سرتیپ، گوی شهید مهرداد انصاری (سرتیپ)، نرسیده به طالقانی، پلاک ۹۲.
 تلفن: ۲۳۴۱۳۳۹، ۲۳۵۶۸۵۹. نمابر: ۲۳۴۱۳۳۹. مرکز فروش: ۲۳۵۶۸۵۸. صندوق پستی: ۸۱۶۵۵-۳۳۱

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای پدیدآور محفوظ است.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَّامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنْ مَنْ يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ

(نور آیه 43)

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
1..... مقدمه	
2..... موقعیت جغرافیایی استان اصفهان	
3..... سیمای طبیعی استان اصفهان	
4..... توپوگرافی استان اصفهان	
..... مهمترین رودخانه‌های استان اصفهان	
..... آب‌های زیر زمینی استان اصفهان	
..... طبقه بندی تیپ‌های مختلف اراضی در سطح استان	
..... پوشش گیاهی استان	
..... بررسی توده‌های هوای تاثیر گذار بر استان اصفهان	
..... آب و هوای استان اصفهان	

بخش اول : مقدمه ای بر مخاطرات طبیعی

مقدمه.....

1-1. مخاطره و احتمال خطر.....

2-1. مخاطرات محیطی.....

3-1. گونه شناسی خطر و سانحه.....

4-1. برنامه ریزی مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه.....

5-1. الگوی مدیریت جامع بحران.....

6-1. برنامه‌های پیشنهادی جهت اقدامات اساسی در فرآیند مدیریت ریسک و بحران.....

7-1. پشربینه‌های هواشناسی و نقش آنها در کاهش خسارات بلایای طبیعی.....

بخش دوم: درک و تعریف خشکسالی

مقدمه.....

2-1. تعریف خشکسالی.....

2-2. پیامد اثرات خشکسالی.....

3-2. نمایه های خشکسالی.....

4-2. شاخص های خشکسالی.....

2-4-1. شاخص خشکسالی بالمر.....

- 5-2. ارزیابی خشکسالی به شکل محلی.....
- 6-2. ویژگی‌های فضایی و زمانی خشکسالی.....
- 1-6-2. ویژگی‌های مناطق خشک.....
- 2-6-2. تقسیم بندی مناطق خشک.....
- 3-6-2. ویژگی‌های زیستی گیاهان و جانوران در مناطق خشک.....
- 7-2. روش‌های مطالعه خشکسالی.....
- 1-7-2. گزارش شدت و وسعت خشکسالی.....
- 8-2. ملاحظات خشکسالی در رابطه با ایران.....
- 1-8-2. پایش خشکسالی در استان اصفهان.....
- 9-2. مقابله با خشکسالی‌های کشاورزی.....
- 10-2. کاربرد سنجش از دور در مطالعات بلایای اقلیمی.....
- 11-2. نوسانات آب و هوایی و بیابان زایی.....
- 12-2. تغییر اقلیم و خشکسالی.....

بخش سوم : سیلاب

- مقدمه
- 1-3. علل وقوع سیل.....
- 2-3. مناطق سیل خیز.....
- 3-3. راههای تعدیل خسارات سیل.....
- 4-3. بررسی کلی سامانه‌های همدیدی (چرخندها و واچرخندها) و تأثیر آنها بر روی ایران.....
- 1-4-3. بررسی سامانه‌های همدیدی در عرض‌های میانی در چهار فصل.....
- 2-4-3. فراوانی سالانه مراکز چرخندی در عرض‌های میانی.....
- 5-3. سامانه‌های جوی با بارش‌های سیل آسا در ایران.....
- 1-5-3. بررسی همدیدی منشاء بارش‌های ایران.....
- 6-3. بررسی سامانه‌های مؤثر بر روی استان اصفهان.....
- 1-6-3. علل اقلیمی وقوع سیل در مناطق مرکزی و استان اصفهان.....
- 2-6-3. ویژگی‌های سیل کاشان.....
- 7-3. نیاز به سامانه‌های هشدار سیل.....
- 8-3. نتیجه گیری و پیشنهادات.....

بخش چهارم: مخاطرات بیوفیزیک، دماهای حدی و بیماری های واگیردار

.....	مقدمه
.....	1-4. دماهای اصلی
.....	2-4. وارونگی دمایی
.....	3-4. انواع یخبندان
.....	1-3-4. پیش بینی یخبندان
.....	2-3-4. عملیات حفاظتی بعد از وقوع یخبندان
.....	3-3-4. آسیب یخبندان به گیاهان
.....	4-3-4. کنترل خسارت ناشی از یخبندان
.....	4-4. سرمازدگی
.....	5-4. نقش آب و هوا
.....	6-4. آب و هوا و انگل های جانوری
.....	7-4. برخی از حشرات مهم آفات زراعی

بخش پنجم: توفان و مخاطرات آن

.....	مقدمه
.....	1-5. شرایط ایجاد توفان
.....	2-5. مشخصه های توفان تندی
.....	3-5. توفان و دیوباد (تورنادو)
.....	1-3-5. گرد و خاک
.....	4-5. شرایط استان اصفهان در ارتباط با توفان
.....	5-5. راهکارهای کاهش خسارات ناشی از توفان و گرد و خاک
.....	6-5. تعریف رعد و برق (صاعقه)
.....	1-6-5. تشکیل رعد و برق
.....	2-6-5. توفان رعد و برق
.....	3-6-5. انواع رعد و برق
.....	4-6-5. فواید رعد و برق
.....	5-6-5. اقدامات قبل از وقوع رعد و برق
.....	6-6-5. اقدامات حین وقوع رعد و برق
.....	7-6-5. اقدامات بعد از وقوع رعد و برق
.....	8-6-5. رعد و برق در استان اصفهان
.....	9-6-5. رعد و برق اسرارآمیز

- 7-5. صاعقه.....
- 1-7-5. صاعقه در چه فصلی از سال بیشتر رخ می‌دهد؟.....
- 2-7-5. برخورد با صاعقه و خطرات آن.....
- 3-7-5. راهکارهای مربوط به کاهش خسارات ناشی از صاعقه.....
- 8-5. بارش شدید و سیل.....
- 9-5. توربولانس.....

بخش ششم: مخاطرات آلودگی هوا

- مقدمه
- 1-6. آلاینده‌های جوی.....
- 2-6. اعمال استانداردها.....
- 3-6. استانداردهای کیفیت هوا در ایران.....
- 4-6. اطلاعات هواشناسی.....
- 5-6. تاثیر پدیده‌های هواشناسی بر کیفیت هوا.....
- 6-6. تاثیر کیفیت هوا بر پدیده‌های جوی.....
- 7-6. نقش ساخت و سازها در کیفیت هوای شهر اصفهان.....
- 8-6. نقش حمل و نقل در کیفیت هوای شهر اصفهان.....
- 9-6. نقش صنایع در آلودگی هوای شهر اصفهان.....
- 10-6. نقش الگوی مصرف سوخت در آلودگی هوای شهر اصفهان.....
- 11-6. آلودگی هوا ناشی از مصرف منابع انرژی.....

بخش هفتم: سایر مخاطرات جوی

- مقدمه
- 1-7. مه.....
- 1-1-7. ارتباط مه با دید افقی.....
- 2-1-7. برهمکنش‌های مه و هواویزها.....
- 3-1-7. مه دود.....
- 4-1-7. شکل‌گیری انواع مه.....
- 5-1-7. از بین رفتن مه.....
- 2-7. تگرگ.....
- 1-2-7. علل ایجاد تگرگ.....
- 2-2-7. انواع تگرگ.....
- 3-2-7. ویژگی‌های تگرگ.....

- 4-2-7. چگونگی تشکیل تگرگ و تگرگچه.....
- 5-2-7. مراحل شکل گیری ابر و بارش باران و تگرگ.....
- 6-2-7. خسارات طوفان، تگرگ و رعد و برق بر بخش کشاورزی.....
- 7-2-7. آیا گرد و خاک و آلاینده‌های کارخانه‌ها موجب تگرگ می‌شوند؟.....
- 8-2-7. راه‌های مقابله با تگرگ.....
- 9-2-7. مطالعه تگرگ در مقیاس متوسط.....
- 3-7. آشفته‌گی حاره‌ای.....
- 1-3-7. هاریکن‌ها.....
- 2-3-7. چگونه توفان‌های تندری به هاریکن تبدیل می‌شوند؟.....
- 3-3-7. مراحل توسعه توفان (از آشفته‌گی‌های حاره‌ای تا هاریکن).....

بخش هشتم: نتیجه گیری و ارائه راهکار

-مقدمه
- 1-8. دیرین شناسی محیطی (دوران چهارم) در حوضه گاوخونی.....
 - 2-8. علل تغییرات و نوسانات اقلیمی.....
 - 3-8. روابط تعاملی عناصر سیستم های محیطی.....
 - 4-8. نوسانات سطح آب تالاب گاوخونی و عوامل آن در دوران چهارم.....
 - 5-8. تاریخ نگاری نوسانات آب دریاچه گاوخونی.....
-پیشنهادهای عمومی و اجرایی در خصوص کاهش و مقابله با آثار زیانبار بلایای جوی
-منابع مفید برای مطالعه
-سایت های اینترنتی مفید



مقدمه

1. موقعیت جغرافیایی استان اصفهان

استان اصفهان با مساحت 107090/1 کیلومتر مربع حدود 6/25 درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان بین 30 درجه و 43 دقیقه تا 34 درجه و 27 دقیقه عرض شمالی و 49 درجه و 38 دقیقه تا 55 درجه و 32 دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد (سالنامه آماری استان اصفهان، 1389).

استان اصفهان از شمال با استان‌های مرکزی، قم، سمنان و از جنوب با استان‌های فارس، کهگیلویه و بویر احمد، از شرق با استان‌های یزد و خراسان و از غرب با استان‌های چهارمحال و بختیاری و لرستان همسایگی دارد. استان اصفهان در سال 1389 دارای 23 شهرستان، 101 شهر، 45 بخش و 124 دهستان بوده است.

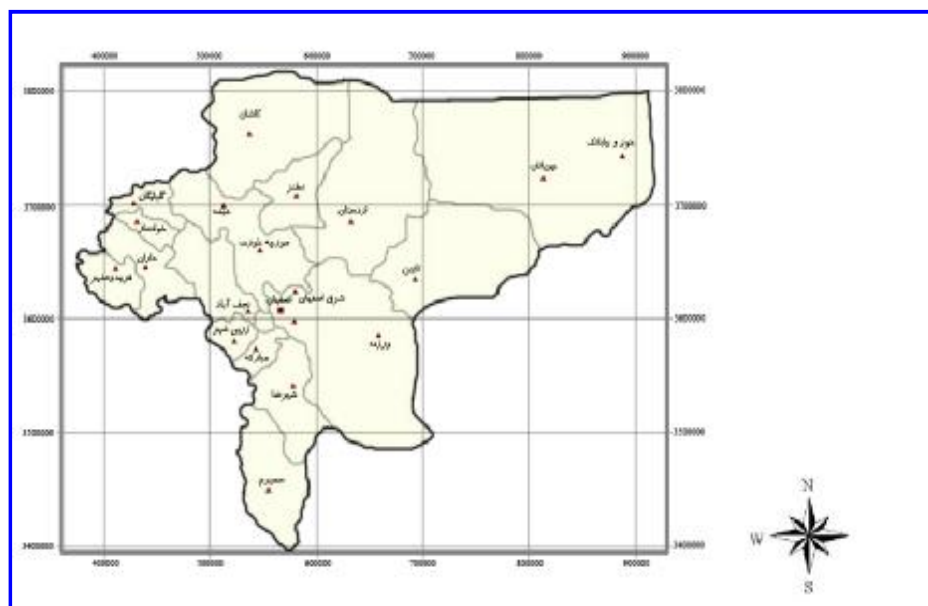
بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن، جمعیت استان در سال 1358 برابر با 4559256 نفر متشکل از 2335399 نفر مرد و 2223857 نفر زن بوده است و اکنون دارای مقام سوم از نظر جمعیت در سطح کشور می‌باشد، همچنین حدود 3798727 نفر (83/3 درصد) از این جمعیت شهرنشین و 760528 نفر (16/7 درصد) در روستاها به سر می‌برند. بدین ترتیب طی سال‌های 1375 تا 1385 حدود 16/2 درصد یا به طور خاص 636001 نفر به جمعیت استان افزوده شده است و جمعیت استان طی دهه 1375 تا 1385 از متوسط رشد سالانه 1/15 درصد برخوردار بوده است (سالنامه آماری استان اصفهان، 1389). بر اساس گزارش برآورد جمعیت شهرستانهای کشور (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی مرکز آمار ایران) جمعیت استان در سال 1389 در حدود 4804458 نفر برآورد شده است.

برخلاف سال‌های 1355 تا 1365 که ضریب جوانی جمعیت استان روند صعودی داشته‌است، این روند به ویژه از سال 1367 دگرگون شده، تا آنجا که به 36/7 درصد در سال 1375 رسید و در سال 1385 به 22/1 درصد کاهش یافت. میانه سنی جمعیت در سال 1385 برابر با 26/03 سال و میانگین سنی برابر با 27/97 سال بوده‌است (بر بال سیمرخ به سوی توسعه پایدار، 1387).

جدول 1 - جمعیت و متوسط رشد سالانه در استان اصفهان

سال	تعداد جمعیت	متوسط رشد سالانه (درصد)
آبان 1335	1221179	3/38
آبان 1345	1703701	2/48
آبان 1355	2176694	4/2
آبان 1365	3288734	2/21
آبان 1375	3669617	1/34
آبان 1385	3923255	1/51

ماخذ: سالنامه آماری استان اصفهان 1389



شکل 1 - نقشه تقسیمات سیاسی استان اصفهان

جدول 2. تعداد شهرستان، بخش، شهر و دهستان بر اساس تقسیمات کشور

سال	تعداد شهرستان	تعداد بخش	تعداد شهر	تعداد دهستان
1365	15	27	48	80
1370	17	32	50	110
1375	18	38	67	117
1380	19	43	83	121
1381	19	43	83	121
1382	20	43	90	122
1383	21	43	91	122
1384	21	44	92	122
1385	21	44	92	122
1386	22	45	96	124
1387	22	45	97	124
1388	23	45	99	124
1389	23	45	101	124

ماخذ: سالنامه آماری استان اصفهان 1389

2. سیمای طبیعی استان اصفهان

مطالعات زمین شناسی استان اصفهان نه تنها باعث شناسایی پالئوژئوگرافی حوادث و گذشته زمین شناسی منطقه می‌شود، بلکه توان بالقوه و امور زیربنایی منطقه را معلوم و آشکار می‌سازد.

با توجه به شواهد موجود در ارتباط با حوادث تکتونیکی ایران، از حادثه هودسین تا دوران چهارم، استان اصفهان از 800 تا 1400 میلیون سال قبل به بعد تحت تأثیر فازهای متعدد کوهزایی و خشکی زایی واقع گردیده بود که از جمله می‌توان فازهای کوهزایی بایکالین، کالدونین، حرکات هرسینین و آلپین را نام برد.

استان اصفهان از نظر ساختمان مورفوتکتونیکی شامل چهار واحد ساختمانی به نام‌های: زاگرس چین خورده، زاگرس مرتفع، سهندج - سیرجان، منطقه شرقی استان در واحد ایران مرکزی و بخش جنوب غربی در واحد تراست زاگرس و بعضاً زاگرس مرتفع قرار دارد. تکوین ناهمواری‌های استان اصفهان، حاصل تصادم و

برخورد قاره به قاره سپر عربستان با ایران مرکزی می‌باشد. روند ناهمواری‌های استان از روند واحدهای مورفوتکتونیک اصلی زاگرس و ایران مرکزی تبعیت می‌کند.

دوران مزوزوئیک

سیمای مورفوتکتونیک فعلی این سرزمین در این دوران ترسیم شده و تا حدی به شکل امروزی خود نزدیک شده‌است. به طور کلی دو رخساره ژرماتیک (تبخیری) و رخساره دریایی (آهکی، آلپی) در تریاس تشکیل شده که رخساره آلپی در استان برتری دارد که می‌توان رخساره نخلک در شمال ناین را مثال زد.

در استان اصفهان پس از حرکات تریاس میانی، بخش شرقی حوضه زاینده‌رود از آب خارج شد و به صورت دریای کم عمق در آمد و شرایط کولایی و دولومیت ساز و یا انواع کرانه ای و مردابی با رسوبات ضخیم شیل و سیلت که از تریاس بالایی تا اواسط ژواسیک ادامه یافت، تبدیل گردید. دوام و یکنواختی رسوبات ذکر شده در تمامی بستر زاینده‌رود یکی از پدیده‌های ویژه زمین ساختی است که با خصوصیات ویژه اش بستر اصلی و مقاوم کنونی زاینده‌رود را پی ریزی نموده‌است. در اواخر این دوره حرکات کوهزایی سمیرین پسین منطقه را تحت تأثیر قرار داده و دگرگونی‌ها و توده‌های آذرین را ایجاد کرده که می‌توان آن را در نوار سنندج - سیرجان مشاهده کرد.

در کرتاسه دریا پیشروی می‌کند و مناطق مذکور به زیر آب می‌رود. رخساره‌های آهکی شیلی و آهک‌های مارنی اربی تولید در ایران مرکزی در نواحی مختلف اصفهان، ناین، انارک و نواحی خور و بیابانک و جندق گزارش شده‌است. حوضه رسوبی کرتایه شامل شرق گسل ناین، نواحی نخلک، چوپانان، عروسان، جندق و خور و بیابانک می‌گردد.

دوران سنوزوئیک

این دوران حدود 65 میلیون سال طول کشیده‌است و یکی از کوتاهترین دوران زمین شناسی است. ضخامت رسوبات آن حداکثر به 30 کیلومتر می‌رسد. این دوران به دوره‌های ترسیر و کواترنر تقسیم می‌شود.

در این دوره مجموعه‌های افیولیتی جایگزین شده و رسوبات کم عمق تبخیری پالئوسن - میوسن با دگرشیبی آنها را پوشانده‌است، چنین وضعیتی در جنوب نایین (کوه بیخی) مشاهده می‌گردد. رسوبات دوره الیگو - میوسن در کوه‌های جنوبی و غربی شهرستان کاشان دیده می‌شود. این رسوبات که به تشکیلات قم معروف است با حرکت به سمت اصفهان از ضخامت آن کاسته می‌شود. رسوبات دوره زمانی میوسن و پلیوسن در منطقه سمیرم عبارتند از: رسوبات گروه فارس و تشکیلات گچساران. در منطقه داران نیز کنگلومرای بختیاری مربوط به این دوره دیده می‌شود.

نهشته‌های کواترنر به ترتیب اهمیت در استان شامل رسوبات آبرفتی، رسوبات بادرفتی، رسوبات تبخیری مثل گچ و نمک به همراه مارن‌های شور در مناطق کویری، واریزه‌ها و زمین لغزه‌ها، دریاچه‌ها، چشمه‌ها، رسوبات و آثار یخچالی می‌باشد.

رسوبات آبرفتی به صورت دشت‌های متعدد پای کوهی و میان کوهی در اقصی نقاط استان دیده می‌شود که وابسته به کنش رودخانه و یا در جریانات دامنه‌ای می‌باشد، مانند دشت زاینده‌رود، دشت مهیار و غیره.

رسوبات بادرفتی در بخش وسیعی از استان قابل مشاهده است. این رسوبات عمدتاً از ماسه تشکیل شده‌است و به اشکال گسترشی ماسه پهنه‌ای، ماسه بادکوب، تلماسه و ماسه پشته‌ای دیده می‌شود. رسوبات بادرفتی عمدتاً در سطح استان در شمال انارک، شمال کاشان، نخلک و نواحی خور، جندق، پشت بادام، گاوخونی و اردستان وجود دارد. رسوبات تبخیری را می‌توان در کویرهای استان مانند کویر اردستان و نواحی فرو رفته گاوخونی دید.

واریزه‌ها معمولاً در نواحی کوهپایه‌ای قابل مشاهده‌است. یخرفت‌ها در سطح استان محدود بوده و فقط در قتل و مناطق مرتفع استان مانند کوه دنا در سمیرم گزارش شده‌است.

ناهمواری‌های منطقه اصفهان که در زمره رشته کوههای زاگرس است دارای ساختمان طاق‌دیسی - ناق‌دیسی می‌باشد و این ساخت در دوران چهارم تحت تأثیر تحولات اقلیمی بعضاً تغییر کرده، به گونه‌ای که می‌توان

گفت چهره ظاهری آنها کاملاً دگرگون شده است. تحولات کواترنر باعث تغییرات چندگانه مسیر رودخانه در عهد چهارم شده که این تغییرات جزئی بوده است. تغییرات دبی و بار رسوبی این رودخانه طی این دوره باعث ایجاد چهار تراس در طرفین رودخانه گردیده. وجود تراس‌های بسیار عظیم نئوتکتونیک در بخش خاصی از حوضه گاوخونی دلالت بر آن دارد که این حوضه در عهد چهارم حداقل یک یا دوبار تحت تأثیر نیروهای تکتونیک، فرونشینی داشته است (شفقی 1381).

3. توپوگرافی استان اصفهان

استان اصفهان در مرکز فلات ایران و بین کوه‌های مرکزی ایران و دامنه‌های شرق زاگرس واقع شده و از چند ناحیه کوهستانی و جلگه‌ای به شرح زیر تشکیل شده است:

- 1- ناحیه کوهستانی مغرب
 - 2- ناحیه کوهستانی شمال و شمال غرب
 - 3- ناحیه کوهستانی اردستان
 - 4- قسمت جلگه‌ای استان که از آبرفت‌های زاینده‌رود به وجود آمده است و به باتلاق گاوخونی منتهی می‌شود (سالنامه آماری استان اصفهان 1387).
- به طور کلی این منطقه کوهستانی و ارتفاع متوسط آن 1500 متر و گاهی تا 2000 متر برآورد شده است و اغلب ارتفاعات دارای جهت شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشند.
- در قسمت مرکزی استان دره زاینده‌رود با ارتفاعات بلندی محصور شده است که مرتفع‌ترین آنها رشته کوه‌های مارشان با ارتفاعی حدود 3330 متر در شمال شرق اصفهان می‌باشد. در نزدیکی نجف‌آباد، کوه‌های پیلاوینجی با ارتفاع حدود 2480 متر قرار دارد. به منطقه‌ای که شهر اصفهان بر روی آن بنا شده است دشت اصفهان اطلاق می‌شود که از زمین‌های صاف با رسوبات آبرفتی تشکیل شده است و به ندرت بین آنها طبقات دگرگونی مشاهده می‌شود.

این دشت به واسطه آب زاینده‌رود از حاصلخیزترین جلگه‌های فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود که در نتیجه رسوب گذاری دوران چهارم زمین شناسی به وجود آمده‌است و در یک فرورفتگی طولی و ممتدی قرار دارد که از اصفهان تا سیرجان گسترش یافته، این فرورفتگی کم ارتفاع دارای جهت شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد، به طوری که در شمالی ترین نقطه آن شهر اصفهان و در جنوبی ترین قسمت آن شهر سیرجان واقع شده‌است.

طول این حوضه فرورفته 700 کیلومتر و عرض آن 150 تا 250 کیلومتر برآورد شده‌است و در دامنه‌های شرقی زاگرس و کوه‌های مرکزی ایران قرار دارد. در واقع دشت اصفهان تنها از جنوب شرقی به مناطق پست جلگه ای راه دارد، در حالی که تمام جهات دیگر آن را ارتفاعات قابل توجهی احاطه نموده است. رشته کوه‌های مرکزی که خصیصه خاص خود را دارا می‌باشند و دشت‌های مرکزی را از نواحی پست کویری شرقی و شمال شرقی استان جدا نموده است. مناطق کم ارتفاع و پست شرقی و شمال شرقی استان خشک و کم آب و نسبتاً خالی از سکنه است، از ویژگی‌های عمده آن بیابانی بودن و وجود اراضی ماسه‌ای، تپه‌های شنی و ریگزارها می‌باشد. پست ترین نقطه استان در این منطقه با ارتفاع 780 متر و گاهی تا 700 متر گزارش شده است و بلندترین نقطه آن قله دنا با ارتفاع 4409 متر می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی ممتاز این استان در مرکز فلات ایران با چهره خاص طبیعی خود که متشکل از ارتفاعات برفگیر جنوب غربی و جنوبی از یک سو و جلگه‌های حاصلخیز رسوبی از سویی دیگر است، اقلیم متنوعی را به وجود آورده است.

ارتفاع شهر از سطح عمومی دریاها و نقاط مختلف آن متفاوت است، به طوری که در سواحل رودخانه زاینده‌رود 1550 متر و در مناطق مرتفع شهر تا 1650 متر می‌رسد.

در پست ترین منطقه رودخانه زاینده‌رود بزرگترین رودخانه فلات مرکزی ایران از غرب به شرق جریان دارد. استان اصفهان به دلیل مجاورت با دشت کویر که بخش اعظمی از نواحی شرق استان را در بر می‌گیرد و

کویرهای بزرگی چون ده سرخ، کویر کوه سیاه و ریگزارهای بزرگی با تپه‌های شنی وسیع مرتفع که از شرق کاشان تا نواحی اردستان و شمال نایین کشیده شده گسترش دارد.

از مساحت کل استان، مسافتی حدود ده هزار کیلومتر مربع را شن‌های روان و تپه‌های شنی و ریگزارهایی ثابت و متحرک تشکیل می‌دهد به طوری که محدوده وسیعی در شرق و شمال شرق استان و اطراف گاوخونی از ریگزارهای کوچک و بزرگ پوشانده شده‌است.

هرگاه از جلگه حاصلخیز اصفهان و نواحی کویری به ویژه در شرق استان صرفنظر کنیم بقیه مناطق از مرتفع ترین واحدهای جغرافیایی کشور محسوب می‌شوند (شفقی، 1381).

جدول 3 - مساحت زمین‌های بهره برداری شده در بخش کشاورزی در سال 1389

کل استان	زراعت	باغداری	تولید گلخانه ای	پرورش ماکیان
	145130	109994	1424	77673

مأخذ: سازمان کشاورزی استان اصفهان

جدول 4 - مساحت جنگل‌ها، مراتع و بیابانها از سال 1384 تا 1389

شرح	1384	1385	1386	1387	1388	1389
جنگل	782025	785281	818681	820918	440000	395726
جنگل طبیعی	446380	446380	446380	446380	65000	65000
جنگل دست کاشت	335645	338901	372301	374538	375000	330726
مرتع	6316020	6290030	6278573	6270213	6261855	6258855
خوب	703300	963500	692235	691675	688035	688035
متوسط	3384285	3370320	3364185	3359535	3346360	3346360
فقیر	2228435	2226210	2222153	2219003	2227460	2224460
بیابان	3200000	3200000	3200000	3200000	3200000	3200000
اراضی کویری	22000000	22000000	22000000	22000000	22000000	22000000
تپه‌های شنی	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000

مأخذ: سازمان کشاورزی استان اصفهان

4. مهمترین رودخانه‌های استان اصفهان

حوضه آبریز زاینده‌رود با مساحت 41503 کیلومتر مربع از کوه‌های پر برف و باران کوه‌رنگ و زردکوه بختیاری تغذیه شده و رودخانه زاینده‌رود را که تامین کننده عمده آب‌های سطحی و زیر زمینی استان به شمار می‌رود، تشکیل می‌دهد. این رودخانه به عنوان رگ حیاتی استان و بزرگترین رودخانه مرکزی ایران با عبور از دره‌های پر پیچ و خم زاینده‌رود به سد زاینده‌رود ریخته و پس از مشروب نمودن دشت‌ها و اراضی کشاورزی شهرستان‌های چادگان، نجف‌آباد، لنجان، مبارکه، خمینی شهر، فلاورجان و اصفهان از غرب به شرق با شیب ملایمی در فاصله 125 کیلومتری شرق اصفهان به باتلاق گاوخونی منتهی می‌شود (سالنامه آماری استان اصفهان، 1389).

زاینده‌رود از سه شاخه اصلی به نام زاینده‌رود، رودخانه پلاسجان و رودخانه مندرجان تشکیل شده‌است. رودخانه پلاسجان در 25 کیلومتری بالا دست محل سد زاینده‌رود به دریاچه پشت سد وارد می‌گردد و رودخانه مندرجان مستقیماً به دریاچه سد وارد می‌شود. آب کوه‌رنگ توسط دو تونل کوه‌رنگ 1 و 2 به زاینده‌رود ملحق شده و در محلی به نام قلعه شاهرخ وارد دریاچه سد زاینده‌رود می‌شود. رودخانه پلاسجان از کوه‌های منطقه گلپایگان سرچشمه می‌گیرد. برای زاینده‌رود نمی‌توان سرچشمه واحدی را قایل شد زیرا این رودخانه در سرچشمه، از پیوستن چشمه‌های متعدد تشکیل می‌گردد که معروفترین آنها چشمه جانان و چهل چشمه و چشمه دیمه است. این چشمه‌ها اغلب در پای کوهستان زردکوه بختیاری که جزو کوهستان‌های شرق زاگرس است قرار دارند.

از دیگر رودهای مهم استان رودخانه دربند در فریدن می‌باشد که به سد گلپایگان ریخته و با نام خرقاب پس از مشروب نمودن دشت گلپایگان با نام‌های لعل یا قم رود به سد 15 خرداد منتهی می‌شود. رودخانه کاسگان یکی از سرشاخه‌های رودخانه کارورن است که در شهر سمیرم جریان دارد، سرچشمه اصلی این رودخانه را چشمه‌های منطقه تشکیل می‌دهد. رودخانه حنا نیز از سرچشمه‌های کارون است که از کوه‌های آق داغ و

فیروز سرچشمه می گیرد. این رودخانه در جنوب استان و در شهرستان سمیرم واقع است و پس از الحاق به رودخانه گرموک به آب خرسان می ریزد. رودخانه ماربر نیز از سرشاخه های کارورن بوده و از کوه های دنا، جبال و آق داغ سرچشمه می گیرد، قسمت علیای رودخانه خارج از استان بوده ولی آب آن وارد استان شده و به رودخانه خرسان می ریزد. رودخانه خوانسار از نزدیکی روستای قلعه بابا در فاصله 12 کیلومتری جنوب خوانسار سرچشمه گرفته و با جهت جنوبی - شمالی به طرف گلپایگان جاری است. رودخانه مرغاب از 50 کیلومتری غرب شهر نجف آباد سرچشمه می گیرد، سرچشمه این رودخانه در جنوب غربی روستای عسگران از چندین چشمه تشکیل گردیده است. رودخانه های قهرود، چمرود، هنجن و بن رود فصلی بوده و از ارتفاعات شرق کوه های کرکس سرچشمه می گیرند (شفقی، 1381).

5. آب های زیر زمینی استان اصفهان

در مطالعه آب های زیر زمینی، ساده ترین شیوه مطالعه، تقسیم استان به حوضه های آب گیر و به عبارت دیگر حوضه های فرو رفته ای است که گاهی در اصطلاح محلی آن ها را دشت اطلاق می کنند. دشت زمین نسبتاً همواری است که ارتفاع کمتری نسبت به زمین های اطراف خود دارد. تعیین وسعت دقیق دشت و یا تفکیک مساحت هر یک از دشت ها کار ساده ای نیست. استان اصفهان دارای پنج حوضه آبریز اصلی می باشد که هر یک از آن ها نیز به حوضه های فرعی تری تقسیم گردیده است.

6. طبقه بندی تیپ های مختلف اراضی در سطح استان اصفهان

اراضی بر اساس شکل ظاهری و نحوه تشکیل، به 9 تیپ اصلی تقسیم می شوند. هر کدام از تیپ های اراضی نیز با توجه به نوع خاک، شیب و پستی و بلندی، نحوه تکامل و تشکیل خاک و افق های تشخیصی به چند واحد اراضی تقسیم می شوند. بر اساس مطالعات انجام شده 10 تیپ اصلی، یک تیپ متفرقه و 42 واحد اراضی مشخص شده است. تیپ کوه ها در برگیرنده بزرگترین عوارض و ناهمواری ها و چین خوردگی ها در اقصی نقاط استان می باشد. بالا بودن شیب و نرخ فرسایش در این تیپ، سبب کاهش عمق خاک و تکوین آن

گردیده است. مساحت تیپ کوه‌ها در سطح استان 1755525 هکتار می‌باشد. نوع فرسایش در این تیپ بیشتر شیار، آبراهه‌ای، سطحی و بعضاً خندق می‌باشد و نرخ فرسایش در آن بالا است.

تیپ تپه‌ها مساحتی در حدود 1213215 هکتار دارد، تکوین و ثبات خاک در این تیپ نسبتاً مطلوب بوده و محدودیت خاک در این تیپ، بافت و وجود سنگ ریزه‌های سطحی و عمقی می‌باشد.

تیپ فلات‌ها در استان در حدود 3009835 هکتار است که توسط سیلاب‌های سفره ای یا متمرکز و رسوبات رودخانه ای نهشته شده‌است. این تیپ از اراضی دارای رسوبات حاصلخیزی در استان است.

تیپ دشت‌های رسوبی دامنه ای در حدود 283265 هکتار در پای ناهمواری و ارتفاعات به صورت تشکیلات رسوبی واریزه‌ای، سیلابی و مخروط افکنه ای رهنمون کرده است. از جمله محدودیت‌هایی که در این تیپ می‌توان نام برد، نامساعد بودن شرایط فیزیکی خاک سطحی، فقر مواد غذایی و عدم تکامل خاک است.

تیپ دشت‌های آبرفتی دارای مساحت 46940 هکتار است و از نظر مشخصات مشابه تیپ دشت‌های آبرفتی رودخانه ای می‌باشد. تیپ دشت‌های آبرفتی رودخانه ای در حدود 158130 هکتار است که حاصل فرآیندهای تراکمی آبرفتی و رودخانه در سطح استان می‌باشد.

تیپ اراضی پست در استان در حدود 341185 هکتار است. این خاک‌ها بیشتر به صورت باتلاقی، ماندابی و مرغزار بوده و پوشش گیاهی در این تیپ اراضی از نوع مرتعی و مرغزار (چمنی) می‌باشد.

تیپ واریزه‌های بادرفتی شکل سنگریزه دار، دارای مساحتی در حدود 1713155 هکتار است و شامل اراضی شیب دار و سنگریزه ای در پای دامنه کوه‌ها می‌باشد. تیپ آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه دار در حدود 919445 هکتار، شامل انواع دشت‌های مسطح و مخروطی شکل است که توسط سرشاخه‌های رودخانه در نواحی شیب دار به وجود آمده‌است. تیپ اراضی متفرقه دارای مساحتی در حدود 827380 هکتار در استان هستند. اراضی مسکونی شهرها، اراضی ماسه ای و باتلاقی را به این تیپ نسبت می‌دهند.

جدول 5. مشخصات عمومی تیپ‌های اصلی اراضی و مشخصات تقسیم بندی آنها در محدوده استان

تیپ اصلی	مساحت تیپ	شیب عمومی	شیب موثر (جانبی)	اختلاف سطح اراضی	مشخصات تقسیم بندی واحدهای اراضی
کوه‌ها	1755525	بیش از 25 درصد	در جهت‌های مختلف و نامشخص	بیش از 100 متر و معمولاً 100 تا 1500 متر	شکل قله، بیرون زدگی‌های سنگی، تشکیلات زمین شناسی، خصوصیات خاک، نوع و شدت فرسایش و پوشش گیاهی
تپه‌ها	1213215	8 تا 25 درصد	در جهت‌های مختلف و نامشخص	50 تا 500	نوع خاک، تشکیلات زمین شناسی، شکل قله، بیرون زدگی‌های سنگی، پوشش گیاهی، توپوگرافی، نوع و شدت فرسایش
فلات‌ها	3009835	تا 5 درصد و مخرب	تا 25 درصد	کمتر از 50 متر و معمولاً کمتر از 25 متر	نوع و عمق خاک، سنگریزه، تراکم مسیلهای فرسایشی، مواد تشکیل دهنده، پوشش گیاهی، نوع و شدت فرسایش، پستی و بلندی و شیب عمومی و جانبی
دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای	283265	صفر تا 2 درصد	تا 8 درصد	کمتر از 5 متر	نوع و عمق خاک، بافت خاک، شوری و قلیایی
دشت‌های آبرفتی	46940	صفر تا 1 درصد	کمتر از 5 درصد	کمتر از 5 متر	نوع و عمق خاک، بافت خاک، پستی و بلندی
دشت آبرفتی رودخانه‌ای	158130	صفر تا 1 درصد	کمتر از 2 درصد	کمتر از 2 متر	نوع و عمق خاک، بافت خاک، پستی و بلندی
اراضی پست	341185	صفر تا 1 درصد	مسطح و با کمی تفرع	وجود ندارد	نوع و بافت خاک، شوری و قلیایی، پوشش‌های گیاهی
دشت سیلابی	288520	صفر تا 1 درصد	مسطح	کمتر از 2 متر	نوع و بافت خاک، شوری و قلیایی، مسائل ماندابی، تراکم مسیلهای، پوشش گیاهی
واریزه‌های بادبزنی شکل	1713155	کمتر از 5 درصد	کمتر از 5 درصد	کمتر از 5 متر	نوع و عمق خاک، سنگریزه، تراکم مسیلهای، مواد تشکیل دهنده، شیب و پستی و بلندی
آبرفت‌های بادبزنی شکل	919445	کمتر از 2 درصد	کمتر از 5 درصد	کمتر از 5 متر	وضعیت مسیلهای، کیفیت فرسایش و عمق آبراهه‌ها
متفرقه	827380	-	-	-	-

ماخذ: سالنامه آماری استان اصفهان سال 1389

7. پوشش گیاهی استان اصفهان

استان اصفهان به علت قرار گرفتن در مرکز خشک ایران دارای تنوع آب و هوایی، خاک و پوشش گیاه بسیار بالایی نیست. خاک استان از انواع گوناگون تشکیل شده است، گاهی تکامل نیافته با عمقی بسیار کم و زمانی تکامل یافته با عمق زیاد. اغلب نواحی استان دارای خاک‌هایی با ph بالا و اکثراً قلیایی است که از محدود کننده‌های رشد گیاه است. مناطق کوهستانی استان در غرب و جنوب غرب، دارای عمق خاک بسیار کم است، به طوری که گاهی به صفر می‌رسد و سنگ مادر نمایان گشته و زمین فاقد پوشش گیاهی می‌گردد. خاک‌های استان از نظر مواد آلی فوق العاده فقیر بوده و به همین علت قدرت نگهداری رطوبت در آن پایین است و به سرعت خشک می‌شود. شنی بودن اغلب خاک‌های استان خواص فیزیکی نامساعدی را به آن بخشیده است. به ویژه برخان‌های گاوخونی، کاشان، خور و بیابانک که اغلب در مناطق شرق استان قرار دارند، قادر به نگهداری مواد غذایی و رطوبت نمی‌باشند و حتی بادهای ملایم باعث جابجا شدن آن‌ها شده و گاهی ریشه گیاهان در معرض آفتاب قرار گرفته و به نابودی گیاه منجر می‌شود. نابودی پوشش گیاهی استان تنها به عوامل طبیعی و یا فشار چرای دام بستگی ندارد، بلکه مدیریت‌های غلط مرتع داری، حرکت ماشین آلات کشاورزی در مراتع و بوته کنی جهت تامین سوخت را نیز باید به آن اضافه کرد، فرسایش آبی در مناطق کوهستانی غرب و جنوب غربی، فرسایش بادی در شرق و جنوب شرقی استان مسائلی را از نظر تکامل خاک به وجود آورده است. بنابراین خاک استان اصفهان شدیداً در معرض تهدید بوده و تنها راه حل غلبه بر این معضل، تکیه بر احیای پوشش گیاهی است (شفقی، 1381).

مساحت اراضی کشاورزی استان اصفهان در سال 1389 برابر با 423858 هکتار بوده و تعداد کل بهره برداری از این اراضی 174120 هکتار است. تعداد و مساحت بهره برداری با زمین آبی استان در سال 1389 در حدود 372699 هکتار و مساحت زمین دیم 51159 هکتار می‌باشد. مساحت اراضی جنگل کاری شده در استان در

سال 1389 جمعاً 1155 هکتار بوده که از این مقدار 345 هکتار جنگل کاری دولتی و 810 هکتار جنگل کاری خصوصی بوده است.

8. بررسی توده‌های هوای تأثیر گذار بر استان اصفهان

نحوه استقرار استان اصفهان در گستره جغرافیایی کشور ایران به گونه ای است که تقریباً در تمام فصل‌های سال تحت تأثیر انواعی از توده‌های هوا که به فلات ایران وارد می‌شوند، قرار می‌گیرد. توده‌های هوا و سامانه‌های هواشناسی که بر اقلیم استان اصفهان تأثیر می‌گذارند به دو دسته جریانات زمستانه و تابستانه تقسیم می‌شوند که جریانات زمستانه خود به دو بخش پرفشارها و کم فشارهای زمستانه منشعب می‌گردند.

§ توده‌های هوا و سامانه‌های پرفشار زمستانه

جریانات جوی پرفشاری که در زمستان بر آب و هوای استان اصفهان تأثیر می‌گذارند به چند دسته تقسیم می‌شوند:

• توده هوای پرفشار سیبری

مرکز پرفشار سیبری که ابتدا بر روی سرزمین‌های پوشیده از برف و یخ سیبری شکل می‌گیرد با شروع ماه‌های سرد سال مبادرت به صدور توده‌های هوای سرد به طرف عرض‌های پایین تر و کشور ایران می‌نماید. توده‌های برآمده از مرکز پرفشار سیبری با ویژگی‌های یک توده هوای سرد و سنگین در فصل‌های سرد سال از جنوب روسیه به طرف پایین کشیده شده و از نواحی شمال شرقی ایران از استان خراسان وارد ایران می‌شوند و بخش‌های وسیعی از کشور و استان اصفهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. این سامانه در اکثر ارتفاعات تحت نفوذ خود در ایران، ریزش‌های برف را موجب می‌گردد و دوره فعالیت آن از اوایل فصل پاییز تا اوایل فصل بهار است. معیار زمستان‌های سرد و گرم ایران به میزان وسیعی به نحوه فعالیت مرکز پرفشار سیبری بستگی دارد. صدور امواج سرمایی و ریزش‌های سنگین برف از ویژگی‌های توده‌های هوای برآمده از مرکز

پرفشار سیبری است و دامنه تاثیرات آن در برخی از زمستان‌ها تا جنوبی‌ترین استان‌های کشور از خوزستان تا سیستان و بلوچستان گسترش می‌یابد و سرماهای استثنایی این مناطق را به وجود می‌آورد.

توده‌های هوای سیبریایی در مسیر عبور خود از روی دریای خزر به علت گرمی نسبی آب‌های خزر نسبت به توده‌های هوای سرد سیبری از این منبع رطوبتی تغذیه شده و بارندگی‌های وسیع پاییزه غرب مازندران و استان گیلان را به وجود می‌آورند. هر چه مقدار فشار در مرکز پرفشار سیبری بیشتر باشد، شیب فشار نیز افزایش داشته و شدت سرما بیشتر می‌شود. تقارن ورود توده‌های هوای سرد از مرکز پرفشار سیبری با توده‌های هوای گرم و مرطوب از مرکز کم فشار مدیترانه به استان اصفهان، موجب بارندگی وسیع با شکل غالب ریزش برف به ویژه در ارتفاعات کشور می‌گردد.

• توده هوای قطبی

توده‌های هوای کلاهی قطبی از روی شمالی‌ترین بخش‌های قطب شمال برخاسته و در ماه‌های سرد سال در طی مسیر خود از روی اروپا وارد کشور شده و در آذربایجان و منطقه خلخال بروودت‌های نادری را پدید می‌آورند. ریزش‌های جوی حاصل از تهاجم و فعالیت این جریان جوی از مرکز پرفشار قطب، عمدتاً به صورت برف خشک همراه با وزش بادهای سرد و سوز سرما می‌باشد. در برخی از زمستان‌ها که فعالیت این مرکز پرفشار شدید است، سرمای حاصل از امواج منتشره آن در بخش‌هایی از کشور و از جمله در استان اصفهان در قالب بروز سرماهای شدید و وزش بادهای بسیار سرد نمایان می‌گردد.

• توده هوای آزور

توده‌های هوای پرفشار آزور بر روی جزایر آزور شکل گرفته و در مسیر حرکت خود پس از ورود به کشور و عبور از روی دریای خزر و کسب رطوبت از آن و صعود بر دامنه‌های شمالی البرز در امتداد دره فیروز کوه مبادرت به ریزش می‌نماید. در برخی مواقع که فعالیت توده هوای سامانه‌های برآمده از مرکز پرفشار آزور از گسترش قابل توجهی برخوردار باشد بر استان اصفهان نیز موثر واقع شده و بارندگی‌هایی را در این استان به وجود می‌آورد.

• توده هوای کانادایی

در فصل‌های سرد سال گاهی سامانه‌های پرفشار کانادایی در مسیر حرکت خود از کانادا به اروپا و شرق، زبانه‌ای بر روی جنوب روسیه ایجاد می‌نمایند که از طریق شمال دریای خزر با توده‌های هوای برآمده از مرکز پرفشار سیبری برخورد نموده و ترکیب می‌شوند که در این حالت شرایط بسیار مناسبی برای بارندگی در بسیاری از مناطق کشور فراهم می‌آید که استان اصفهان را نیز در برمی‌گیرد و منشاء ریزش‌های جوی قابل توجهی می‌گردد.

• سامانه‌های کم فشار زمستانه

این نوع سامانه‌ها که بر آب و هوای استان اصفهان تأثیر می‌گذارند به چند دسته تقسیم می‌شوند:

• سامانه‌های کم فشار مدیترانه ای

دریای مدیترانه علاوه بر آنکه محل عبور سامانه‌های کم فشار است، خود نیز دارای یک موقعیت سیکلون ساز است که در فصل‌های سرد سال، کم فشارهای متعددی از آنجا به سوی شرق به حرکت در می‌آیند. سامانه‌های کم فشار مدیترانه ای در مسیر حرکت خود بر روی قبرس زبانه ای کم فشار ایجاد کرده و این زبانه از روی کشور ترکیه وارد ایران می‌شود و نواحی غرب و شمال غرب کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گاهی اوقات نیز این سامانه‌های کم فشار پس از عبور از روی کشور ترکیه و برخورد با ارتفاعات آن منطقه به دو شاخه تقسیم می‌شود که یک شاخه آن از طرف غرب و شمال غرب وارد ایران می‌شود و پس از ایجاد بارندگی بر روی این مناطق، از طریق خراسان از مرزهای کشور خارج می‌شود و شاخه دیگر پس از عبور از روی کشور عراق از طریق خراسان وارد افغانستان می‌شود. در صورتی که زمین به اندازه کافی سرد باشد، جبهه گرم این سامانه‌ها بسیار فعال عمل می‌نماید. در مواقعی که "ناوه" سطوح فوقانی با شیب مناسب دما یی و پربندی، این سامانه‌های کم فشار را همراهی کنند، بارندگی‌های موثری در مناطق تحت نفوذ آنها ریزش می‌نماید.

توده‌های هوای باران زای برآمده از دریای مدیترانه یکی از قوی‌ترین و مهم‌ترین جریانات جوی باران زا بر روی کشور است که در ماه‌های سرد سال با ایجاد جبهه‌های گرم و پوششی باران زا (نیمبواستراتوس) بارش‌های پیوسته‌ای را در اکثر استان‌های کشور و از جمله در استان اصفهان به وجود می‌آورند.

• سامانه‌های کم فشار سودانی

منطقه سودان در قاره آفریقا به علت مجاورت با منطقه حاره، به طور نسبی دارای موقعیت کم فشار است. در فصل‌های سرد سال با نفوذ زبانه پرفشار به نواحی شمالی سودان و ریزش هوای سرد در آن منطقه، کم فشار مستقر در سودان تقویت شده و از دریای سرخ رطوبت جذب می‌نماید. در واقع این سامانه در ابتدا فعال نمی‌باشد و فاقد جبهه است اما به تدریج که بر روی دریای سرخ کشیده می‌شود با توده‌های هوای آن منطقه برخورد کرده و فعال می‌شود که عموماً پس از شکل‌گیری یا از طریق خوزستان وارد کشور می‌شود و یا پس از عبور از روی عربستان و کویت و توقف کوتاه بر روی خلیج فارس و کسب رطوبت کافی، استان‌های جنوبی کشور و گاهی تا نواحی مرکزی ایران و استان اصفهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و پس از آن به طرف شرق و جنوب شرق کشیده می‌شود.

بارندگی از سامانه‌های کم فشار سودانی معمولاً ناشی از ابرهای جوششی بوده و به این علت اغلب پس از بارندگی‌های رگباری از سامانه‌های کم فشار سودانی، سیلاب‌های مخربی در استان‌های جنوبی کشور جریان می‌یابد. بارندگی از سامانه‌های کم فشار سودانی به صورت آبگین می‌باشد که طبعاً در برخورد با ارتفاعات ممکن است در فصل سرد نوع ریزش آن به صورت برف باشد.

§ جریانات جوی تابستانه موثر بر استان

در فصول گرم سال استان اصفهان به طور عمده تحت نفوذ سه جریان هوای گرم قرار می‌گیرد که عبارتند از:

• کم فشار حرارتی کویر مرکزی

در ماههای گرم سال یک مرکز کم فشار بر روی کویر مرکزی ایران تشکیل می شود که اصطلاحاً کم فشار حرارتی¹ نامیده می شود. در حقیقت کویر مرکزی ایران در فصل گرم مولد توده های هوای گرم و خشک مناطق جنب حاره ای است که جریانات خلاف چرخش عقربه های ساعت آن می تواند مناطق وسیعی را تحت سیطره خود قرار دهد. استان اصفهان که در بخش هایی از خود با این کویر مجاور می باشد، طبعاً در فصل های گرم تحت تأثیر هوای گرم و خشک آن نیز قرار می گیرد.

• کم فشارهای حرارتی صحراهای عربستان و آفریقا

صحراهای عربستان و آفریقا نیز در فصل های گرم سال مراکز کم فشار حرارتی فعال می باشند و توده های هوای گرم و خشکی را به سایر مناطق ارسال می دارند که از درجه ناپایداری زیادی برخوردارند و در مسیر حرکت خود نواحی جنوبی، مرکزی و استان اصفهان را در برمی گیرند.

• جریان کم فشار هند

به این جریان هوا اصطلاحاً "مونسون" می گویند که معمولاً جنوب شرق کشور را تحت نفوذ خود قرار می دهد و دوره فعالیت آن در حدود سه ماه تابستان است که بادهای موسمی تابستانه اقیانوس هند را پدید می آورد. این بادهای که از طرف جنوب غربی اقیانوس هند می وزند، به کرانه های مکران رسیده و بر سواحل آن تأثیر می گذارند. این جریان کم فشار در مناطق هندوستان و آسیای جنوب شرقی بارندگی های وسیعی را به وجود می آورد، لیکن در ایران بارش قابل ملاحظه ای از این سامانه در مناطق جنوب شرق و مرکز ایران روی نمی دهد و فقط گاهی ریزش های جوی اندکی در سواحل دریای عمان و رگبارهایی در ارتفاعات جنوب شرق کشور پدید می آید. به طور کلی در ایران به جز این موارد، پدیده غالب ناشی از مونسون، وزش بادهای شدیدی است که گرد و غبار ایجاد می نماید. این مرکز کم فشار حرارتی گاهی قادر است تا مناطق مرکزی ایران پیشروی نموده و استان اصفهان را نیز تحت نفوذ خود قرار دهد.

9. آب و هوای استان اصفهان

بخش وسیعی از استان اصفهان را اقلیم خشک در بر گرفته است و این امر بیش از همه ناشی از کمبود بارش سالیانه در بسیاری از مناطق استان و بالا بودن متوسط سالیانه دما در گستره‌های وسیعی از استان اصفهان می‌باشد. بخش‌های غربی و جنوب غربی استان دارای ارتفاع بیشتر و دمای کمتر می‌باشند در حالی که نواحی پست شرقی و شمال شرقی استان دارای درجه حرارت بالاتری می‌باشند. عوامل اصلی در شکل‌گیری اقلیم‌های استان اصفهان را می‌توان در تغییرات ارتفاع، منابع رطوبتی، عرض جغرافیایی و تأثیر توده‌های هوا و سامانه‌های هواشناسی جستجو نمود که عوامل فرعی نظیر پوشش گیاهی، کشاورزی و صنعت در کنار آنها به نوبه خود دارای تاثیراتی بر اقلیم استان می‌باشند.

در این استان مقدار بارش از غرب به شرق و جنوب به شمال کاهش می‌یابد. به طوری که در مناطق مرتفعی مثل ارتفاعات کوه‌رنگ (در مجاورت استان) به بیش از 1000 میلی متر و حتی 1300 میلی متر هم می‌رسد. بارندگی این مناطق کوهستانی اغلب زمستانی و بهاره است، زیرا بادهای غربی و کم فشارهای مدیترانه‌ای که عامل اساسی بارش هستند، در این فصول حاکمیت دارند. با استفاده از روش‌های متداول جهانی تعیین اقلیم، استان اصفهان به 3 ناحیه عمده آب و هوایی تقسیم می‌شود:

§ ناحیه آب و هوای مدیترانه‌ای با زمستان‌های سرد (نواحی کوهستانی در غرب و جنوب غربی) شامل

شهرستان‌های: گلپایگان، خوانسار، فریدن، فریدونشهر و سمیرم با میانگین بارندگی سالانه بین 300 الی 600 میلی متر و میانگین درجه حرارت سالانه 8 تا 10 درجه سانتی گراد.

§ ناحیه آب و هوای نیمه خشک با زمستان‌های نسبتاً سرد (نواحی جلگه‌ای در مرکز و نواحی کویری

در شمال) شامل شهرستان‌های: اصفهان، نجف آباد، خمینی شهر، لنجان، مبارکه، فلاورجان و شهرضا با میانگین بارندگی سالانه بین 110 الی 160 میلی متر و میانگین درجه حرارت سالانه بین 10 الی 16

درجه سانتی گراد.

§ ناحیه آب و هوای نیمه خشک با تابستان‌های گرم (نواحی کویری در شمال شرقی و شرق) شامل

شهرستان‌های: آران و بیدگل، کاشان، نایین، اردستان، قسمتی از شهرستان برخوار و میمه با میانگین

بارندگی سالانه بین 75 الی 110 میلی متر و میانگین درجه حرارت سالیانه بین 16 الی 20 درجه

سانتی گراد.

بخش

۱

مقدمه ای بر مخاطرات طبیعی

مقدمه

در دنیای نو، بین موقعیت‌های برجسته در زمینه علوم و پزشکی که زندگی را امن‌تر و سالم‌تر می‌کند و مرگ و نابودی که با مخاطرات طبیعی افزایش پیدا می‌کنند، تناقض فزاینده‌ای وجود دارد. تضاد مذکور به خاطر حقیقت پذیری علم، پیچیده‌تر و مشکل‌تر می‌شود و سبب ظهور تهدیدهایی شده که منشأ انسانی دارد و خود محصول عدم موفقیت و ناتوانی نظام‌های موجود است. امروزه مردم نه تنها در مخاطره وقایع شدید طبیعی مانند زلزله و سیل قرار دارند، بلکه همچنین در خطر انفجارهای صنعتی، انتشار مواد سمی و تصادفات شدید هستند.

تا چه مقدار می‌توان «سطح قابل قبول» خطر را تعریف کرد و این تعریف در بین جوامع مختلف کره زمین تا چه حد تغییر می‌کند؟

1-1. مخاطره و احتمال خطر

مخاطره، بخش اجتناب ناپذیر زندگی است. انسان‌ها هر روز به نحوی با خطر مواجه می‌شوند، از جمله تعدادی در تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند، دچار نقص عضو می‌شوند، اموالشان به سرقت می‌رود، از آلودگی صوتی محیط پیرامون و انواع دیگر آلودگی‌ها رنج می‌برند. زندگی در محیط بدون خطر امکان پذیر است و انتظار می‌رود توجه عمومی مردم نسبت به خطر در آینده با آن که اکثر مردم از طول عمر بیشتر و زندگی سالم‌تر بهره‌مند می‌شوند، افزایش یابد.

بعضی اوقات احتمال خطر، مترادف با مخاطره به کار می‌رود اما احتمال خطر کاربرد دیگری دارد و به معنای امکان وقوع عملی حادثه زیان آور و خطرناک است. بهترین تعریف مخاطره، عبارت است از جریان یا واقعه‌ای که به طور بالقوه توان ایجاد زیان در آینده را دارد، یعنی منبع متعارف خطر.

احتمال خطر، عبارت است از قرار گرفتن انسان یا متعلقات بسیار ارزشمند او در معرض خطر و اغلب آن را ترکیبی از احتمال و زیان لحاظ می‌کنند.

امکان دارد مخاطره (یا علت) را هنگامی که تعداد زیادی از مردمی که در معرض مخاطره قرار می‌گیرند، کشته و زخمی می‌شوند و یا به طریقی زیان می‌بینند حادثه نامید. بنابراین حادثه را می‌توان «تحقق یافتن خطر» دانست.

فاجعه یک پدیده ناگهانی طبیعی است که کارکردها و ساختار و نهادهای اجتماعی را برای یک دوره زمانی، به هم می‌ریزد. بنابراین فاجعه یک پدیده اجتماعی است که موجب به هم ریختگی نهادهای اجتماعی در یک دوره می‌شود، ولی سبب از بین رفتن این نهادها نشده و جامعه به زندگی خود ادامه می‌دهد.

از دیدگاه عمومی، می‌توان سانحه را این گونه تعریف کرد: سوانح را می‌توان حوادثی طبیعی یا حاصل دست انسان‌ها شمرد، که آنچنان ناگهانی بروز کرده و آنچنان ویران می‌کنند که مردم سانحه دیده از عهده دفع و رفع خسارت‌های آن بر نمی‌آیند و دست کمک به سوی غیر دراز می‌کنند.

نخستین عوارض یک فاجعه را با تعداد کشتگان، مجروحان و آوارگان می‌سنجند، عوارض دراز مدت بعدی فاجعه که دست کمی از عوارض نخستین آن ندارد ولی اغلب کمتر منعکس می‌شود، ممکن است سبب ایجاد خسارت‌های جبران ناپذیر در برنامه‌های عمرانی، تحلیل رفتن ذخایر اقتصادی و اجتماعی جامعه، وابستگی آتی به کمک‌های خارجی، جابجایی انبوهی از مردم و افزایش آسیب پذیری در برابر فاجعه‌های آینده باشد. از دیدگاه مدیریت نیز فاجعه یا بحران دارای تعریف است:

در مورد مفهوم کلی بحران می‌توانیم بپذیریم که مفهوم کلی بحران اشاره به وضعیتی دارد که در اثر بروز یک حادثه غیر مترقبه دگرگون شود.

در دیدگاه سیستمی بحران این گونه تعریف می‌شود:

بحران عبارت است از وضعیتی که نظم سامانه اصلی یا قسمت‌هایی از آن را که سامانه فرعی می‌نامیم، مختل کرده و پایداری آن را بر هم زند، به زبان دیگر بحران وضعیتی است که تغییری ناگهانی در یک یا چند

قسمت از عوامل متغیر سامانه به وجود می‌آورد. اما نمی‌توان ادعا کرد که یک بحران سیستمی، به طور حتم موجب دگرگونی اوضاع خواهد شد.

موضوع شناخت بحران‌ها و روش مدیریت و کنترل آنها، موضوعی است که هم از دیدگاه‌های سیاسی و اجتماعی و هم دیدگاه مدیریت بنگاه‌های اقتصادی و در نهایت از دیدگاه مدیریت سوانح، در سال‌های اخیر توجه بسیاری از دانشمندان و محققان را به خود جلب کرده است. بحرینی و آخوندی (1379) درباره ویژگی‌های بحران خصوصیات زیر را ذکر کرده اند:

- بحران، یک تهدید واقعی نسبت به هدف‌ها و مقاصد عوامل درگیر است.
- بحران، نتایج مهمی را در پی دارد که عواقب آن در آینده روابط طرف‌های درگیر را معین می‌کند.
- بحران، یک وضعیت اضطراری را به وجود می‌آورد که در آن تشویش و نگرانی عوامل تصمیم گیرنده افزایش می‌یابند.

ویژگی‌های بحران و مدیریت بحران با شرایط یک منطقه آسیب دیده و مدیریت سوانح انطباق دارد. بدیهی است شدت و محدوده جغرافیایی بحران تابعی از شدت و بزرگی سانحه است. نگرش از دیدگاه مدیریت بحران به سانحه بازگو کننده این مطلب است که برای کنترل بحران و رفع آن نیاز به آمادگی از پیش و الگوی تجربه شده جهت برنامه ریزی، سازماندهی، هماهنگی، تصمیم گیری و گردش اطلاعات بازسازی دارد. نداشتن این الگو نه تنها موجب کنترل بحران به وجود آمده نمی‌شود بلکه می‌تواند موجب تعمیق و گسترش بحران شود و مشکلات پیچیده تری را ایجاد نماید.

انواع مخاطرات محیطی در ارتباط با شدت کاهش، به صورت زیر شناخته می‌شوند:

§ خطرهای وارد بر انسان، مرگ، جراحت، بیماری و تنش

§ خطرهای وارد بر کالا، زیان بر اموال، خسارت اقتصادی

§ خطرهای وارد بر محیط، آسیب بر حیات گیاهی و جانوری، آلودگی و نبود امنیت

به طور کلی احتمال خطر مرگ و میر ناشی از سانحه در کشورهای کم توسعه یافته سه تا چهار برابر کشورهای توسعه یافته است. انواع عمده تهدید نیز نسبتاً مختلف است. هیمن و همکارانش (1991) بین سال‌های 1964 تا 1989 بر حسب تعداد وقایع و تأثیر آنها شامل زد و خورد‌های داخلی به پنج گروه تقسیم کرده اند. سوانح متداول ترین خطرهای محسوب می‌شوند که بر جمعیت زیادی اثر می‌گذارند. دومین منبع بزرگ مرگ و میر کمبود مواد غذایی بر اثر خشکسالی است و اصولاً محدود به جهان سوم است. بیش از 90 درصد از مرگ و میر مردم افریقا به دلیل زد و خورد‌های داخلی و خشکسالی بوده‌است. علاوه بر اینها زلزله، بیماری‌های مسری و آتش سوزی‌ها گروه‌های دیگری از سوانح را تشکیل می‌دهند.

2-1. مخاطرات محیطی

پژوهشگران مخاطرات محیطی را عناصر محیط که برای انسان مضرند و به وسیله قوای خارجی برتر از توان انسان ایجاد می‌شوند، تعریف کرده اند. بیشتر مخاطرات محیطی مولفه‌های طبیعی و انسانی را توأمان دارند. به عنوان مثال، معضلات سیل ممکن است بر اثر نوسانات اقلیمی، مانند افزایش فراوانی توفان، فعالیت‌های انسان مانند زهکشی زمین و تخریب و نابودی جنگل بدتر شوند. خطرهای طبیعی به طور سنتی در چهار چوب شناخت محیط زیست روی می‌دهند. شکل مذکور وقایع یا حوادث طبیعی و تفسیر آنها را با عنوان خطرهای طبیعی (یا منابع) از هم متمایز می‌کند. بنابراین مخاطره طبیعی از ناسازگاری فرآیندهای طبیعت زمین با مردم حاصل می‌گردد. این تفسیر به دو دلیل به انسان در حوادث مصیبت بار نقش مرکزی می‌دهد. اول مکان و موقعیت محل استقرار بشر اهمیت پیدا می‌کند زیرا تنها وقتی احتمال وجود مصیبت پدید می‌آید که اموال مردم و آنچه برای ایشان ارزش

داشته باشد در مسیر فرآیندهای طبیعی قرار گیرد. دوم درک و دریافت آدمی مهم است، تعادل کارهای قبل و در دسترس داشتن منابع مربوط، بیشتر بر تأثیر وقایع طبیعت و زمین و مدیریت آنها تأکید می‌شود.

3-1. گونه شناسی خطر و سانحه

خطرهای طبیعی را می‌توان به خطرهای ناشی از منشأ درونی زمین (مانند خطرهای زلزله و آتشفشان) و از منشأ بیرونی زمین (مانند سیل، خشکسالی و بهمن) تقسیم کرد. این طبقه بندی فیزیکی محدودیت‌هایی برای مطالعه سانحه دارد. انواع عوامل مربوط به زیان‌های وقایع طبیعت زمین را بدون در نظر گرفتن فرآیند خاص آنها فهرست نموده اند (جدول 1-1):

§ وسعت ناحیه ای منطقه زیان دیده

§ شدت تأثیر در یک نقطه

§ دوام تأثیر در یک نقطه

§ میزان شروع واقعه

§ قابلیت پیش بینی واقعه

در شکل 1-1 درصد وقوع بلایای طبیعی در جهان طی سال‌های 1980 تا 2005 درج شده‌است. ملاحظه می‌گردد که در طول این سال‌ها به ترتیب سیل، توفان، زمین لرزه، دمای حدی، آتش سوزی، اپیدمی بیماری‌ها و طغیان آفات و حشرات، لغزش زمین و خشکسالی، آتشفشان بلایای جوی غالب در جهان بوده اند. در شکل 2-1 تلفات انسانی ناشی از وقوع بلایای طبیعی طی سال‌های 1980 تا 2005 درج شده‌است. دیده می‌شود که بیشترین تلفات به ترتیب مربوط به خشکسالی، اپیدمی بیماری‌ها و طغیان آفات و حشرات، زمین لرزه، توفان، تسونامی، سیل، دمای حدی، آتشفشان، لغزش زمین، آتش سوزی خود به خود بوده‌است.

جدول 1-1. عوامل یا فرآیندهای بالقوه خطرناک محیط

عناصر منفرد	حوادث یا عناصر مرکب
باران شدید	توفان‌های باد و باران
یخ شیشه	توفان‌های یخ شیشه ای
نگرگ	توفان‌های همراه با رعد و برق
برف سنگین	گردبادها و توفان‌های خیلی سرد
باد شدید	گرد بادها
دماهای حدی	فشارهای گرم و سرد
2- عوامل آبی	سیل رودخانه ای (باران، ذوب برف، سیلاب‌های ناشی از شکستن سدهای طبیعی) عمل امواج در ساحل دریا و دریاچه آب گرفتگی انبوه یخ دریا و کوه یخی خشکسالی پس از کاهش بارندگی پیشروی یخچال
3- عوامل زمین شناسی	حرکات انبوه مواد: زمین لغزه‌ها، بهمن‌ها، جریان‌های گلی، فرونشینی و غیره فرسایش (بنیادها، خاک‌ها و غیره) زلزله فوران‌های آتشفشانی ماسه روان
4- عوامل زیستی	بیماریهای شدید واگیر انسانی بیماریهای شدید واگیر گیاهی بیماریهای شدید واگیر حیوانات اهلی و وحشی هجوم حیوانات به گیاهان مانند هجوم ملخ‌ها آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع
5- عوامل فناوری	تصادفات در رانندگی، حمل و نقل انفجار در کارخانجات و آتش سوزی‌ها انتشار گازهای سمی ناتوانی در حفاظت از نیروگاه اتمی ناتوانی ساختمانی بناهای عمومی یا سایر ساختمان‌ها جنگ اتمی و میکروبی

مأخذ: محمدی، 1387

در شکل 1-3 خسارات اقتصادی ناشی از وقوع بلایای طبیعی طی سالهای 1980 تا 2005 درج شده است.

ملاحظه می‌گردد که بیشترین خسارات اقتصادی ناشی از بلایا به ترتیب مربوط به توفان، سیل، زمین لرزه،

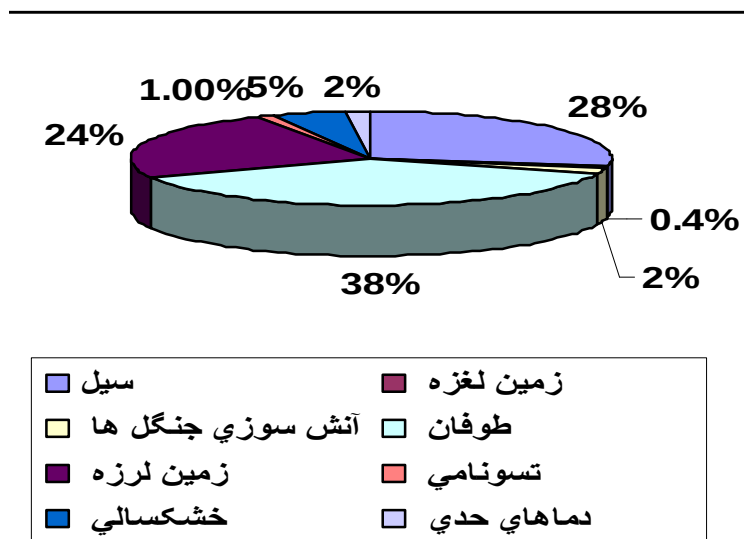
خشکسالی، دمای حدی، آتش سوزی، تسونامی و لغزش زمین بوده است.

حوادث و مخاطرات طبیعی از دیر باز به عنوان مخرب ترین عوامل آسیب رسان به انسان، جامعه و زیست

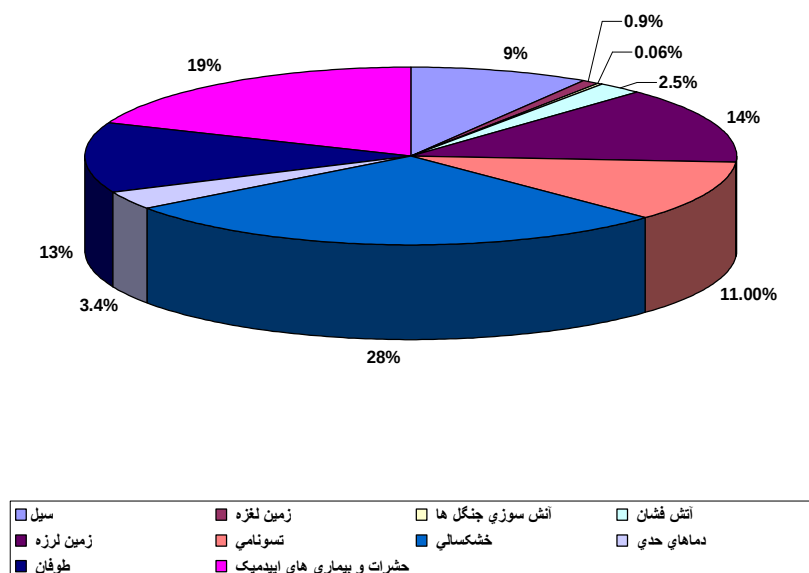
گاهش مطرح بوده اند از این رو تلاش‌های بشر برای مقابله با این مخاطرات محیطی به گشوده شدن دریچه

ای جدید از فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی موسوم به مدیریت بحران منجر شده است. توانایی کشورها در

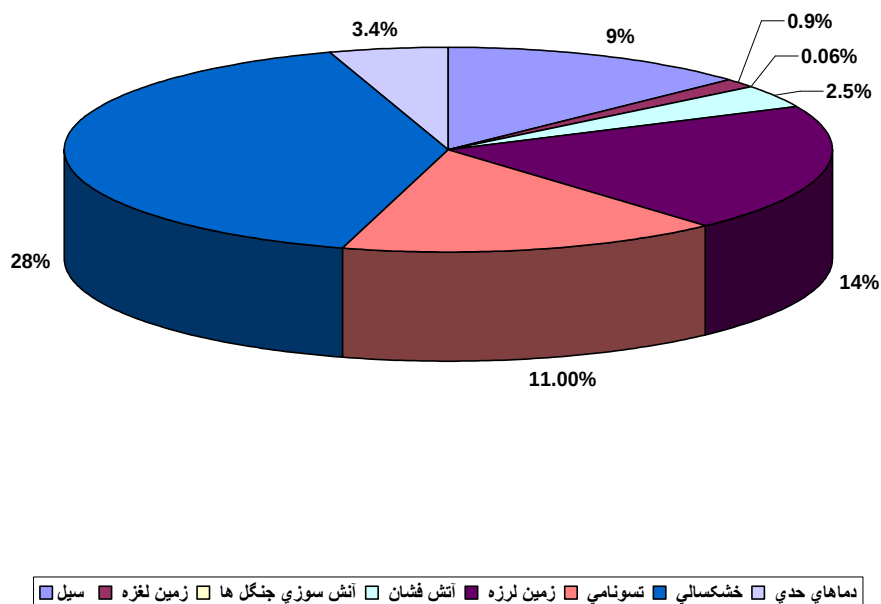
رویارویی با خطرات بستگی زیادی به سیاست مدیریت کنترل بلایای طبیعی دارد.



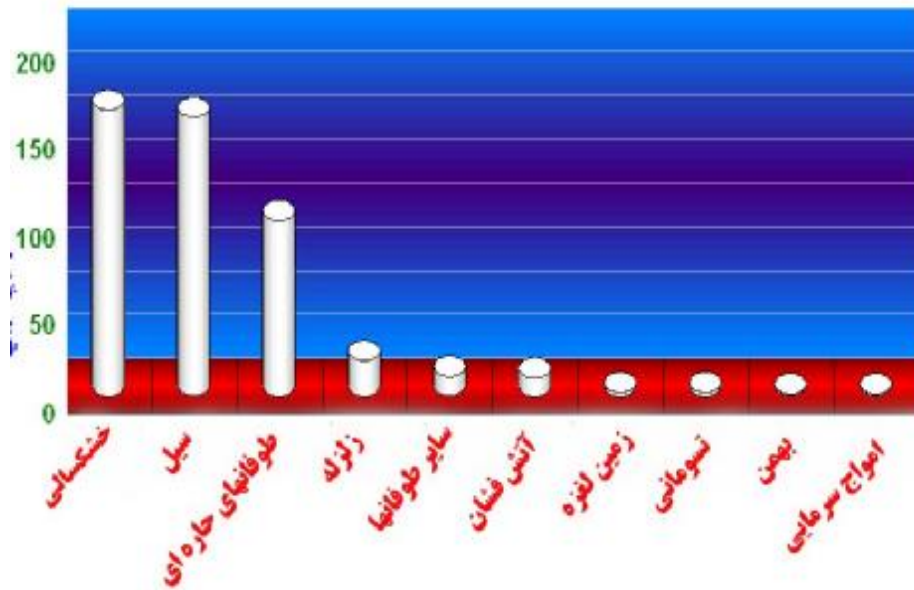
شکل 1-1. درصد وقوع بلایای طبیعی در جهان طی سالهای 1980 تا 2005



شکل 1-2. تلفات انسانی ناشی از وقوع بلایای طبیعی طی سال‌های 1980 تا 2005



شکل 1-3. خسارات اقتصادی ناشی از وقوع بلایای طبیعی طی سال‌های 1980 تا 2005



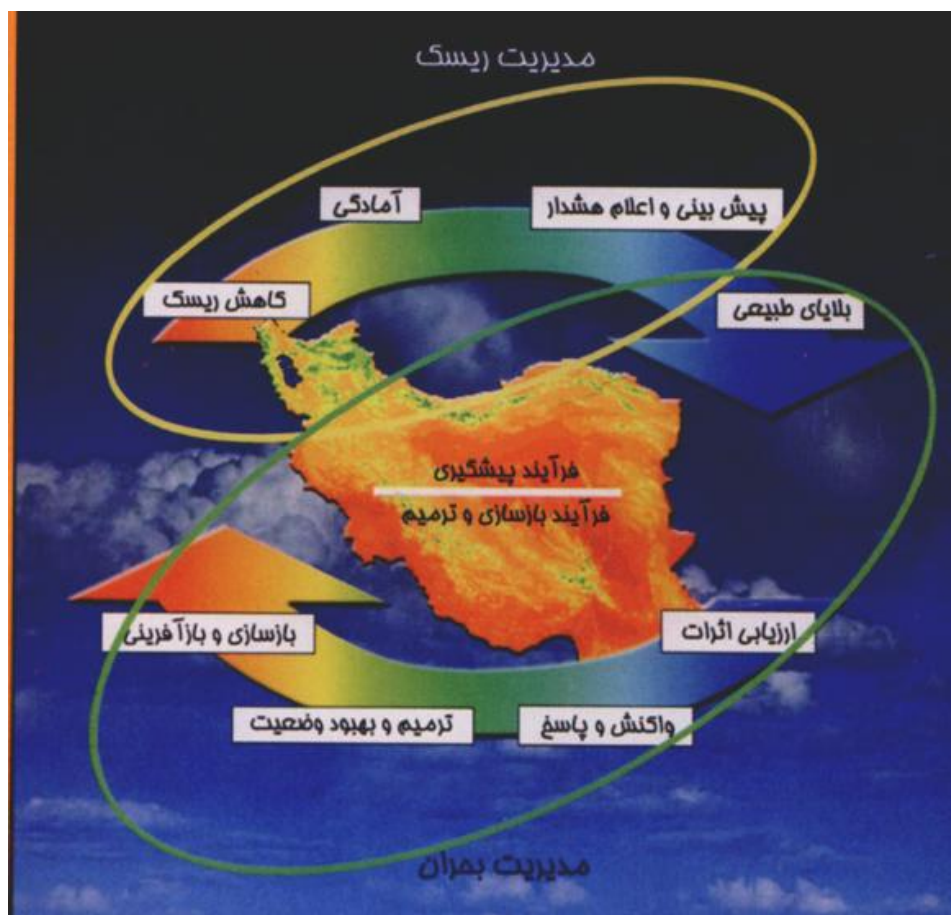
شکل 1-4. عمده بلایای طبیعی در طی سالهای 1341-1370 که حدود یک یا بیشتر از یک درصد جهان را تحت تاثیر قرار داده اند.

در شکل 1-4 ملاحظه می گردد که در یک دوره سی ساله بیشترین فراوانی وقوع بلایا به ترتیب به خشکسالی، سیل، توفانهای حاره ای، زلزله، سایر توفانها، آتش فشان، زمین لغزه، تسونامی، بهمن و امواج گرمایی تعلق دارد.

1-4. برنامه ریزی مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه

در بخش های قبلی ذکر شد که بلایا به دو گروه طبیعی و انسان ساخت تقسیم می شوند. بلایای ساخته بشر نظیر کاربرد عوامل بیولوژیک، شیمیایی و ... هستند ولی بلایای طبیعی از قبیل (خشکسالی، سیل، ...) دارای جنبه های متفاوت و نیازمند روش های دیگر در برخورد و کمک رسانی و نیز یاری رسانی بین المللی اند. لذا به بیانی دیگر می توان گفت که بحران عبارت است از عدم انطباق بین نیازها و منابع، و مدیریت بحران عبارت است از کنترل شرایط متزلزلی که با وقوع بحران ایجاد می گردد. در شکل 1-5 مراحل فرآیند مدیریت بحران و ریسک به طور تصویری نشان داده شده است. دیده می شود که در چرخه مدیریت بحران وقوع بلایا، ارزیابی اثرات، واکنش و پاسخ، ترمیم و بهبود وضعیت، بازسازی و باز آفرینی قرار دارد. اما در مدیریت ریسک به

عکس مدیریت بحران اقدامات گسترده ای قبل از وقوع بحران انجام می‌شود و عملاً غافلگیری به حداقل می‌رسد. چرخه مدیریت ریسک شامل: پیش بینی و اعلام هشدار، آمادگی و کاهش ریسک می‌باشد.



شکل 1-5. فرآیندهای موجود در چرخه مدیریت بحران و مدیریت ریسک

§ به طور کلی اصول تجزیه و تحلیل مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه شامل موارد زیر است:

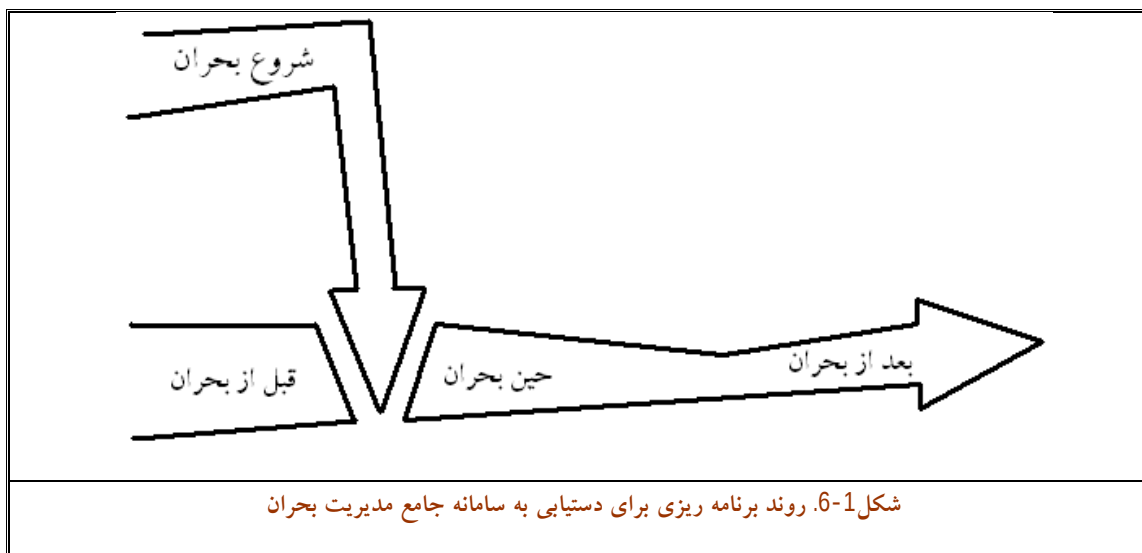
- طراحی برنامه مقابله با حوادث غیر مترقبه
- هماهنگی سازمان مرتبط
- حمل و نقل در حوادث غیر مترقبه
- ارتباطات در حوادث غیر مترقبه
- رسانه‌ها در حوادث غیر مترقبه
- اصول پیش‌گیری و آموزش‌ها در حوادث غیر مترقبه

5-1. الگوی مدیریت جامع بحران

در این الگو مدیریت بحران، به مراحل چهارگانه (پیشگیری و کاهش اثرات، آمادگی، مقابله، بازسازی) تفکیک می‌گردد که شامل برنامه ریزی و مدیریت می‌شود. در جدول 2-1 و شکل 1-6 فرآیندها و روند برنامه ریزی برای دستیابی به سامانه جامع مدیریت بحران درج شده‌است.

جدول 2-1. فازهای مدیریتی و برنامه ریزی بحران

فازهای مدیریت و برنامه ریزی بحران	اصول
پیشگیری و کاهش اثرات	روشهای غیرسازه ای باید الویت داده شوند
آمادگی	سازمانهای اصلی که باید هنگام بحران وارد عمل شوند باید از قبل شناسایی شده و وظایف و مسئولیتهای آنها کاملاً مشخص و تعریف شده باشد
مقابله	باید بین سازمانهایی که وظایف سنتی را انجام می دهند و سازمانهایی که وظایف جدید را انجام می دهند نوعی موازنه برقرار شود
بازگشت به حالت عادی و بازسازی	فعالتهای مربوط به بازگشت به حالت عادی و بازسازی باید از قبل برنامه ریزی شده و بخشی از برنامه های توسعه اجتماعی باشند



6-1. برنامه‌های پیشنهادی جهت اقدامات اساسی در فرآیند مدیریت ریسک و بحران

§ توجه به مدارک و بیانیه‌های بین‌المللی به صورت ملی در جهت تدوین و اجرای طرح جامع ملی با تطبیق اقدامات اساسی و انفعالی (مدیریت ریسک و بحران) به صورت پیوسته توسط دولت با بهره‌گیری از متخصصین، مردم و انجام آموزش‌های عمومی جهت مقابله با بحرانهای حاصل از بلایای طبیعی

§ هماهنگی برنامه ریزی‌های ناحیه‌ای و بخشی با مدیریت بحران

§ در نظر گرفتن منابع مالی لازم برای طرح‌های آماده‌سازی و تخفیف خسارات قبل از وقوع حادثه

§ استفاده از مشارکت اجتماعی و مدیریت بحران به گونه‌ای که تنها یک مسئولیت کاملاً دولتی محسوب نشود.

§ توانمندی و متعهد بودن افراد، تجهیز تسهیلات و هماهنگی در تمامی مراحل مدیریت بحران

§ مشخص نمودن قوانین روشن و شفاف با مسئولیت‌های مختلف بین سازمان‌های اجرایی.

بنابراین می‌توان گفت هدف کلی مدیریت بحران بهینه‌سازی فعالیت‌های مقابله با بحران و به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن است.

جدول 1-3. فعالیت‌های مدیریتی در مراحل مختلف چرخه مدیریت بحران

فعالیت‌ها و اقدامات		نماد عملیاتی	مراحل زمانی بحران
سیاستگذاری و قانونمندی	تعیین آسیب پذیری و کاهش آثار	ق	قبل از بحران
برنامه ریزی	آمادگی		
تخمین و برآورد توان بلایای طبیعی	اخطار و هشدار		
تخمین و برآورد خطر	پژوهش و آموزش		
پیش گیری			
اطلاع رسانی و هشدار		ش	شروع بحران
ارزیابی مقدماتی ایجاد حادثه			
بسیج			
جستجو و نجات			
امداد رسانی			
فعال نمودن مدیریت بحران			
فعال نمودن رسمی برنامه مقابله		ح	حین بحران
جستجو، امداد و نجات			
تسهیلات زندگی			
تمهیدات پزشکی و مراقبت			
بهداشت منطقه، مصدومین و بازماندگان			
تخلیه جمعیت از اماکن ناامن به محل امن			
ایجاد نظم در جامعه			
برآورد دقیق فاجعه			
اطلاع رسانی			
مقاوم سازی و برقراری مجدد خدمات ضروری		پ	پس از بحران
بازسازی			
ایجاد سرپناه امن و مسکن موقت			
تخریب اماکن ناامن و پاکسازی مناطق صدمه دیده			
بازگست به وضعیت عادی			
مددکاری			
ارزیابی و بازنگری قوانین و برنامه های مدیریت بحران			
توسعه، پژوهش و آموزش			

7-1. پیش‌بینی‌های هواشناسی و نقش آنها در کاهش خسارات بلایای طبیعی

درسازمان هواشناسی کشورهای جهان و از جمله کشور ما به طور معمول چند گزارش پیش‌بینی صادر می‌شود. گزارش‌های عادی پیش‌بینی شامل پیش‌بینی‌های روزانه، اطلاعیه و اخطاریه می‌باشد.

«گزارش پیش‌بینی روزانه» گزارشی است که به طور روزانه برای 24 تا 48 ساعت آینده صادر می‌شود.

«اطلاعیه» یک نوع پیش‌آگاهی برای وقوع پدیده‌های جوی مانند بارش باران یا برف، افت دما، وزش باد شدید و... بوده که معمولاً بین 2 تا 5 روز قبل از وقوع پدیده جوی صادر می‌گردد.

«اخطاریه» نیز یک نوع پیش‌آگاهی برای وقوع پدیده‌های مخرب جوی مانند سیل و توفان است که نسبت به اطلاعیه از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. اخطاریه معمولاً بین 1 تا 3 روز قبل از وقوع پدیده صادر شده و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

به دلیل ماهیت برخی از پدیده‌های جوی مثل خشکسالی که به صورت آرام و خزنده ظاهر شده و معمولاً عوارض آن هنگامی آشکار می‌شود که مدتها از وقوع آن گذشته و دیگر کاری نمی‌توان کرد مگر اختصاص بودجه و اعتبار که آن هم صرفاً به منظور کاستن از اثرات سوء این پدیده صورت می‌گیرد، نیاز به ارائه پیش‌بینی‌های بلند مدت می‌باشد.

«پیش‌بینی‌های بلند مدت» به پیش‌بینی‌هایی اطلاق می‌شود که خبر از وقوع پدیده‌های جوی را در یک بازه زمانی بیشتر از چند روز می‌دهد. این پیش‌بینی‌ها شامل پیش‌بینی‌های ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشند. این دسته از پیش‌بینی‌ها هر مقدار که به مدت آن اضافه می‌شود به همان اندازه از پیش‌بینی‌های هواشناسی محض خارج شده و به سمت پیش‌بینی‌های اقلیمی میل می‌کنند. پیش‌بینی‌های هواشناسی و اقلیم شناسی می‌توانند نقش موثری در فرآیند کنترل وضعیت‌های بحرانی که معمولاً پس از وقوع پدیده‌های مخرب طبیعی حادث می‌شوند ایفا نمایند و در حقیقت این گونه پیش‌بینی‌ها زمینه مدیریت ریسک را فراهم می‌سازند.

بخش

۲

درک و تعریف خشکسالی

خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه بسیاری به اشتباه آن را واقعه ای تصادفی و نادر می‌پندارند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، گرچه مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً تفاوت می‌کند. خشکسالی یک اختلال موقتی است و با خشکی تفاوت دارد چرا که خشکی صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندک است و حالتی دائمی از اقلیم می‌باشد. خشکسالی جزء بلایای طبیعی نامحسوس است. گرچه تعاریف متفاوتی برای این پدیده ارائه شده لیکن در کل حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می‌باشد. این کمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت‌ها، گروه‌ها و یا یک بخش زیست محیطی می‌شود. خشکسالی بایستی در رابطه با برخی شرایط متوسط درازمدت از موازنه مابین بارش و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شود، معمولاً در هر منطقه ای یک شرایط خاص به عنوان «نرمال» تعریف می‌شود. به علاوه این پدیده با زمان (فصل اصلی وقوع این پدیده، تأخیر در شروع فصل بارانی، وقوع بارش در ارتباط با مراحل اصلی رشد گیاه) و نیز مؤثر بودن بارش‌ها (شدت، بارش، تعداد رخداد‌های بارندگی) مرتبط است. سایر عوامل اقلیمی نظیر دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین تر غالباً در بسیاری از نقاط جهان با این پدیده همراه شده و می‌توانند به طرز قابل ملاحظه‌ای بر شدت آن بیفزایند.

خشکسالی را نباید صرفاً به عنوان پدیده‌ای کاملاً فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت. تأثیرات آن در جامعه حاصل ایفای نقشی مابین یک رخداد طبیعی (بارش کمتر از حد مورد انتظار به دلیل تغییرات اقلیمی) و نیاز مردم به منابع تأمین آب می‌باشد. خشکسالی‌های اخیر در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نتایج اقتصادی، تأثیرات زیست محیطی و پیامدهای ناگواری به بار آورده که جملگی باعث شده‌اند که آسیب پذیری تمامی جوامع به این پدیده در اولویت فعالیت های پژوهشی قرار گیرد. دو نوع تعریف کلی برای خشکسالی وجود دارد: تعریف مفهومی و تعریف عملی.

2-1. تعریف خشکسالی

- تعریف مفهومی

تعاریف مفهومی که در قالب اصطلاحاتی کلی بیان می‌شود به افراد کمک می‌کند تا مفهوم خشکسالی را درک کنند. یک تعریف مفهومی از خشکسالی به این شکل بیان می‌شود: «خشکسالی عبارت است از یک دورهٔ ممتد کمبود بارش که منجر به صدمه زدن به محصولات زراعی و کاهش عملکرد می‌شود».

تعاریف مفهومی در تبیین سیاست گذاری در زمینه خشکسالی نیز حائز اهمیت هستند. مثلاً سیاست کلی در زمینه خشکسالی در استرالیا تلفیقی از آگاهی نسبت به تغییر پذیری نرمال اقلیم در تعریف متناظر آن از خشکسالی می‌باشد. این کشور، کمک‌های مالی به زارعان را صرفاً در رخداد خشکسالی‌های شدید به ویژه زمانی که شرایط خشکسالی حادثتر از مواردی است که به عنوان جزئی از ریسک عادی مدیریت پروژه در نظر گرفته می‌شود، ارائه می‌کند. لازم به ذکر است که تشخیص خشکسالی‌های شدید مبتنی بر ارزیابی‌های علمی است.

تعریف عملی

تعاریف عملی به افراد کمک می‌کند تا شروع، خاتمه و درجه شدت خشکسالی را تشخیص دهند. تعاریف عملی برای تعیین شروع خشکسالی، میزان انحراف از میانگین بارش یا سایر متغیرهای اقلیمی در طول یک دوره زمانی را مشخص می‌کند. این امر معمولاً با مقایسه وضعیت فعلی نسبت به متوسط‌های گذشته که غالباً مبتنی بر دوره آماری 30 ساله است انجام می‌شود.

حد آستانه تعیین شده به عنوان شروع یک خشکسالی (مثلاً 75 درصد بارش متوسط در طول یک دوره زمانی مشخص) معمولاً بیشتر به صورت قراردادی انتخاب می‌شود تا بر مبنای رابطه دقیق تأثیرات خاص خشکسالی بر محیط.

در تعریف عملی خشکسالی کشاورزی مقدار بارندگی روزانه با مقادیر تبخیر و تعرق مقایسه می‌شود تا آهنگ تخلیه رطوبت خاک تعیین شود و این روابط برحسب میزان تأثیرات خشکسالی بر رفتار گیاه (یعنی رشد و عملکرد) در مراحل مختلف نمو گیاه بیان می‌گردد.

این گونه تعاریف را می‌توان در ارزیابی عملی شدت و اثرات خشکسالی بر اساس متغیرهای هواشناسی، رطوبت خاک و شرایط گیاه در طی فصل رشد مورد استفاده قرار داد و مستمراً تأثیر بالقوه این شرایط را بر عملکرد نهایی ارزیابی کرد. به علاوه این تعاریف عملی در تحلیل تناوب شدت و تداوم خشکسالی برای یک دوره تاریخی مفروض نیز کاربرد دارند. لیکن چنین تعاریفی نیازمند داده‌های جوی در مقیاس‌های زمانی ساعتی، روزانه، ماهانه و سایر مقاطع زمانی و احتمالاً داده‌های مربوط به تأثیر پذیری از پدیده نظیر عملکرد محصول، بسته به ماهیت تعریف مورد استفاده قرار می‌گیرند. شناسایی ماهیت اقلیمی خشکسالی در یک منطقه، درک بیشتر خصوصیات و احتمال وقوع مجدد در شدت‌های مختلف این پدیده را میسر می‌سازد. اطلاعاتی از این نوع در تهیه راهبردهای تقلیل اثرات خشکسالی و تدوین طرح‌های آمادگی بسیار سودمند است.

خشکسالی از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی کشاورزی و اقتصادی - اجتماعی

§ خشکسالی هواشناسی:

معمولاً براساس درجه خشکی (در مقایسه با مقادیر نرمال یا میانگین) و طول دوره خشکی تعریف می‌شود. تعاریف خشکسالی هواشناسی باید به صورت موردی برای هر منطقه خاص در نظر گرفته شود چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می‌شود، از منطقه‌ای به منطقه دیگر شدیداً تغییر می‌کند. برخی تعاریف خشکسالی هواشناسی معرف دوره‌هایی از خشکسالی براساس تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص هستند. این سنجش صرفاً برای مناطقی که مشخصاً دارای رژیم‌های بارندگی ادواری هستند مانند جنگل‌های استوایی، اقلیم معتدل نیمه حاره یا اقلیم مرطوب عرض‌های میانی مناسب است. مناطقی نظیر مانائوس (برزیل) نیواورلئان لوئیزیانا (آمریکا) و لندن (انگلیس) مثالهایی از این مناطق می‌باشند. لیکن مشخصه سایر مناطق اقلیمی الگوی بارش فصلی است. نظیر مناطق مرکزی آمریکا، شمال شرق برزیل، غرب آفریقا و شمال استرالیا.

وجود دوره‌های طولانی بدون بارندگی در مناطقی نظیر اوباه، نبراسکا (آمریکا)، فورتالزا، سنار (برزیل) و داروین (استرالیا) امری عادی است. در این موارد، تعریفی مبتنی بر تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص، غیر واقعی است. در سایر تعاریف رابطه‌ای مابین میزان انحراف واقعی بارش به مقادیر متوسط ماهانه، فصلی یا سالانه برقرار می‌شود.

§ خشکسالی کشاورزی:

خشکسالی کشاورزی، ویژگی‌های مختلف هواشناسی یا هیدرولوژیکی خشکسالی را به پدیده کشاورزی به ویژه کمبود بارش، اختلاف بین تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل، کمبود رطوبت خاک، افت سطح آب زیرزمینی یا مخزن و ... مرتبط می‌سازد. نیاز آبی گیاه بستگی به شرایط جوی غالب، خصوصیات زیستی و مراحل رشد گیاه و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد.

یک تعریف خوب از خشکسالی کشاورزی آن است که بتواند حساسیت گیاهان زراعی را در طی مراحل نمو گیاه از سبز شدن تا بلوغ لحاظ نماید. کمبود رطوبت در لایه‌های فوقانی خاک به هنگام کاشت می‌تواند باعث تأخیر جوانه زنی شود که موجب کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصان عملکرد نهایی گردد. لیکن چنانچه رطوبت خاک در لایه سطح الارضی برای نیازهای مراحل اولیه رشد کافی باشد کمبودهای رطوبتی در لایه‌های زیرین خاک در صورت تأمین نیازهای آبی گیاه توسط بارندگی یا آبیاری بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت.

§ خشکسالی هیدرولوژیکی

خشکسالی هیدرولوژیکی با تأثیرات دوره‌هایی از نقصان ریزش‌های جوی (شامل برف) بر منابع تأمین آبهای زیرزمینی یا سطحی مثل جریان رودخانه‌ها، مخازن، دریاچه‌ها و آب زیرزمینی همراه می‌شود.

فراوانی و شدت خشکسالی‌های هیدرولوژیکی غالباً در مقیاس یک آبخیز یا حوزه آبریز رودخانه بیان می‌شود. گرچه همه خشکسالی‌ها از کمبود بارش منشأ می‌گیرند لیکن هیدرولوژیست‌ها بیشتر به این موضوع توجه دارند که این کمبود چگونه در سامانه هیدرولوژیکی ظاهر می‌شود. خشکسالی‌های هیدرولوژیکی معمولاً با تأخیر بیشتری نسبت به خشکسالی‌های هواشناسی یا کشاورزی رخ می‌دهند. زمان بیشتری طول می‌کشد تا اثر کمبود بارش در اجزاء سامانه هیدرولوژیکی نظیر رطوبت خاک، جریان رودخانه و سطح مخازن و آبهای زیرزمینی نمایان شود. در نتیجه زمان این تأثیرات با سایر موارد موجود در دیگر بخشهای اقتصادی یکسان نیستند چرا که بخش‌های مختلفی برای تأمین آب مورد نیاز خود به این منابع متکی هستند.

مثلاً کمبود بارش می‌تواند موجب تخلیه سریع رطوبت خاک شود که تقریباً بلافاصله برای متخصصان کشاورزی مشهود است ولی این کمبود بر سطح آب مخازن تا ماهها بر تولید نیروی برق آبی یا مصارف روزمره تأثیر نمی‌گذارد. به علاوه آب موجود در سامانه‌های ذخیره هیدرولوژیکی (مثلاً مخازن، رودخانه‌ها) معمولاً در مقاصد مختلف و رقابتی (مانند کنترل سیلاب، آبیاری، تفرج، کشتیرانی، نیروی برق آبی،

زیستگاه‌های حیات وحش) به کار می‌رود. رقابت بر سر آب در این سامانه‌های ذخیره‌ای در طی دوره خشکسالی شدت می‌گیرد و منازعات مابین استفاده‌کنندگان آب به طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

§ خشکسالی هیدرولوژیکی و آمایش سرزمین (کاربری اراضی)

گرچه اقلیم عامل اولیه‌ای در بروز خشکسالی هیدرولوژیکی است ولی سایر عوامل نظیر تغییرات کاربری اراضی (مانند جنگل زدایی)، تخریب اراضی و ساخت سدها همگی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه اثر می‌گذارند. چون مناطق مختلف به وسیله سامانه‌های هیدرولوژیکی به هم مرتبط هستند، تأثیر خشکسالی هیدرولوژیکی به مرزهایی فراتر از منطقه کمبود بارش گسترش می‌یابد. مثلاً خشکسالی هواشناسی ممکن است شدیداً بخش‌هایی از شمال کوه‌های راکی و دشت‌های بزرگ شمالی آمریکا را تحت تأثیر قرار دهد لیکن از آنجا که رودخانه میسوری و شاخه‌هایش این منطقه را به سمت جنوب زهکشی می‌کنند، امکان بروز تأثیرات هیدرولوژیکی مشهودی در پایین دست جریان وجود دارد. مشابهاً، تغییرات در کاربری اراضی بالا دست می‌تواند خصوصیات هیدرولوژیکی نظیر مقادیر نفوذ و رواناب را تغییر داده و باعث نوسان جریان و تشدید رخداد خشکسالی هیدرولوژیکی در پایین دست شود.

مثلاً در کشور بنگلادش فراوانی وقوع کم‌آبی به دلیل تغییر کاربری اراضی که داخل کشور و کشورهای همسایه رخ داده، افزایش یافته است. تغییر نحوه استفاده از اراضی یکی از راه‌هایی است که طی آن فعالیت‌های بشر فراوانی پدیده کم‌آبی را حتی بدون آنکه تغییری در وقوع خشکسالی‌های هواشناسی مشاهده شده باشد، تغییر می‌دهد.

§ خشکسالی اقتصادی - اجتماعی

تعاریف اقتصادی - اجتماعی خشکسالی تلفیقی است از عرضه و تقاضای برخی کالاهای اقتصادی با اجزاء خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی.

این مورد با دیگر موارد ذکر شده، از آن جهت تفاوت دارد که وقوع آن بستگی به فرآیندهای زمانی و مکانی عرضه و تقاضا برای تعریف یا تشخیص خشکسالی‌ها دارد. عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب، علوفه، غلات، ماهی و نیروی برق آبی بستگی به وضعیت جو دارد.

به دلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم عرضه آب در برخی سالها کافی است، ولی در سالهای دیگر در حد تأمین نیازهای انسان و محیط زیست نیست. خشکسالی اقتصادی - اجتماعی زمانی رخ می‌دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی به دلیل نقصان عرضه آب از حاصل کمبود بارش از میزان عرضه فزونی می‌گیرد. به عنوان مثال در اروگوئه در سال 89-1988 خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای در تولید برق آبی شد بدین دلیل که نیروگاه‌های برقی به جای استفاده از ذخایر آب متکی به جریان‌های سطحی بودند. کاهش تولید برق آبی دولت را واداشت تا اقدام به ورود سوخت گرانتر نفت نماید و با استفاده از ابزارهای تبدیلی انرژی نیازهای مردم را برآورده سازد.

در اکثر موارد، تقاضا برای کالاهای اقتصادی در نتیجه افزایش جمعیت و مصرف سرانه رو به افزایش است. عرضه محصولات نیز ممکن است به دلیل بهبود راندمان تولید و فن آوری یا ساخت مخازنی که ظرفیت ذخیره آب را افزایش می‌دهد، بیشتر شود.

اگر هر دو کمیت عرضه و تقاضا افزایش یابد عامل (فاکتور) حساس، نرخ نسبی تغییر است. اگر تقاضا سریعتر از عرضه افزایش یابد، اثرات سوء و میزان وقوع خشکسالی در آینده همسو با روند عرضه و تقاضا افزایش خواهد یافت.

2-2. پیامد اثرات خشکسالی

پیامد اثرات توأم با خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی تفاوت‌های آنها را بیشتر آشکار می‌کند. زمانی که خشکسالی آغاز می‌شود، بخش کشاورزی به دلیل وابستگی بیش از حد به ذخیره رطوبتی خاک، معمولاً نخستین بخشی است که تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در طی دوره‌های ممتد خشکی،

چنانچه کمبود بارش ادامه یابد، رطوبت خاک به سرعت تخلیه می‌شود در این صورت اتکاء مردم به سایر منابع آبی باید تأثیرات این کمبود را مرتفع سازد مثلاً آنهایی که متکی به منابع آبهای سطحی (نظیر مخازن و دریاچه‌ها) و آبهای زیرزمینی هستند معمولاً دیرتر از سایرین تحت تأثیر قرار می‌گیرند. یک خشکسالی کوتاه مدت که 3 تا 6 ماه به طول می‌انجامد بسته به خصوصیات هیدرولوژیکی سامانه و نیازهای مصرف آب احتمالاً تأثیرات اندکی بر این بخش‌ها به همراه دارد.

زمانی که بارش به حالت نرمال بر می‌گردد و شرایط خشکسالی هواشناسی پایان می‌پذیرد، تا زمان احیاء مجدد منابع آبهای سطحی و زیرسطحی پیامدهای سوء این پدیده ادامه می‌یابد. در ابتدا ذخایر رطوبت خاک و به دنبال آن جریان‌های سطحی، مخازن و دریاچه‌ها و آبهای زیرزمینی جایگزین می‌شود. ممکن است اثرات خشکسالی در بخش کشاورزی به دلیل وابستگی آن به رطوبت خاک سریعاً از بین برود لیکن در سایر بخش‌ها که متکی به ذخایر سطحی و یا زیرسطحی آب هستند تا ماه‌ها یا حتی سال‌ها طول بکشد. استفاده کنندگان از آبهای زیرزمینی که معمولاً آخرین افرادی هستند که به هنگام بروز خشکسالی تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند دیرتر از سایرین بازگشت به وضعیت عادی سطح آب زیرزمینی را تجربه می‌کنند. طول دوره تجدید ذخیره منبع، تابعی از شدت و تداوم خشکسالی و مقدار بارش دریافتی است.

3-2. نمایه‌های خشکسالی

بیشتر تعاریفی که در مورد خشکسالی عنوان می‌گردد قابلیت انطباق زراعت با شرایط اقلیمی مورد نظر را دارد. مثلاً یک مرتع‌دار روی مرتع اصلاح شده‌ای که توزیع بارندگی به صورت نرمال هزار میلی متر در سال می‌باشد با آسودگی خاطر گوسفند خود را به چرا می‌برد. در صورتی که بارندگی روی مرتع در یک سال به 750 میلی متر کاهش یابد، علیرغم اینکه سال قبل نرمال بوده، برای مرتع‌دار سال خشک محسوب می‌شود. برای مرتع‌دار دیگری که در یک ناحیه نیمه خشک کار می‌کند که در آن منطقه سالیانه به طور متوسط 300 میلی متر بارندگی روی می‌دهد، بارش 750 میلی متر در سال به عنوان یک رکورد سال مرطوب و پر باران در

نظر گرفته می‌شود و مرتفع‌دار در این ناحیه با توجه به باران اضافی که مشکلاتی نظیر غرقاب شدن مرتع و خیس بودن خاک، تهیه محل سر پوشیده برای دام و انبار کردن محصول، گل آلود بودن جاده و مشکلات شخم و نیز برداشت محصول زیر باران به وجود می‌آورد از بارش اضافی خشنود نخواهد بود.

به طور کلی در مناطق خشک و نیمه خشک با توجه به وضعیت اقلیمی، تطابق کشاورزی سنتی با آب و خاک و نرمال اقلیمی صورت گرفته و تجارب شخصی روستاییان و سنت‌های قدیمی به آنها می‌آموزد چگونه با تغییرات جزئی در شرایط جوی از خطرات خشکسالی اجتناب کنند.

با این وجود گاهی وضعیت هوا¹ آنچنان نسبت به متوسط اقلیمی² تفاوت دارد که مشکلاتی برای کشاورز و مرتفع‌دار به وجود می‌آورد.

2-4. شاخص‌های خشکسالی

اگرچه تعاریف گوناگونی برای خشکسالی موجود است ولی تعاریف ارائه شده توسط هواشناسان، جغرافی‌دانان، مهندسين آبیاری و غیره کاملاً متفاوت بوده و هر یک فراسنجهای مشخصی را در فرمول خشکسالی دخالت می‌دهند.

در هواشناسی کشاورزی، خشکسالی یک خشکی غیر معمول و اتفاقی است که در یک یا چند سال اتفاق می‌افتد.

در مورد شاخص‌های خشکی از دیدگاه هواشناسی پژوهشگرانی از جمله کوپن³، لانگ⁴، اولدکوپ⁵، دومارتن⁶، می‌یر⁷، تورنت وایت¹ و آمبرژه² فعالیت نموده اند که در اکثر موارد این فرمولها در محاسبه ضریب خشکسالی از دیدگاه کشاورزی کاربرد چندانی ندارد.

¹. Weather

². Climatological normal

³. Koppen

⁴. Long

⁵. Oldkop

⁶. De Martonne

⁷. Meyer

برخی از این پژوهشگران فقط عامل بارش و بعضی عامل بارش و درجه حرارت و یا تبخیر و تعرق را در فرمول خود دخالت داده اند. بعضی از تعاریف خشکسالی که با توجه به عامل بارش معرفی شده اند به شرح زیر است:

- کمتر از 2/5 میلی متر بارندگی در 48 ساعت.

- بارندگی در طول هفته نصف نرمال یا کمتر.

- در یک دوره 10 روزه بارندگی از 5 میلی متر بیشتر نباشد.

- در 15 روز بارندگی نداشته باشیم.

- 21 روز یا بیشتر باران کمتر از 30 درصد نرمال .

به نظر می‌رسد هیچ یک از تعاریف فوق با شرایط آب و هوایی کشور ما تناسب نداشته باشد و این تعاریف در مناطق مرطوبی در جزیره انگلیس، اروپا و شمال آمریکا بیشتر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در کشور ایران که یک فصل و گاه پنج ماه از سال هیچگونه بارشی دیده نمی‌شود تعیین ضریب خشکسالی به صورت دوره‌های کوتاه مدت چند روزه مقدور نیست. در حقیقت در مناطق خشک و نیمه خشک اگر باران خارج از فصل بیارد نه تنها مفید نیست بلکه خساراتی نظیر سیل یا خرابی مرتع را به همراه دارد. در چنین مناطقی اگر در فصل بارش در فواصل زمانی معین بارش نداشته باشیم به طوریکه رشد گیاه تداوم نیابد و یا شروع باران‌های بهاری با تاخیر همراه باشد خشکسالی پیش بینی می‌گردد. در تعاریف خشکسالی کشاورزی تنها عامل بارش نمی‌تواند تعیین کننده شاخص باشد.

راسل (1896) اظهار داشت که خشکسالی استرالیا یا خشکسالی انگلستان کاملاً متفاوت است و این تفاوت برای هواشناسان قدیمی استرالیا که قبلاً در انگلستان بوده و به آب و هوای آنجا آشنایی دارند کاملاً محسوس

¹ . Thornth WaITE

² . Emberger

است. وی اضافه می کند علاوه بر تغییرات بارندگی در تعیین شاخص خشکسالی باید گرمای زیاد و بادهای خشک کننده گیاه را نیز در نظر گرفت.

اکوچف در اواخر قرن نوزدهم، ترانسو (1905) و ویسوتسکی¹ (1905) شاخص P/E را برای تخمین خشکسالی به کار برده و اهمیت تبخیر را در بررسی خشکسالی مورد تاکید قرار داده اند. استفاده از میانگین دما توسط کولوستروف² (1925) سیلیانینوف و تورنث وایت توصیه شده است. البته کاربرد مدل هایی که بر اساس درجه حرارت معرفی شده اند خارج از محیطی که تجربه شده اند چندان موفق نبوده و بایستی با احتیاط بیشتری از آنها استفاده نمود. با وجود این اگر آمار کنترل شده بمدت طولانی در اختیار باشد این مدلها در تکمیل اطلاعات خشکسالی ها بسیار موثر هستند.

تلاش هایی بعمل آمده تا اندازه گیری کمبود اشباع نیز که شاخص خوبی برای درجه خشکی جو می باشد در فرمول های رطوبت به کار رود. نمونه ای از این شاخص ها روابط نوع دلتون³ است که توسط پژوهشگران زیادی برای تخمین تبخیر از سطح آزاد آب به کار رفته است.

خشکسالی جوی به خشکی غیر معمول هوا گفته می شود و تعاریف زیادی با استفاده از فراسنج کمبود اشباع برای طبقه بندی خشکسالی جو به کار رفته است.

در خشکسالی کشاورزی موضوع به شاخص های خشکسالی کشاورزی محدود می شود که نشان دهنده درجه یا مقدار تأثیر پذیری گیاه به کمبود غیر معمول رطوبت خاک است. کمبود رطوبت ممکن است از کاهش غیر عادی آب در خاک و یا نیاز رطوبتی زیاد گیاه به صورت غیر معمول ناشی شده باشد.

در حالی که کاهش تولید آب برای چهارپایان معمولاً یک جنبه از خشکسالی کشاورزی را نشان می دهد ولی در واقع این مشکل جدا از مسائل کشاورزی است. زیرا این نوع کمبود آب هیچگونه ارتباط اولیه ای به

¹ . Vysotsky

² . Kolostrov

³ . Delton

رطوبت خاک ندارد. می‌توان کمبود آب برای چهارپایان را در واقع نوعی خشکسالی هیدرولوژیکی به حساب آورد که با خشکسالی کشاورزی فصل مشترک دارد.

علت جدا کردن بحث خشکسالی کشاورزی از خشکسالی هیدرولوژیکی این است که در مطالعه خشکسالی کشاورزی، باران موثر به عنوان بخشی از باران که بتواند در ناحیه ریشه نفوذ کند مورد نظر می‌باشد در حالیکه در خشکسالی هیدرولوژیکی باران موثر بخشی از بارندگی است که به ناحیه ریشه در خاک نفوذ نمی‌کند بلکه در سطح زمین یا در زیر زمین جاری شده و به افزایش آب در چشمه‌ها، جویبارها، دریاچه‌ها و حوضچه‌ها می‌انجامد. تعیین شاخص خشکسالی در کشاورزی به منظوره‌ای ذیل صورت می‌گیرد:

1- بررسی گرایش اقلیم به طرف خشکی

یک استفاده معمول و همیشگی ضریب خشکسالی برای تعیین گرایش اقلیم بطرف خشکی و یا پتانسیل خشکسالی منطقه است که به مفهوم عام مورد استفاده می‌باشد. مثلاً تامرکین¹ و کان ترک² از فرمول خشکی دومارتن برای به دست آوردن فراوانی وقوع درجات خشکی در 86 ایستگاه هواشناسی ترکیه استفاده نمودند. ضریب به دست آمده توسط این دو پژوهشگر نشان داد که مقادیر ضریب خشکی در تمام ایستگاه‌ها خیلی نزدیک به توزیع گوسین بوده‌است. بنابراین با استفاده از انحراف معیار و میانگین ضرایب خشکی می‌توان نقشه‌هایی که نشان دهنده فواصل متوسط بین درجات مختلف خشکی می‌باشند را رسم نمود. چنین مطالعاتی را می‌توان در ارزیابی پتانسیل خشکسالی به عنوان نوعی بررسی اولیه محل خشکسالی‌ها منظور نمود. متأسفانه ضرایب تجربی ساده نظیر فرمول دومارتن یک بررسی واقعی از محدودیت‌های کشاورزی را در سال‌های خشک به دست نمی‌دهد.

2- تخمین نیاز آبیاری در منطقه

¹. Tumertekin

². Conturk

برای به دست آوردن اطلاعات اضافی در مورد سیکل فصلی و فراوانی نقصان آب، بایستی دوره‌های کمتر از یکسال مثلاً دوره‌های ماهیانه، ده روزه و حتی روزانه را جهت محاسبه بیلان آب در نظر گرفت که این محاسبه بر اساس آمارهای طولانی سالیانه به دست آمده باشد. نقصان تبخیر و تعرق را می‌توان با یکی از روش‌های هواشناسی و استفاده از قابلیت‌های فرضی ذخیره آب در محل ریشه محاسبه نمود.

مطالعات ون باول¹ از این نوع می‌باشد. نتایج را می‌توان با در نظر گرفتن کل دوره زمانی مثلاً تعداد روزهایی که فصل رشد ادامه دارد و در این دوره محصول از کمبود رطوبت خاک در مضیقه بوده‌است و یا کل عمق آب اضافی که می‌توانست مانع کمبود ذخیره رطوبت باشد ارائه نمود.

اگرچه نتایج فوق و اطلاعاتی که از این طریق به دست می‌آید در حل مشکلات آبیاری موثر است ولی با این حال این نوع مطالعات مورد انتقاد قرار گرفته اند زیرا به طور مناسبی تمام عوامل موثر در تعادل رطوبت محصولات ویژه ای را در زمان معین در نظر نمی‌گیرند. این انتقادات از پیچیدگی‌هایی که در اهداف پروژه‌های شاخص خشکسالی در نظر گرفته شده ناشی می‌شوند.

شاخص‌های خشکسالی از داده‌های کوتاه مدت بارش، برف، رواناب و دیگر شاخص‌های ذخایر آبی برای تبدیل شدن به یک نمونه بزرگ قابل فهم ساخته شده اند. شاخص‌های خشکسالی به منظور استفاده بیشتر از داده‌های خام جهت قابل فهم بودن آنها و همچنین ایجاد قدرت تصمیم گیری برای طراحان و برنامه ریزان معمولاً تنها به صورت یک عدد بیان می‌شوند.

بعضی از شاخص‌های خشکسالی میزان یک دوره زمانی معین مقدار بارش را که به لحاظ تاریخی نسبت به مقدار هنجار آن انحراف دارند را اندازه گیری می‌کنند. اگر چه هیچ شاخص عمده ای از نظر کمی و کیفی بالاتر از بقیه شاخص‌ها نیست، اما بعضی از شاخص‌ها ممکن است برای بعضی از کاربران مفیدتر و مناسبتر باشد. برای مثال شاخص شدت خشکسالی پالمر به طور وسیعی توسط وزارت کشاورزی امریکا، به منظور

¹ . Van – Bavel

تعیین زمان لازم جهت کمک‌های بلاعوض در زمان وقوع خشکسالی شدید مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود شاخص شدت خشکسالی پالمر زمانی مفیدتر واقع می‌شود که در مورد نواحی که دارای توپوگرافی همگن و یکسانی هستند به کار رود. به همین دلیل ایالت‌های غربی آمریکا که دارای سرزمین‌های کوهستانی و در نتیجه خرداقلیم ناحیه ای پیچیده ای هستند متوجه شده اند که اگر ارزش وارقام ناشی از شاخص پالمر را توأم با دیگر شاخص‌ها مانند شاخص ذخیره آب سطحی به کار ببرند نتیجه بهتر و مفیدتری خواهند گرفت.

سازمان هواشناسی جهانی¹ (1992) شاخص خشکسالی را به صورت شاخص مربوط به بعضی اثرات تجمعی طولانی مدت و غیر طبیعی کاهش رطوبت تعریف کرد.

فریدمن چهار شرط را برای تعریف شاخص خشکسالی ضروری دانست:

§ مقیاس زمانی: دوره مناسب برای مسئله (خشکسالی) وجود داشته باشد.

§ این شاخص بایستی دارای اندازه گیری‌هایی در مقیاس مکانی بزرگ و در دوره‌های زمانی مناسب باشد.

§ در موارد خاص نیز قابل استفاده باشد.

§ داده‌های دقیق از این شاخص در دسترس یا قابل محاسبه باشد.

در اینجا به اختصار برخی از شاخص‌ها معرفی می‌شوند:

• شاخص شدت خشکسالی پالمر¹

این شاخص در سال 1965 توسط پالمر ابداع شد و مفهوم اساسی آن بر اساس دما و بارش و همچنین رطوبت خاک استوار می‌باشد. این شاخص در مقیاس زمانی ماهیانه به کار می‌رود و فاکتورهای اساسی مورد نیاز جهت محاسبه این شاخص شامل دما، بارش، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق توسط محاسبات فراوان و

¹. WMO

نسبتاً پیچیده می‌باشد. شاخص خشکسالی پالمر می‌تواند به عنوان شاخص رطوبت خاک مورد بررسی قرار گیرد و سختی دوره‌های خشک و مرطوب را نشان می‌دهد که بین محدوده 4- و 4+ متغیر است. در صورت وقوع خشکسالی PDSI منفی است و مقادیر مثبت PDSI اشاره به شرایط ترسالی دارد.

این شاخص از روش‌های موثر در تعیین خشکسالی بلندمدت بوده و در پیش بینی بلندمدت دقت زیادی ندارد. شاخص پالمر بدلیل نیاز به فراسنجهای متعدد و پیچیده بودن، از نظر قابلیت محاسبه نتایج آن محدود می‌باشد و تشریح آن مشکل است. درجه بندی شاخص پالمر در جدول 1-2 نشان داده شده‌است.

جدول 1-2. درجه بندی مقادیر شاخص خشکسالی پالمر

4/.. یا بیشتر	به شدت تر
3/00 تا 3/99	خیلی تر
2/00 تا 2/99	نسبتاً تر
1/00 تا 1/99	کمی تر
0/50 تا 0/99	ابتدای شروع دوره تر
0/49 - تا 0/49	نزدیک نرمال
0 - تا 0/99 - 50	ابتدای شروع دوره خشکی
0/99 - تا 1/00 -	کمی خشک
2/99 - تا 2/00 -	نسبتاً خشک
3/99 - تا 3/00 -	خیلی خشک
4/.. یا کمتر	به شدت خشک

• شاخص ذخیره آب سطحی¹

این شاخص در سال 1982 توسط شافر² و دزمان³ ارائه شد. مفهوم اصلی آن همان مفهوم شاخص پالمر است با این تفاوت که در این شاخص ذخیره آب موجود در برف مورد توجه و تأکید قرار گرفته است. این شاخص نیز برای مقیاس زمانی ماهیانه به کار می‌رود و فاکتورهای اساسی هواشناسی و اقلیمی مورد استفاده آن بارش و پوشش برف می‌باشد. هدف شاخص ذخیره آب سطحی این بود که خصوصیات هیدرولوژی و

¹ - SWSI = Surface Water Supply Index

² - Shafer

³ - Desman

اقلیمی را باهم ترکیب کند و آن را به یک شاخص واحد مشابه با ارزش‌ها و مقادیر شاخص پالمر در رودخانه‌های مهم در حوضه کلرادو بکار ببرد. پوشش برف، ریزش برف، ریزش باران و منابع دیگر ذخیره آب از جمله ورودی‌های مهم محاسبه شاخص ذخیره آب سطحی می‌باشد.

• شاخص درصد از نرمال بارندگی^۱

این شاخص در سال ۱۹۹۴ توسط ویلک^۲ و همکارانش ارائه شد. شاخص فوق از ساده‌ترین سنجه‌های خشکسالی بوده و در مقیاس زمانی ماهیانه کاربرد دارد. تنها فاکتور مورد نیاز جهت محاسبه آن میزان بارش می‌باشد. تجزیه و تحلیل درصد از نرمال بارندگی به هنگام بررسی خشکسالی یا ترسالی در یک مکان یا فصل معین موثر است. این شاخص در صورتی کاربرد دارد که میانگین بارندگی بر میانه منطبق بوده یا توزیع بارندگی نرمال باشد و چون معمولاً بارندگی‌های ماهیانه و فصلی از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند، این موضوع یکی از معایب این روش است (Hayes, 2005). این شاخص از تقسیم بارش واقعی (Pi) بر بارش نرمال (P) و ضرب آن در ۱۰۰ به دست می‌آید:

$$\text{PNPI} = \frac{P_i}{P} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول ۲-۲. طبقات مختلف شاخص درصد از نرمال بارندگی

طبقات شاخص	توصیف وضعیت
بزرگتر از ۸۰٪	نرمال
۷۰ تا ۸۰٪	خشکسالی ضعیف
۵۵ تا ۷۰٪	خشکسالی متوسط
۴۰ تا ۵۵٪	خشکسالی شدید
کمتر از ۴۰٪	خشکسالی بسیار شدید

مأخذ: پایگاه اطلاع رسانی سازمان هواشناسی کشور

^۱ - PNPI = Percent of Normal Precipitation Index

^۲ - Crop Moisture Index Willeke

• شاخص رطوبت محصول¹

این شاخص توسط پالمر (1968) ارائه شد. مفهوم این شاخص بر اساس میانگین دما و مجموع بارش هر هفته در یک تقسیم بندی اقلیمی نسبت به مقادیر CMI هفته قبل استوار است و با توجه به زمان و مکان دارای ضرایب وزنی است. فاکتورهای اساسی مورد استفاده در این شاخص دما و بارش می باشد و در مقیاس زمانی هفتگی به کار می رود.

تفاوت شاخص PDSI و شاخص CMI در آن است که PDSI دوره های بلندمدت تر و خشک را دیده بانی می کند، در صورتیکه شاخص رطوبتی محصول CMI با استفاده از روش هواشناسی، شرایط محصولات کشاورزی را هفته به هفته دیدبانی می کند. این شاخص بر اساس متوسط دما و کل بارندگی هفتگی، برای یک ناحیه آب و هوایی و همچنین مقدار CMI در هفته قبل، محاسبه می شود. CMI به طور سریع به تغییرات آب و هوایی عکس العمل نشان می دهد.

شاخص CMI منعکس کننده موجودی رطوبت در دوره های کوتاه مدت برای نواحی که گیاهان اصلی کاشت می شوند و هدف آن ارزیابی طولانی مدت خشکسالی نمی باشد.

از آنجایی که این روش برای دیدبانی کوتاه مدت اثر شرایط رطوبتی در گیاه طراحی شده است، CMI شاخص مناسبی برای دیدبانی بلندمدت خشکسالی نمی باشد. عکس العمل سریع CMI به تغییرات آب و هوایی ممکن است باعث تحلیل غلط خشکسالی در دراز مدت نیز گردد. به عنوان مثال، یک بارندگی مطلوب در دوره خشکسالی ممکن است باعث گردد، CMI مقدار کافی رطوبت را تایید کند، در صورتی که خشکسالی در دراز مدت در منطقه هنوز وجود داشته باشد. خصوصیت دیگر CMI که مانع از آن کارایی تحلیل های دراز مدت است، این نکته است که مقدار CMI عمدتاً در شروع و پایان دوره صفر می باشد. این

¹. CMI

محدودیت سبب شده است که CMI برای دیدبانی شرایط رطوبتی خارج از فصل رشد قابل استفاده نباشد، بخصوص برای خشکسالی که بعضاً چند سال به طول می‌انجامد عامل محدود کننده‌ای می‌باشد.

• شاخص بارندگی استاندارد

شاخص بارش استاندارد، شاخصی است که بر اساس احتمال بارش برای مقیاس‌های زمانی متفاوت به کار برده می‌شود. این شاخص نسبت به شاخص پالمر از پیچیدگی کمتری برخوردار می‌باشد. به علاوه بسیاری از برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان، چند منظوره بودن شاخص بارش استاندارد را درک کرده و به کاربردی بودن آن پی برده اند.

محاسبه شاخص بارش استاندارد شده بر اساس داده‌های بارش بلند مدت برای یک دوره دلخواه استوار می‌باشد. میانگین اعداد بارش استاندارد برای هر دوره دلخواه معادل صفر و انحراف معیار آن یک می‌باشد.

ارقام مثبت شاخص بارش استاندارد معرف تر سالی و مقادیر منفی این شاخص معرف خشکسالی می‌باشند چون شاخص بارش استاندارد شده به صورت عددی بیان می‌شود بنابر این می‌تواند به روش یکسانی معرف اقلیم‌های خشک و مرطوب باشد. همچنین می‌توان دوره‌های مرطوب را نیز از طریق این شاخص تشخیص داد.

مکی و همکاران (1993) از یک سامانه طبقه بندی SPI استفاده کردند، به طوری که مقادیر SPI معادل شدت خشکسالی یا ترسالی قلمداد می‌گردد. همچنین معیارهایی را برای رخداد یک خشکسالی در مقیاس‌های زمانی متفاوت تعریف کرده اند. یک خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که شاخص بارش استاندارد منفی تداوم داشته باشد و همچنین وقوع یک خشکسالی زمانی شدید است که شاخص بارش استاندارد معادل 1- یا کمتر باشد. در صورتیکه SPI مثبت شود رخداد خشکسالی به پایان می‌رسد. بنابراین هر رخداد خشکسالی یک دوره تداوم دارد که توسط زمان شروع و پایان و همچنین شدت در هر ماه تعیین می‌شود.

با توجه به استاندارد بودن شاخص SPI این امکان را برای این شاخص فراهم کرده است که بتواند جریان خشکسالی ناچیز را به همان خوبی تعیین کند و احتمال بارش لازم را به منظور خاتمه دادن به جریان خشکسالی تعیین می‌کند.

مکی و همکاران برای محاسبه شاخص SPI از بارندگی ماهانه و یا مجموع بارندگی در هر بازه زمانی دلخواه (سه ماهه، شش ماهه و) و توزیع گاما استفاده کردند. جدول 2-3 طبقه بندی مقادیر SPI را نشان می‌دهد.

جدول 2-3. طبقه بندی مقادیر SPI

گروه	SPI مقادیر
ترسالی بسیار شدید	2 و بالاتر
ترسالی شدید	1/50 تا 1/99
ترسالی ملایم	1/00 تا 1/49
نزدیک به نرمال	0/99 تا -0/99
خشکسالی ملایم	-1/00 تا -1/49
خشکسالی شدید	-1/50 تا -1/99
خشکسالی بسیار شدید	-2/00 و کمتر

• شاخص خشکسالی احيایی¹

نمایه خشکسالی احيایی RDI بر مبنای نسبت میان مقادیر تجمعی بارش و تبخیر و تعرق بالقوه استوار می‌باشد.

مقدار اولیه نمایه برای یک دوره زمانی خاص توسط معادله زیر قابل محاسبه می‌باشد. برای محاسبه RDI

آمار بارش و تبخیر و تعرق بالقوه ماهانه و یا مجموع سالانه این دو فراسنج مورد نیاز می‌باشد.

¹ . RDI

2-4-1. شاخص خشکسالی پالمر

مطلوب‌ترین روش ترکیبی متغیرهای بارش و درجه حرارت روش پالمر است. ضریب پالمر به این دلیل جهانی است که درجه حرارت و بارندگی به صورت نرمال در تمام فصول و هر گونه اقلیم به طور ثابت عدد صفر را نشان می‌دهد. به علاوه در دوره‌های بلند مدت، شدیدترین خشکسالی غیر معمول ضریبی در حدود 6- به دست می‌دهد. بدون اینکه درجه خشکی یا مرطوب بودن وضعیت اقلیمی منطقه‌ای که مورد مطالعه است در آن نقشی داشته باشد. نتایج به دست آمده از تحلیل دوره طولانی یک سری از مقادیر ضرایب خشکسالی ماهیانه نشان می‌دهد که کلاً این مقادیر بین 6+ و 6- تغییر می‌کنند.

احتمال وقوع ضرایب مثبت همیشه وجود دارد ولی مقادیر مثبت غیر معمول یک دوره طولانی هوای مرطوب غیر نرمال را نشان می‌دهد، در تجزیه و تحلیل آمار هواشناسی به روش پالمر اطلاعات هواشناسی به چند دوره خشکسالی، مرطوب غیر نرمال، نرمال یا نزدیک نرمال، تقسیم می‌شود. جدول 2-4 شرح وضعیت‌های خشکسالی یا ترسالی را در فاصله تغییرات ضرایب پالمر نشان می‌دهد.

جدول 2-4. تشریح وضعیت هوا با استفاده از ضرایب پالمر

وضعیت هوا	عدد شاخص
بسیار مرطوب تر از نرمال	4 یا بیشتر
خیلی مرطوب تر از نرمال	3 تا 3/99
نسبتاً مرطوب تر از نرمال	2 تا 2/99
کمی مرطوب تر از نرمال	1 تا 1/99
یک حوزه مرطوب در حال شکل گیری	0/5 تا 0/99
تقریباً نرمال	-0/49 تا +0/49
ابتدای خشکسالی	-0/5 تا -0/99
خشکسالی ملایم	-1/0 تا -1/99
خشکسالی متوسط	-2/0 تا -2/99
خشکسالی شدید	-3/0 تا -3/99
خشکسالی بسیار شدید	-4/0 یا کمتر

روش پالمر به طور گسترده در آمریکا و بعضی دیگر از نقاط جهان استفاده می‌شود. این روش دارای محاسبات ریاضی ساده، ولی طولانی و خسته کننده است. اگر محاسبات با دست انجام شود وقت زیادی گرفته شده و کار به آهستگی پیش می‌رود ولی در صورت دسترسی به کامپیوتر محاسبات خیلی سریعتر و ارزان تر انجام می‌شود.

روش پالمر بیشتر برای تجزیه و تحلیل‌های اقلیمی مناسب است و در عملیات مزرعه کمتر مورد استفاده می‌باشد. با وجود این در خلال دوره ای که یک خشکسالی بزرگ در حال وقوع و گسترش می‌باشد این ضریب وسیله خوبی برای ارزیابی روزانه توزیع منطقه ای خشکسالی و درجات گوناگون شدت خشکی است. در آمریکا این ارزیابی به صورت هفتگی در وضعیت‌های بحرانی خشکسالی انجام می‌شود.

2-5. ارزیابی خشکسالی محلی

مخالفین استفاده از شاخص‌های خشکسالی میل دارند که توجه به وضعیت آب در رشد نوع خاصی از محصول صورت گیرد، که این محصول در شرایط زمانی و مکانی خاصی در روی خاک مطالعه می‌شود. به طور کلی فقط دو گروه از مردم به ارزیابی خشکسالی به صورت محلی اعتقاد دارند . یکی تجربه کننده‌های حرفه ای که می‌خواهند فرایندهای اصلی فیزیکی و بیولوژیکی در حال انجام را در محل اندازه گیری نموده و بلافاصله با اندازه گیری‌ها و درک فرایندهای اصلی فیزیکی و بیولوژیکی نتایج را به زبان علمی توزیع دهند. دومین گروه کشاورزانی هستند که نوع خاصی از محصول را می‌کارند و به رشد آن توجه دارند. در تعیین شاخص خشکسالی سه مسئله مهم وجود دارد:

- 1- ظرفیت محیط برای تبخیر و تنفس گیاه که در واقع جنبه انرژی مسئله است.
- 2- قابلیت خاک و گیاه که بتوانند آب لازم را برای تبخیر و تنفس گیاه فراهم کنند.
- 3- قابلیت محیطی جو که رطوبت را بپذیرد و بخار آبی را که در فرآیند تبخیر و تنفس گیاه جذب کرده است در خود پراکنده کند.

در اولین مسئله اندازه‌گیری تشعشع و انتقال افقی گرمای محسوس مورد نظر می‌باشد. در دومین مسئله لازم است توانایی سامانه گیاه و خاک به عنوان یک منبع و یک پمپ برای فراهم کردن آب جهت تبخیر بررسی شود و این خود مسائل جدیدی مثل ترکیب فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله مشخصات جذب و رها سازی آب را در ناحیه رشد مورد بحث قرار می‌دهد.

مقدار آبی که بوسیله بارندگی یا آبیاری به سطح خاک اضافه می‌شود نیز بایستی اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری روی مزرعه کوچکی که بیش از چند جریب را نمی‌پوشاند کار مشکلی است. با وجود این نمونه‌گیری بارش توسط باران سنج روش مناسبی است. سپس باران که در بخش کوچکی از زمین جاری شده و در ناحیه ریشه نفوذ کرده بایستی اندازه‌گیری شود. اینگونه اندازه‌گیری میزان نفوذ، زهکشی سطح و قسمت زیر سطح زمین و نفوذ به عمق لایه خاک را به دست می‌دهد. معمولاً لازم است مقدار باران در فواصل کوتاه مثلاً هر ساعت یک مرتبه اندازه‌گیری شود. گاهی انتقال بخار آب به داخل خاک بسیار مهم بوده و لازم است پروفایل دما در لایه خاک مورد بررسی قرار گیرد.

سومین مسئله یعنی میزان پذیرش و انتقال بخار آب در جو، اندازه‌گیری پروفایل سرعت باد، درجه حرارت و رطوبت هوا را ضروری می‌سازد.

6-2. ویژگی‌های فضایی و زمانی خشکسالی

§ آغاز و خاتمه خشکسالی

به طور کلی تشخیص زمان آغاز و خاتمه خشکسالی مساله بسیار مشکلی است. اصولاً زمان آغاز خشکسالی عمدتاً به تعریف مورد استفاده وابسته است. بدیهی است که این زمان با توقف آخرین بارش مفید آغاز نمی‌شود بلکه ممکن است تا زمان اتمام ذخیره رطوبت خاک به طول انجامد. این حالت نیز بارش‌های هرچند اندک در زمان آغاز خشکسالی، پیچیدگی خاصی پدیدار می‌کند، بنابراین در حالت کلی می‌توان گفت زمان آغاز خشکسالی، زمانی است که ذخیره رطوبتی چه در محیط خاک (خشکسالی کشاورزی) و چه در مخازن

آبی(خشکسالی هیدرولوژیک) خاتمه یافته باشد. انتهای خشکسالی نیز که مساله قابل توجهی محسوب می‌شود. پایان خشکسالی نسبت به زمان آغاز محسوس‌تر است.

در امر کشاورزی، پایان خشکسالی زمانی است که نزول باران، رطوبت مورد نیاز خاک را تامین نماید. در هیدرولوژی زمانی که جریان رودخانه مجدداً برقرار شده و مخازن زیرزمینی تغذیه مجدد شوند زمان پایان خشکسالی در نظر گرفته می‌شود. زمان آغاز تا پایان خشکسالی که به عنوان دوره تداوم خشکسالی مفروض خوانده می‌شود یکی از ویژگی‌های اساسی خشکسالی محسوب می‌گردد. مقیاس زمانی دوره تداوم یک خشکسالی می‌تواند از روز و ماه تا سال تفاوت نماید. هر قدر دوره تداوم خشکسالی طولانی‌تر شود، میزان ذخایر آب منطقه تحت خطر جدی قرار گرفته و به همین جهت می‌تواند شدت خشکسالی رخ داده را افزایش دهد.

§ شدت خشکسالی

چنانچه قبلاً نیز ذکر شده هر قدر میزان کمبود بارندگی نسبت به شرایط میانگین کمتر باشد به همان اندازه میزان تأثیر خشکسالی بیشتر نمود عینی پیدا می‌کند. علاوه بر این، میزان استمرار حالت خشکسالی در یک منطقه نیز گویای شدت خشکسالی در همان منطقه است، یعنی در شرایطی که خشکسالی تنها برای یک ماه استمرار داشته باشد احتمال دارد بارش ماه بعد، میزان کمبود ماه مزبور را جبران نماید، ولی اگر ماه بعدی نیز خود نسبت به شرایط طبیعی کمبود داشته باشد، به مراتب در شدت بخشیدن به حالت خشکسالی موثر خواهد بود. میزان کاستی در متغیر مورد مطالعه و همچنین زمان استمرار آن، بیانگر شدت خشکسالی است. به همین منظور برای مشخص ساختن این عامل در مطالعه خشکسالی، محققان با استفاده از شاخصهای مختلف سعی می‌کنند درجه ناهنجاری منفی متغیر مورد مطالعه را نیز مد نظر قرار دهند.

§ فراوانی خشکسالی

فراوانی خشکسالی نیز از اهم ویژگی‌های مورد مطالعه در بررسی یک منطقه به شمار می‌آید که می‌تواند در مقایسه‌های مختلف زمانی (سالانه، ماهانه و فصلی) محاسبه شود. با توجه به وجود شدت‌های مختلف خشکسالی، بررسی فراوانی‌ها می‌تواند برای هریک از آنها با تفکیک صورت گیرد. محاسبه توزیع فراوانی در شدت‌های مختلف می‌تواند در ارزیابی قابلیت منطقه مورد مطالعه نسبت به شدت‌های مختلف خشکسالی کاربرد داشته باشد. این محاسبه می‌تواند از طریق توابع توزیع احتمال فراوانی برای بررسی احتمال و با دوره‌های برگشت خشکسالی برای پیش‌بینی‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد.

§ وسعت منطقه ای خشکسالی

رخداد خشکسالی می‌تواند در منطقه ای با وسعت چند صد کیلومتر اتفاق افتد ولی امکان دارد شدت و دوره تداوم آن در سراسر منطقه یکسان نباشد. خشکسالی قاره ای که خصوصاً در مناطق خشک اتفاق می‌افتد در ناحیه وسیعی که صدها، بلکه هزاران کیلومتر مربع را می‌پوشاند، گسترش پیدا می‌کند. به نظر محققان استرالیا، احتمال دارد این پدیده نیمی از استرالیا را در طی 50 سال آینده فرا گیرد. در رابطه با وسعت خشکسالی یوجیچ (1975) براساس تحقیقات خود خواص منطقه‌ای خشکسالی را به شرح ذیل فهرست نموده است:

- پوشش منطقه ای با شرایط متوسط قاره ای که از 5 تا 15 میلیون کیلومتر مربع را فرا می‌گیرد.
- در نتیجه شدت خشکسالی‌های بزرگ، وسعت آن فراتر از پوشش منطقه‌ای می‌گردد.
- انتظار می‌رود شکل منطقه تحت تأثیر به وسیله یک خشکسالی، بیشتر به یک لوزی شبیه باشد تا یک دایره.

در رابطه با وسعت خشکسالی اتفاق افتاده، سابرامانیام (1967) طبقه بندی جدول 2-5 را از نظر شدت خشکسالی عنوان می‌نماید.

جدول 2-5. طبقه بندی وسعت خشکسالی از نظر سابرامانیام

درصد منطقه تحت پوشش	گروه خشکسالی
کمتر از 10	محلی
11-20	وسیع
21-30	بسیار وسیع
31-50	فوق العاده یا استثنایی
بیشتر از 50	مصیبت بار

§ دوره تناوبی رخداد خشکسالی

بررسی‌های مربوط به احتمال تکرار خشکسالی‌ها و سایر پدیده‌های طبیعی به صورت رخداد‌های منظم، بخش زیادی از تحقیقات محققان را به خود اختصاص داده است به طوری که بیش از 1000 مقاله در رابطه با ارتباط رخداد‌های آب و هوایی با سیکل 11 ساله کلف‌های خورشیدی تهیه شده است (بران و رادیر، 1985). کلف‌های خورشید عبارت از لکه‌هایی هستند که به دلیل اختلاف درجه حرارت در سطح خورشید، به صورت لکه‌های سیاهی به نظر می‌رسند. چگونگی پیدایش این لکه‌ها هنوز به درستی شناخته نشده است و بیشتر تصور می‌رود که زبانه کشیدن و درهم پیچیدن توده‌های گاز مشتعل خورشید، باعث پدید آمدن آن می‌گردد. با بررسی‌های صورت گرفته، امروزه رابطه میان لکه‌های خورشیدی با برخی پدیده‌های زمینی به اثبات رسیده است. در رابطه با تناوب رخداد‌های خشکسالی، برخی از محققان علاوه بر تناوب 11 ساله به دوره 22 ساله یا چرخه‌های 10 تایی پی برده‌اند (بلم و مولی 1981). چرخه دوره ای 44 ساله ای نیز به وسیله سانسون (1954) برای تغییرات بارندگی برای منطقه مدیترانه عنوان شده است. برخی از محققان نیز به دوره تناوبی بیشتری اشاره کرده‌اند. با توجه به پژوهش‌های بسیاری که در این زمینه انجام شده است هنوز قانونمندی علمی که به طور قطع مورد تأثیر واقع شود، عنوان نگردیده است. به هنگام کاهش تعداد کلف‌های خورشیدی، خشکسالی‌های شدید اتفاق افتاده اند. این گونه مطالعات در سایر کشورها از جمله استرالیا و هند نیز صورت گرفته است.

علاوه بر کلف‌های خورشیدی، مطالعاتی نیز در رابطه با ارتباط رخداد خشکسالی‌ها با سامانه‌های گردش عمومی جو و عوامل تاثیرگذار بر آن و همچنین با پدیده ال‌نینو یا دمای سطح دریا، ارتباط بین اقیانوسها و خشکی‌ها و ... انجام شده‌است. (لاکود، 1988)

2-6-1. ویژگی‌های مناطق خشک

تعریف و مشخصات مناطق خشک در روش‌های مختلف طبقه بندی اقلیمی تا حدودی تفاوت می‌کند. اما بنا به یک تعریف کلی، در این مناطق تبخیر و تعرق بیشتر از نزولات جوی است. به بیان دیگر از دیدگاه هیدرولوژیکی در این محیط‌ها بیلان آب منفی است چرا که به واسطه درجه حرارت بالا و خشکی هوا تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه از بارندگی فزونی می‌گیرد.

به دلیل کمی بارندگی، پوشش گیاهی در این مناطق فقیر و پراکنده است و حیات وحش و گیاهان وابستگی زیادی به وجود منابع کوچک و بزرگ آب دارد. بارندگی‌ها در این مناطق بسیار نامنظم و بعضاً با شدت زیاد است که عمدتاً به دلیل نبود پوشش گیاهی کافی و اقدامات مدیریتی آبخیز، باعث وقوع سیلاب‌های مخربی می‌گردد و حتی در مجاورت دریاها و مناطق مرطوب نیز این حالت وجود دارد. برآورد می‌شود که در دنیا بالغ بر 295 میلیون هکتار بیابان‌های ساحلی وجود دارد. بیابان‌های ساحلی در مجاورت خلیج فارس و دریای عمان نمونه ای از آنهاست. مهمترین خصوصیات مناطق خشک را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

§ بارندگی پراکنده و غیر قابل پیش بینی بوده و تغییرات سالانه نسبت به مقدار متوسط شدید است.

§ مقدار متوسط تبخیر و تعرق به مراتب بیشتر از متوسط سالانه بارندگی است.

§ آب مهمترین عامل محدود کننده رشد کشاورزی و تولید است.

§ تغییرات زمانی و مکانی وسیعی در مورد درجه حرارت و خشکی وجود دارد.

2-6-2. تقسیم بندی مناطق خشک

این مناطق به دو زیر ناحیه خشک و نیمه خشک تقسیم می‌شوند که به ترتیب به نامهای استپ¹ و بیابان² موسومند. در جدول 2-6 تقسیم بندی کلی مناطق خشک و نیمه خشک ارائه شده است. (بانک جهانی 1988)

جدول 2-6. تقسیم بندی کلی مناطق خشک و نیمه خشک

نیمه مرطوب	نیمه خشک	خشک	فراخشک	ناحیه
500-800	200-500 300-800	80-150 زمستانه 200-350 تابستانه	نزدیک به صفر	بارش سالانه mm
کمتر از 25%	25-50 %	50-100 %	بالغ بر 100 %	تغییرات سالانه درون منطقه‌ای
0/ 75 – 0/5	0/2-0/5	0/3-0/2	کمتر از 0/03	نسبت P/ET
استپ و ساوانا	استپ‌های ناپیوسته	پراکنده و نامشخص	تقریباً عاری از پوشش	پوشش گیاهی
پرورش دام و کشاورزی	پرورش دام کشت دیم	پرورش دام به صورت کوچ نشینی و کشاورزی صرفاً به استحصال آب	فاقد کشت دیم و فاقد مرتع	کاربرد بالقوه اراضی

آنچنان که از جدول 2-6 مشخص می‌شود میزان بارندگی در نواحی خشک به کمتر از 300 میلی متر در سال محدود می‌گردد و اکثراً نیز بیش از 100 میلی متر نیست که در مقایسه با مقادیر تبخیر و تعرق که گاه به چندین متر می‌رسد بسیار اندک است و لزوم بهره گیری هر چه بیشتر از نزولات جوی و مخازن آبهای زیرزمینی و منابع آبهای سطحی را آشکار می‌سازد. گسترش نواحی خشک و بیابانی و پیامدهای بیابان زایی در بسیاری از کشورهای منطقه و شمال آفریقا معضل عمده بر سر راه توسعه پایدار است. در جدول 2-7 برآوردی از وسعت نواحی خشک و میزان بارندگی سالانه ارائه شده است.

¹ . Stepp
² . Desert

جدول 2-7. برآوردی از وسعت نواحی خشک و میزان بارندگی سالانه

نام منطقه	کل مساحت	میزان باران		A + B
		کمتر از 100	100-400	
شمال آفریقا	5751	4864	653	96
الجزایر	3705	3033	589	95
ایران، افغانستان، پاکستان	3100	548	2132	87
سودان	2625	764	500	48
سومالی	637	170	300	74

در ایران نیز بخش عمده ای از ناحیه مرکزی و جنوبی کشور تحت پوشش کویر و بیابان است که کویرهای لوت و نمک از آن جمله اند. طبق آمارها و گزارشات موجود، خطوط همباران اصلی که ناحیه کویری ایران را در بر می گیرند عمدتاً 100 میلیمتر و 150 میلیمتر هستند که البته در بعضی مناطق نظیر قسمت شمالی حوزه مرکزی این مقادیر به 25 و 50 میلیمتر نیز کاهش می یابد که نشانگر خشکی شدید منطقه است. تبخیر از سطح این حوزه‌ها نیز بسیار زیاد و به بیش از 2500 میلیمتر در سال بالغ می‌گردد (میانگین تبخیر سالانه در شهرستان طبس در استان خراسان حدود 4075 میلیمتر گزارش شده‌است) و از این رو هر گونه تولید و توسعه کشاورزی و صنعتی در این نواحی در گرو تهیه آب خواهد بود. مقابله با گسترش خشکی و بیابانی شدن چندان ساده نیست لیکن بشر می‌تواند فعالیت‌های خود را در این زمینه بر اساس چرخه آبشناسی¹ طوری تنظیم کند که مقدار مشخصی آب، بدون بروز تاثیرات نامطلوب جانبی نظیر پدیده بیابان زائی، نیازهای او را برآورده سازد.

2-6-3. ویژگی‌های زیستی گیاهان و جانوران در مناطق خشک

فقدان یا کمبود شدید بارندگی و منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک و اقلیم زیستی خاص این نواحی، سازگاری‌های ویژه ای در گیاهان و جانوران بومی مناطق فوق به وجود آورده است تا امکان ادامه

¹. Hydrological

حیات در شرایط تنش رطوبتی یا کیفیت نامناسب آب و خاک داشته باشند. گیاهان این مناطق دارای خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی خاصی هستند که باعث می‌شود از حداقل ذخیره رطوبتی در خاک و هوا استفاده کنند و اندوخته رطوبتی گیاه نیز کمتر از حد معمول تلف شود. عمیق ترین سامانه ریشه ای برای جذب آب از اعماق پایین تر خاک، خاردار شدن ساقه‌ها و کوچک شدن سطح برگها برای کاهش میزان تبخیر، وجود پوششی مومی و چرب در سطح برگها، افزایش اندامهای ذخیره کننده رطوبت، گوشتی و آبدار شدن ساقه و... نمونه ای از این تغییرات مرفولوژیکی است. از نظر ساختار درونی و فیزیولوژیکی نیز در گیاهان هورمونهای تنظیم کننده خاص با توجه به خشکی اقلیم منطقه و کمبود رطوبت ترشح می‌شود و فرآیند تعرق گیاه از ساز و کار ویژه ای تبعیت می کند.

گیاهان مقاوم به خشکی را اصطلاحاً زیروفیت¹ گویند که به 4 گروه تقسیم می‌شوند:

- 1- گیاهانی که از خشکی فرار می کنند: گیاهانی هستند که مقاومت چندانی به خشکی ندارند ولی بذر آنها مقاوم است و طول دوره رشد خود را قبل از رسیدن دوره خشکی² به اتمام می رسانند.
- 2- برخی از گیاهان نیاز آبی خود را حسب شرایط کاهش می‌دهند. یعنی برای تولید یک واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می کنند مثل برخی ارقام غلات در مناطق نیمه خشک که اصطلاحاً آن را طفره از خشکی گویند.
- 3- گیاهان متحمل خشکی: این گیاهان خصوصیات مرفولوژیکی خاص دارند که خشکی را تحمل می کنند.
- 4- گیاهان مقاوم به خشکی: نظیر کاکتوسها که آب را درون بافت‌های خود ذخیره می کنند و در موقع خشکی از آن استفاده می کنند.

¹ . Xerophyte

² . Dry spell

گروهی دیگر از گیاهان بر اساس نیازهای اکولوژیکی خود مختص کاشت و رویش در مناطق خشک و کم آب و به ویژه اراضی شور هستند که عمدتاً اراضی و آبهای جاری در مناطق خشک و بیابانی به دلیل تبخیر زیاد شور و لب شور است. به این گیاهان اصطلاحاً شور پسند^۱ گویند.

ارقام و گونه‌های مختلفی از گیاهان شورپسند (انواع بوته ای تا درختچه‌ها و درختان) در نقاط خشک ایران رشد و نمو دارند که دارای کاربردهای بالقوه فراوانی نیز در مصارف مختلف هستند. در بسیاری از کویرهای جهان مخازن بزرگی از آبهای شور وجود دارد که حاوی مقادیر زیادی نمک است. چنانچه بتوان به شکلی از این آبهای شور برای آبیاری استفاده کرد، اراضی کویری بیشتری به زیر کشت آورده شده و آبهای غیر شوری که در حال حاضر صرف آبیاری می‌شود را می‌توان به مصرف شرب انسان‌ها رساند. یافته‌های جدید علوم خاک و فیزیولوژی گیاهی و تکنیک‌های جدید آبیاری نشان می‌دهد که با مدیریت دقیق می‌توان از آب شور برای کاشت گونه‌های متفاوتی از گیاهان عادی و شور پسند که خود نقش مهمی در تثبیت شن‌های روان و جلوگیری از بیان زایی دارند، استفاده کرد.

7-2. روش‌های مطالعه خشکسالی

به طور کلی روش‌های مطالعه خشکسالی عبارتند از:

§ روش مطالعه بیلان آبی

با توجه به اینکه یکی از مهم ترین زمینه‌های تاثیرگذار بر خشکسالی رطوبت خاک می‌باشد، این مسئله بخشی از مطالعات مربوط به خشکسالی را به خود اختصاص داده است. نظر به تاثیر این عامل در رشد گیاهان و هر گونه فعل و انفعال بیولوژیکی، این مسئله تحت عنوان خشکسالی کشاورزی قلمداد می‌گردد که در مطالعه آن عمداً تغییرات رطوبت خاک در طی دوره خاصی که گیاه نیازمند آن رطوبت می‌باشد مد نظر قرار می‌گیرد. عمده شاخص‌هایی که برای این حالت خشکسالی به کار گرفته می‌شوند، سعی دارند بیلان آبی خاک را

^۱ . Halophyte

شناسایی و تبیین نمایند. روش‌های مختلفی وجود دارد که بیشتر آنها از محاسبه تبخیر و تعرق بالقوه استفاده می‌کنند.

§ شاخص تورنت وایت

این شاخص اختلاف بین بارش و تبخیر را در نظر گرفته و بیلانی از کمبود یا مازاد آب را ارائه می‌کند. اولین لازمه این مدل، ظرفیت نگهداری آب در خاک در رابطه با نوع خاک و کاربری اراضی می‌باشد و مازاد آب می‌تواند به راحتی تحت عنوان رواناب محاسبه شود. محاسبه کمبود رطوبت بسیار مشکل بوده چون که تبخیر و تعرق واقعی با حجم آب خاک تغییر می‌کند.

در روش استفاده از شاخص تورنت وایت، میزان تبخیر و تعرق از بارندگی با توجه به میزان آب باقیمانده قابل دسترس در خاک محاسبه می‌گردد. هنگامی که بارش کمتر از تبخیر و تعرق باشد، میزان تبخیر و تعرق واقعی با بارش به اضافه هر مقدار رطوبت خاک که تبخیر یا تعرق پیدا کند برابر می‌شود. این می‌تواند برای ارزیابی شرایط انعطاف پذیری آبیاری، مورد استفاده قرار گیرد و اطلاعاتی در رابطه با حجم آب مورد نیاز در هر زمان ارائه و شاخص مشخصی از خشکسالی را ارائه دهد.

§ روش‌های تحلیل جریان

در این تحلیل‌ها که به طور کلی بر روی جریان‌های سطحی، مخازن، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد، تحت عنوان خشکسالی هیدرولوژیک مورد مطالعه قرار می‌گیرد. به همین جهت داده‌های مربوط به کمیت جریان رودخانه‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای است. داده‌های مورد نیاز سطح و جریان رودخانه و تداوم دوره‌های بدون جریان را شامل می‌شود.

در کل مطالعات خشکسالی هیدرولوژیک بر روی رواناب سالیانه، حداکثر جریان سالیانه یا دوره جریان حداقل متمرکز می‌شود. مهمترین تحلیل‌ها در این رابطه، تحلیل طول دوره ای است که جریان، زیر یک آستانه مشخص باقی مانده و حجم کسری رواناب زیر آستانه را ایجاد کرده است.

§ روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیک و تاریخی

اطلاعات تاریخی از خاطرات و رسوم خانوادگی ساکنین و نشانه‌های ژئومورفولوژیک از قبیل واروهای گلی مربوط به فرسایش یخچالی و سایر پدیده‌های مربوط به محیط‌های قدیمی، رخدادهای بلایای طبیعی مثل خشکسالی، زلزله... را بیان می‌نماید. معمولاً خاطراتی همچون کاهش شدید میزان محصولات یا میزان بارندگی در سالهای گذشته به دلیل اثری که در جوامع می‌گذارد در ذهنها باقی می‌ماند ولی اینگونه اطلاعات حالت مکتوب نداشته‌است.

§ روش‌های تحلیل داده‌های بارندگی

این روش از عمومی ترین روش‌های تحلیل خشکسالی به شمار می‌رود و این ناشی از دسترسی راحت تر و آسانتر به انواع داده‌های بارندگی در بخش‌های مختلف کره زمین است. از طرف دیگر مقادیر بارندگی جزء بی ثبات ترین متغیرهای آب و هوایی مخصوصاً در مناطق خشک محسوب می‌گردند. از این جهت می‌تواند شاخص خوبی برای مطالعه خشکسالی باشد.

بارش‌های جوی در واقع مهمترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک و جریان‌های سطحی، مخازن زیرزمینی و... منعکس شده و بنابر این متغیری است که می‌تواند در مطالعه هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد.

2-7-1. گزارش شدت و وسعت خشکسالی

یکی از مهمترین کاربرد شاخص خشکسالی تهیه گزارش دوره ای شدت و وسعت خشکسالی است. شاخص خشکسالی وسیله ای است که با خلاصه نمودن اطلاعات خشکسالی به صورت دوره ای، این اطلاعات و شرایط رطوبتی محصول در منطقه گزارش می‌گردد. اینگونه اطلاعات که در آن پیشرفت و رشد محصول و جنبه‌های تولید مورد نظر است، به طور شدید مورد نیاز موسسات دولتی و گروه‌های دیگری که علاقه یا مسئولیتی در قبال یک ناحیه وسیع یا در سطح ملی دارند می‌باشد. گروه‌های زیادی به مجموعه

اطلاعاتی از این قبیل علاقه دارند که به سهولت در دسترس آنان قرار نمی‌گیرد. بنابراین دو استفاده ابتدایی از شاخص خشکسالی کشاورزی وجود دارد که اولی اغلب در مقایسه یک ناحیه با نواحی اطراف خسارات خشکسالی را بررسی می‌کند و دومی وسعت و شدت خشکسالی را روی یک منطقه به صورت دائمی یا به صورت دوره ای ارزیابی می‌نماید. در هر دو مورد روش‌هایی مورد نیاز است که بتوان به صورت واقعی میزان متوسط آب ورودی منطقه و میزان خروجی آن را به دست آورد. اگر بخواهیم به طور واقعی تغییرات مهم هوا را منعکس کنیم بایستی ارزیابی هر چند روز یکمرتبه صورت گیرد. بررسی یک ماهه کافی نیست، زیرا در یک ماه اتفاقات زیادی برای محصول رخ می‌دهد. بررسی یک روزه بسیار ایده آل است ولی جزئیات زیاد به صورت تکرار در می‌آیند. بنظر می‌رسد بررسی‌های 5 تا 10 روزه مناسب تر می‌باشند.

2-8. ملاحظات خشکسالی در رابطه با ایران

ایران کشور پهناوری است که به علت موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافیک، از آب و هوای متفاوتی برخوردار است. میزان بارندگی متوسط سالانه آنرا حدود 224 تا 275 میلیمتر ذکر نموده اند، که بدین ترتیب حدود یک سوم متوسط بارندگی‌های خشکی‌ها (800 میلیمتر) و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین (1133 میلیمتر) می‌باشد.

به همین دلیل قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هواهای خشک جهان قرار می‌گیرد. علاوه بر کمبود بارندگی، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه ازجمله خصوصیات است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریان‌های سطحی و سفره آبهای زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. با توجه به وجود نوسانات منفی شدید در بارش‌های مناطق مختلف کشور، وقوع خشکسالی‌های ضعیف تا شدید در کشور امری اجتناب ناپذیر محسوب می‌شود، وقوع این خشکسالی‌ها اثرات زیان باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند.

تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که درصد فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا بوده که بیشترین فراوانی با 50 درصد متعلق به بندرعباس می‌باشد و پس از آن به ترتیب، زابل 46/7٪، زاهدان 43٪، یزد 42٪، ابرانشهر 40٪، کرمان 27٪، دارای خشکسالی می‌باشند که همگی جزء مناطق خشک ایران محسوب می‌شوند. به طور کلی پراکندگی جغرافیائی مجموع درصد خشکسالی محاسبه شده در نواحی جنوبی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هرچه از بخش‌های جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می‌شود از شدت و فراوانی خشکسالی‌ها نیز کاسته می‌شود.

دلیل این امر، تأثیر سامانه‌های پرفشار جنب حاره‌ای است که مقادیر بارندگی بخش‌های جنوبی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به طور محسوس کاهش داده و مانع از تأثیر سامانه‌های شمالی و غربی به این مناطق می‌شود.

به طور کلی باید گفت که وقوع خشکسالی از ویژگی‌هایی اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب به هم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقیاس‌های مختلف زمانی حاصل می‌شود. ویژگی‌های خشکسالی ایران نشان می‌دهد که به طور کلی هیچ منطقه‌ای از کشور، از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می‌نماید و بخش‌های جنوبی، شرقی و مرکزی کشور به علت نوسانات بیشتر در مقادیر بارندگی از آسیب پذیری زیادتری برخوردار هستند.

2-8-1. پایش خشکسالی در استان اصفهان

خشکسالی استان اصفهان با استفاده از شاخص‌های مختلف پایش خشکسالی مطالعه گردیده که به نتایج برخی از این مطالعات در ذیل اشاره می‌شود:

اسلامیان، مدرس و سلطانی در مطالعه‌ی خود تحت عنوان "گروه بندی مکانی خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد بارش در استان اصفهان" در یک دوره آماری 30 ساله (1970-2000) در 45 ایستگاه

استان 5 گروه مکانی خشکسالی در استان اصفهان تشخیص دادند که پراکنش مکانی این گروه‌ها بیانگر تغییرات شدت و مدت خشکسالی‌ها بر اساس تغییرات طول و عرض جغرافیایی استان می‌باشد. به عبارتی با افزایش طول و عرض جغرافیایی، نسبت وقایع خشکسالی شدید و خیلی شدید به کل خشکسالی‌ها افزایش یافته اما دوره خشکسالی‌ها کاهش یافته است. بنابراین خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در شرق استان دارای شدت بیشتر و در غرب استان دارای تداوم بیشتری می‌باشند. نکته قابل ذکر این که حداکثر دوره خشکسالی در ایستگاه‌های منطقه خشک و نیمه خشک استان با ایستگاه‌های دیگر کاملاً متفاوت است می‌توان گفت این شاخص منحصرأ در مناطق خشک و نیمه خشک شرق استان به طور محسوسی بالاتر از مناطق دیگر است که نشان دهنده ریسک بالای مناطق شرقی به لحاظ وقوع خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید است.

سرحدی،سلطانی و مدرس نیز در مطالعه خود تحت عنوان "ارزیابی و تحلیل گستره خشکسالی در استان اصفهان" بر پایه چهار شاخص مهم خشکسالی (SPI,RAI,DPI,PNPI) در دوره آماری (1973-2003) در 12 ایستگاه استان شامل مراکز شهرستان‌ها به این نتیجه رسیدند که بر پایه چهار شاخص فوق الذکر، خشکسالی در مقیاس منطقه ای به طور میانگین به ترتیب 23،37،31 و 52 درصد می‌باشد. فقط شاخص DPI یا دهک‌ها نشان داد که وضعیت خشکسالی با طول جغرافیایی رابطه دارد. به عبارت دیگر خشکسالی با افزایش طول جغرافیایی و حرکت به سمت شرق استان با تناوب و شدت بیشتر رخ می‌دهد در حالی که شاخص‌های دیگر چنین رابطه‌ای را نشان نمی‌دهند. همچنین با شاخص SPI به عنوان مهمترین شاخص نیمی از استان در معرض خشکسالی قرار داشته است.

سلطانی و مدرس در مطالعه‌ی خود در رابطه با "تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان" به این نتیجه رسیدند که شهرستان‌های شهرضا، لنجان، زرین شهر و میمه در دوره بازگشت خشکسالی‌های خیلی شدید، دارای کمترین دوره خشکسالی (10 سال) هستند. به عبارت دیگر خطر وقوع خشکسالی‌های بسیار شدید در این شهرستان‌ها از مناطق دیگر بیشتر است. در دوره بازگشت خشکسالی‌های

شدید، تقریباً در تمام استان وضعیت مشابهی وجود دارد. نکته جالب توجه این است که کوتاه بودن دوره بازگشت خشکسالی‌ها در همان منطقه ای است که دوره بازگشت خشکسالی‌های شدید نیز پایین بود، یعنی منطقه میمه، لنجان و شهرضا.

که این مسئله نشان دهنده خطر زیاد در همین مناطق است. اگرچه در این حالت شهرستان‌های خمینی شهر و نجف آباد را نیز می‌توان به این مناطق اضافه کرد.

در طول این مدت محصولات دائمی باغی نظیر "سیب" (در منطقه سمیرم به عنوان قطب تولید کننده)، "بادام" (در منطقه نجف آباد به عنوان قطب تولیدکننده) و "به" (در منطقه ماربین به عنوان قطب تولیدکننده) دچار خسارات شدید شده‌اند که همگی در ناحیه غرب و جنوب غرب استان با تناوب خشکسالی پایین واقع شده‌اند.

مطالعه رضیئی و همکاران با استفاده از شاخص SPI نیز موید شدیدتر بودن خشکسالی‌ها در منطقه غرب استان است، به طوری که عمده خسارات ناشی از خشکسالی در استان اصفهان بین سال‌های 1375-1380 در همین منطقه گزارش شده است.

در سال زراعی 87-1386 نواحی غرب، شمال غرب دارای خشکسالی هواشناسی ملایم و نواحی و جنوب غربی و جنوب استان دارای خشکسالی هواشناسی ملایم و شدید و فلاورجان دارای خشکسالی هواشناسی بسیار شدید بوده است. نواحی جنوب غرب و جنوب که دارای خشکسالی هواشناسی بودند خشکسالی کشاورزی ملایم تا شدید نیز وجود داشته است و فلاورجان نیز که دارای خشکسالی هواشناسی بسیار شدید بود، از جنبه خشکسالی کشاورزی نیز در وضعیت بسیار شدید بوده است. نواحی شمال غرب استان نیز از جنبه کشاورزی در وضعیت خشکسالی ملایم و چادگان در وضعیت خشکسالی شدید بوده است.

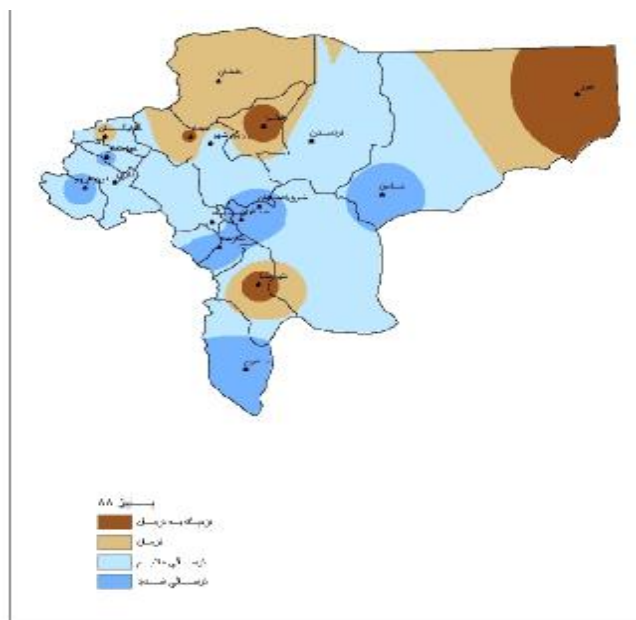
در سال زراعی 88-1387 از جنبه خشکسالی هواشناسی، تقریباً تمامی شهرستان‌های استان در وضعیت ترسالی و نزدیک به نرمال بوده‌اند و شهرستان اصفهان در وضعیت خشکسالی ملایم و خمینی شهر خشکسالی

شدید داشته اند. از جنبه خشکسالی کشاورزی، شهرستان های اردستان، فریدون شهر، گلپایگان، میمه نجف آباد، سمیرم، شهرضا، چادگان ، داران و تیران در وضعیت خشکسالی ملایم و خمینی شهر دارای خشکسالی شدید بوده اند.

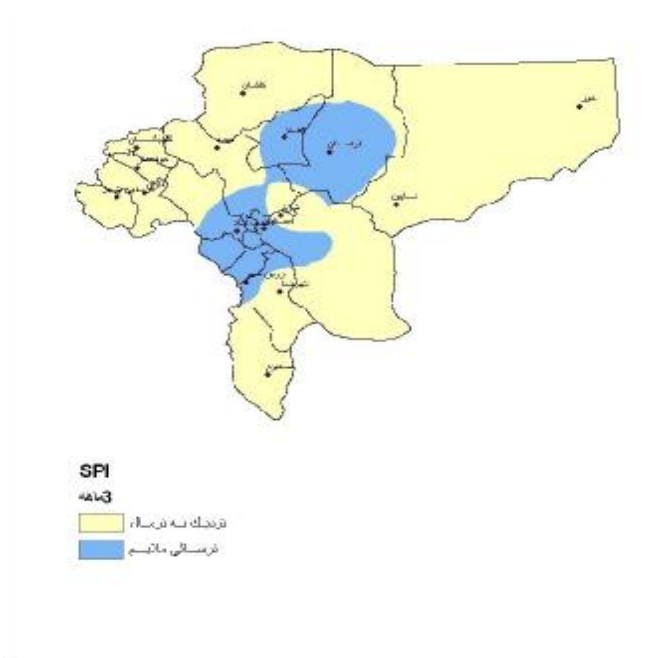
به طور کلی در سال زراعی 88-1387 در کلیه مناطق استان کاهش میزان بارندگی قابل ملاحظه بوده است. به طوری که غرب، جنوب غرب و جنوب استان از این پدیده بیشتر آسیب دیدند لیکن مناطق شرقی استان وضعیت خشکسالی حادی نداشتند.

در سال زراعی 89-1388 نیز تا پایان فروردین 89 میزان بارندگی ها به قدری بوده که در بعضی از مناطق از میانگین بلند مدت فراتر رفته است. اما در بعضی از مناطق میزان بارندگی کمتر از میانگین بلند مدت بوده است. در بررسی خشکسالی استان با شاخص SPI شهرهای خور و بیابانک، نایین، کاشان، میمه، نطنز از جنبه خشکسالی هواشناسی در وضعیت ترسالی و نرمال بوده اند.

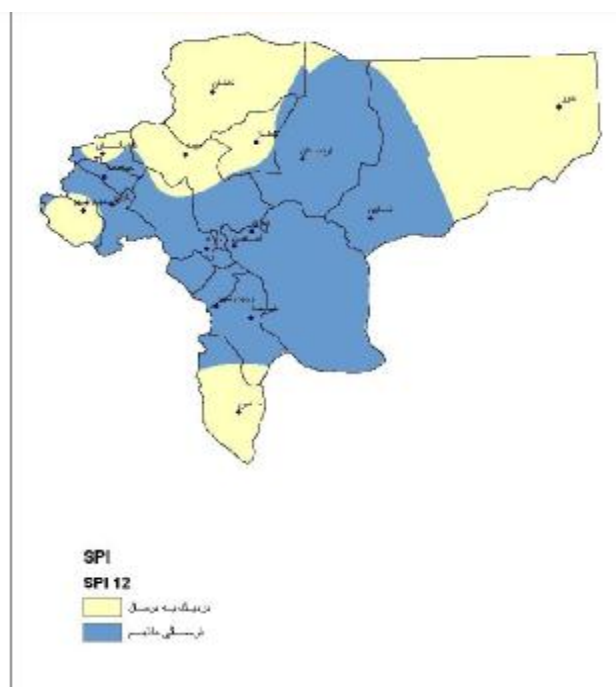
به طور کلی پایش خشکسالی هیدرولوژی با شاخص SPI (48 ماهه) نشان داد که، مناطقی از جنوب استان مانند (سمیرم)، غرب و شمال غرب استان مانند (فریدون شهر، گلپایگان و میمه) و مناطق شرقی استان در وضعیت خشکسالی بوده اند. البته در این سال کمبود ذخایر برفی در سرشاخه ها و افزایش تبخیر و تعرق و افزایش دما در زمستان گذشته سبب تداوم اثرات زیانبار خشکسالی در استان بوده است.



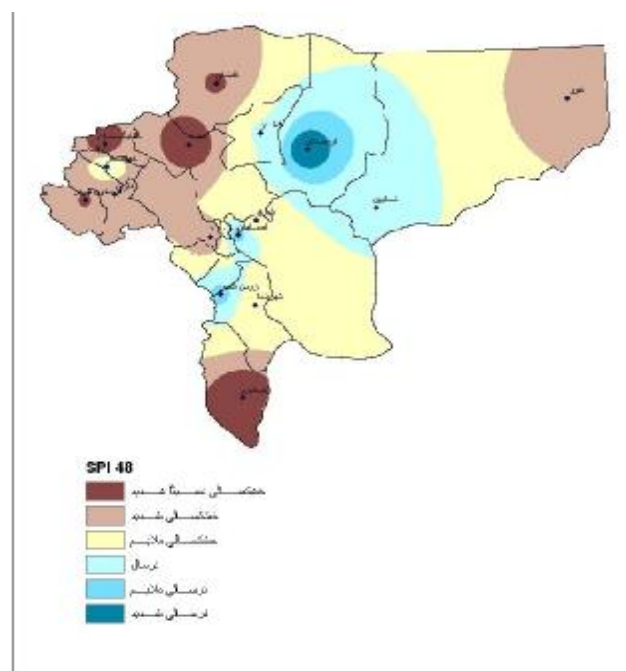
شکل 2-1. پهنه بندی خشکسالی استان اصفهان در فصل پاییز 1388



شکل 2-2. وضعیت خشکسالی استان اصفهان تا پایان فروردین 1389



شکل 2-3. وضعیت خشکسالی (با روش SPI 12 ماهه) استان اصفهان تا پایان فروردین 1389



شکل 2-4. وضعیت خشکسالی (با روش SPI 48 ماهه) استان اصفهان تا پایان فروردین 1389

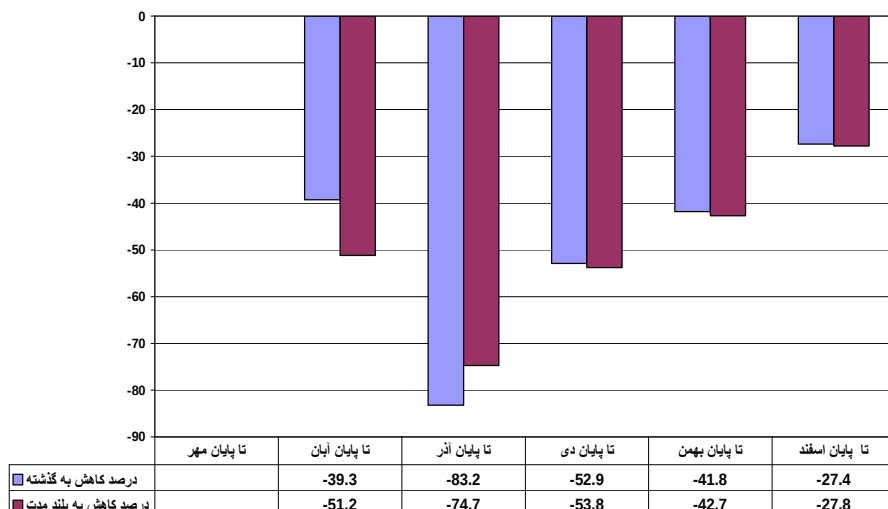
بررسی وضعیت خشکسالی استان اصفهان در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰

در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ بارندگی استان از آبان ماه شروع شد و میانگین بارش استان به ترتیب دارای مقادیر (آبان ۱۰/۴ میلیمتر)، (آذر ۴/۵ میلیمتر)، (دی ۲۱/۲ میلیمتر)، بهمن (۳۲/۷ میلیمتر) و (اسفند ۳۹/۱ میلیمتر) بوده است. ملاحظه می‌گردد که میزان بارندگی در آذر ماه بسیار پایین بوده است. میانگین بارندگی در فصل پاییز برابر ۱۵/۴ میلیمتر در استان بوده است که نسبت به میانگین سال گذشته و میانگین بلند مدت کاهشی به میزان به ترتیب ۷۰ میلیمتر و ۳۵ میلیمتر داشته است.

کاهش بارش فصل پاییز ۱۳۸۹ در مقایسه با بارش فصل پاییز سال‌های قبل در شهرستانهای فریدونشهر، چوپانان، خوانسار، سمیرم، شهرضا، نجف آباد، زرین شهر، ورزنه و خورویابانک بی سابقه بوده است. نتایج بررسی های پایش خشکسالی با شاخص SPI در پایان پاییز ۱۳۸۹ نشان داد که با توجه به بارندگی های به وقوع پیوسته در پاییز میزان شاخص تغییر زیادی نکرده است .

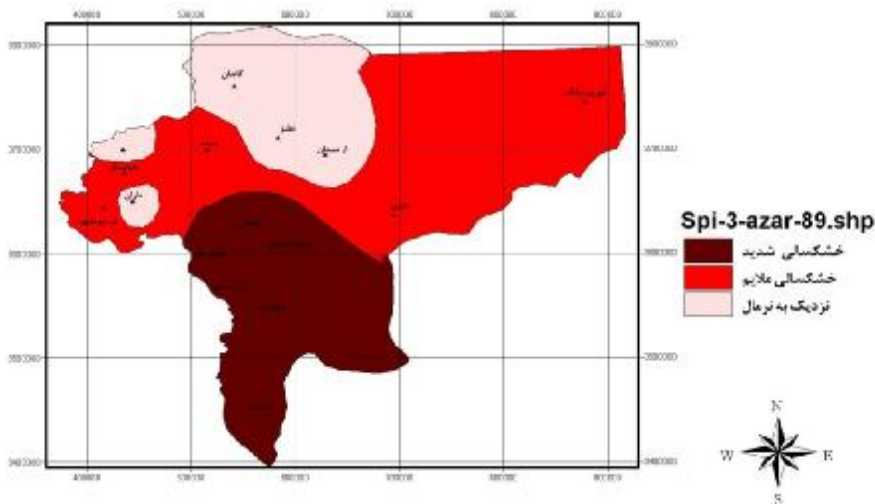
در فصل پاییز سال ۱۳۸۹ شهرستان‌های استان با دوره زمانی ۱ و ۳ و ۶ ماهه (از جنبه خشکسالی هواشناسی) در وضعیت خشکسالی شدید، ملایم و نزدیک به نرمال (خشک) و در بازه زمانی ۱۲ ماهه (از جنبه خشکسالی کشاورزی) در وضعیت خشکسالی شدید و نزدیک به نرمال و در بازه زمانی ۲۴ ماهه (از جنبه خشکسالی هیدرولوژی) در وضعیت خشکسالی ملایم و نزدیک به نرمال و در بازه زمانی ۴۸ ماهه (از جنبه خشکسالی هیدرولوژی) در وضعیت خشکسالی بسیار شدید، شدید، ملایم و نزدیک به نرمال بوده اند.

تا پایان اسفند ماه سال ۱۳۸۹ میانگین بارندگی برابر ۱۰۷/۹ میلیمتر در استان بوده که علیرغم بارش های دی و بهمن و اسفند باز هم بارش فصل زمستان نسبت به میانگین سال گذشته و میانگین بلند مدت کاهشی به میزان به ترتیب ۲۷/۴ میلیمتر و ۲۷/۸ میلیمتر داشته است. (شکل ۲-۵)



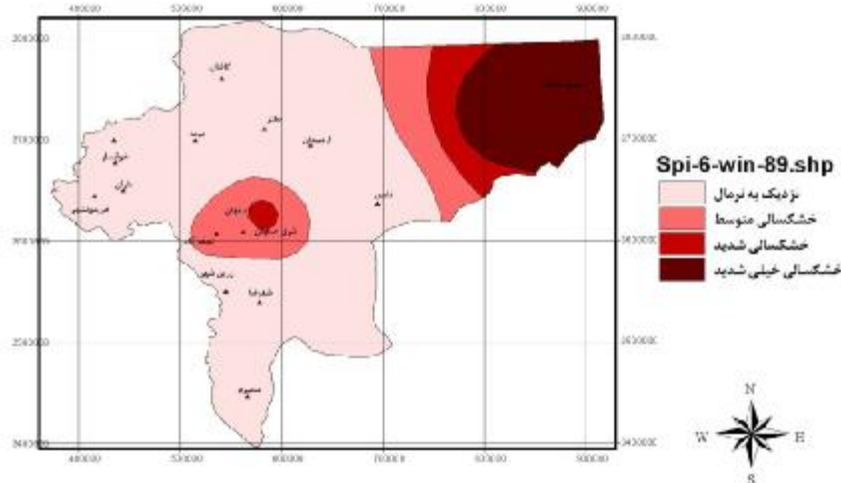
شکل 2-5. استمرار خشکسالی استان از اول سال زراعی جاری تا پایان اسفند 1389

محاسبه شاخص SPI سه ماهه تا پایان آذر ماه نیز حاکی از درگیر بودن قسمت های مرکزی و جنوب و جنوب غرب استان در وضعیت خشکسالی شدید (اصفهان، شرق اصفهان، نجف آباد، زرین شهر، شهرضا و سمیرم)، شهرستان های (خوروویا بانک، نایین، میمه، خوانسار و فریدون شهر) در وضعیت خشکسالی ملایم و در شهرستان های (کاشان، نطنز، اردستان، داران و گلپایگان) در وضعیت نزدیک به نرمال (خشک) می باشد. (شکل 2-6)



شکل 2-6. وضعیت خشکسالی استان با شاخص SPI سه ماهه تا پایان آذر ماه سال 1389

محاسبه شاخص SPI شش ماهه تا پایان اسفند ماه ۱۳۸۹ نیز بیانگر خشکسالی خیلی شدید در قسمت شرقی استان (خورویابانک) و خشکسالی شدید در شرق اصفهان و خشکسالی متوسط در اصفهان و نجف آباد و سایر نقاط استان نزدیک به نرمال می باشند. (شکل ۲-۷)

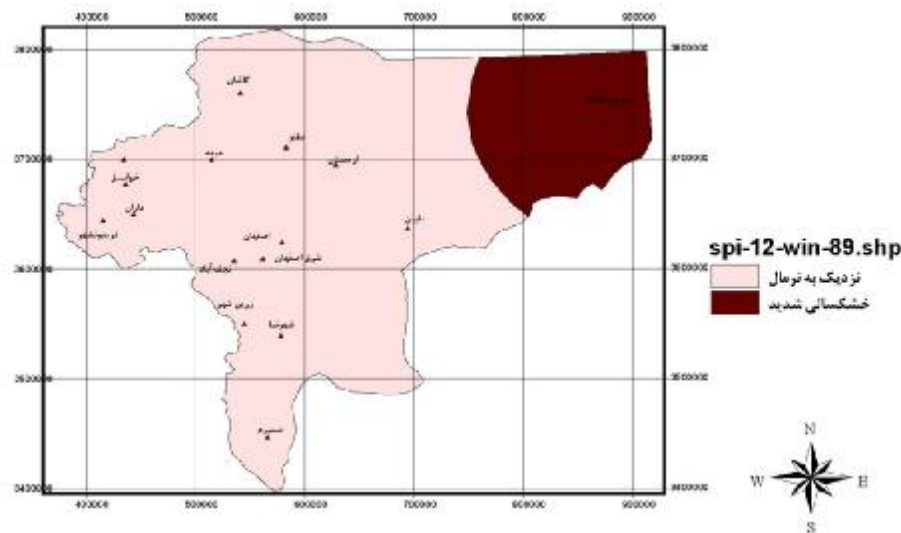


شکل ۲-۷. وضعیت خشکسالی استان با شاخص SPI شش ماهه تا پایان اسفندماه سال ۱۳۸۹

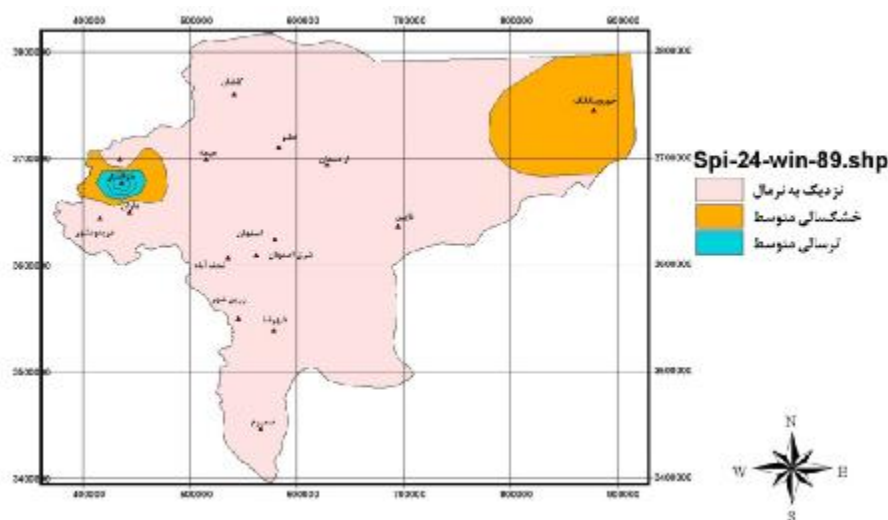
برای مشخص نمودن وضعیت خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژیکی استان اصفهان شاخص SPI برای دوره های زمانی ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه نیز محاسبه گردید که نتایج آن به شرح ذیل می باشد:

شکل ۲-۷ که میزان تغییرات SPI ۱۲ ماهه را تا پایان اسفند ۱۳۸۹ نشان می دهد و بیشتر مبین خشکسالی کشاورزی می باشد و بر اساس آن می توان خشکسالی کشاورزی را تعیین نمود بیانگر خشکسالی شدید در قسمت شرقی استان (خورویابانک) و وضعیت نزدیک به نرمال در سایر نقاط استان می باشد.

اشکال ۲-۸ و ۲-۹ شاخص SPI در دوره زمانی ۲۴ و ۴۸ ماهه تا پایان اسفند ماه محاسبه شده است. این دوره زمانی که بیشتر مبین خشکسالی هیدرولوژیکی می باشد در واقع میزان کمبود بارندگی را در یک بازه نسبتاً زیاد ۲۴ و ۴۸ ماهه می سنجد. با توجه به شاخص SPI بیست و چهار ماهه خشکسالی متوسط در قسمت شرقی استان (خورویابانک)، ترسالی متوسط در قسمت غربی استان (خوانسار) و نزدیک به نرمال در بقیه استان می باشد. (شکل ۲-۹)

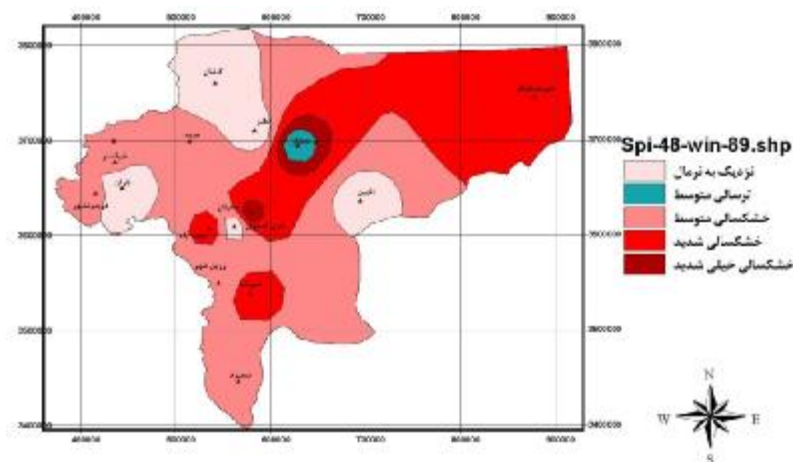


شکل 2-8. وضعیت خشکسالی استان با شاخص SPI دوازده ماهه تا پایان اسفند ماه سال 1389



شکل 2-9. وضعیت خشکسالی استان با شاخص SPI بیست و چهار ماهه تا پایان آذر ماه سال 1389

محاسبه شاخص SPI چهل و هشت ماهه نیز بیانگر وضعیت خشکسالی بسیار شدید در (شرق اصفهان)، خشکسالی شدید در (خورو بیابانک، نجف آباد و شهرضا) و خشکسالی متوسط در (سمیرم، زرین شهر، میمه، خوانسار و فریدونشهر) و ترسالی متوسط در (اردستان) و نزدیک به نرمال در بقیه استان می باشد. (شکل 2-10)

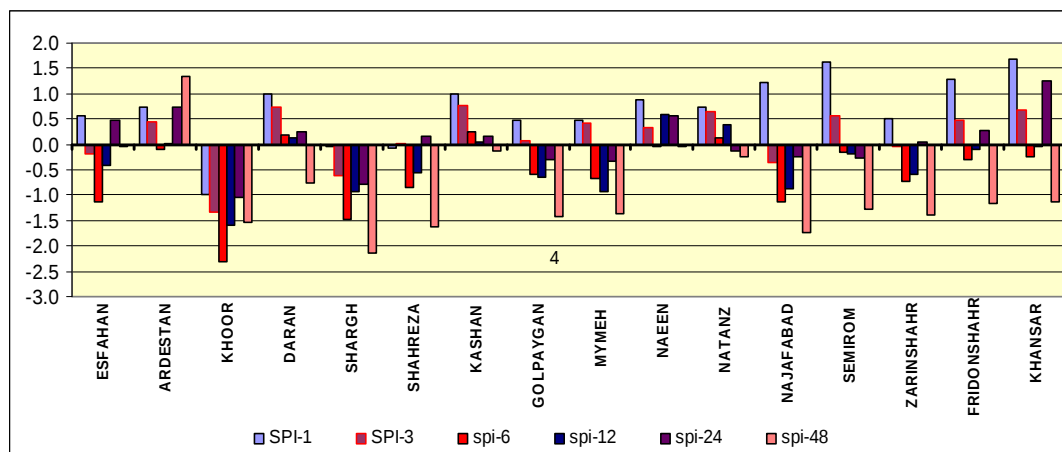


شکل 2-10. وضعیت خشکسالی استان با شاخص SPI چهل و هشت ماهه تا پایان اسفند ماه سال 1389

بحث در مورد وضعیت خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی باید بیشتر بوسیله شاخص‌های هیدرولوژی پیگیری شود که بر اساس میزان کاهش ذخایر آب‌های زیرزمینی و کاهش میزان آبدهی چشمه‌ها و قنوات در داخل استان می‌باشد.

اما به طور کلی می‌توان گفت که در زمستان سال 1389 میزان ریزش برف بسیار کم بوده و در سرچشمه‌ها و سرشاخه‌های رودخانه و ارتفاعات استان میزان ذوب برف بدلیل افزایش دما در زمستان بسیار سریع اتفاق افتاد. مقایسه میانگین دمای فصل پاییز امسال نسبت به میانگین بلند مدت و میانگین سال گذشته نشان داد که دمای پاییز امسال بالاتر از میانگین پاییز سال گذشته و بلند مدت بوده و میانگین دمای فصل زمستان سال گذشته بیشتر از میانگین دمای زمستان بلند مدت و امسال بوده است. ذخایر برف که همیشه به عنوان پشتوانه تغذیه در فصل بهار و تابستان به حساب می‌آمدند وجود نداشته و پایین رفتن تراز آب زیرزمینی را در پی داشته است.

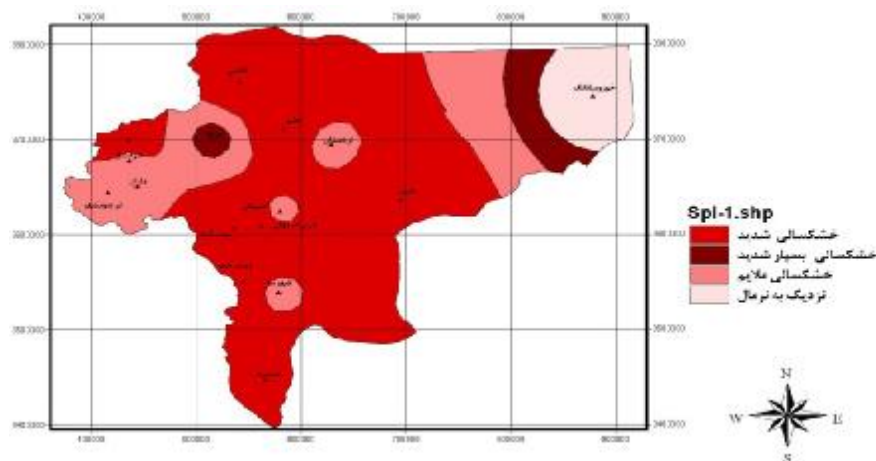
به طور کلی با بررسی مقادیر SPI صرف نظر از شدت‌های مختلف آن مشاهده می‌شود که در بازه‌های زمانی مختلف شاخص در اکثر موارد دارای مقادیر منفی بوده و استان دارای خشکسالی در شدت‌های متفاوت می‌باشد. (شکل 2-11)



شکل 2-11. مقادیر شاخص s_{pi} در بازه های مختلف در استان اصفهان تا پایان اسفند 1389

در اشکال 2-12 تا 2-17 نتایج حاصل از پایش خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از شاخص SPI به

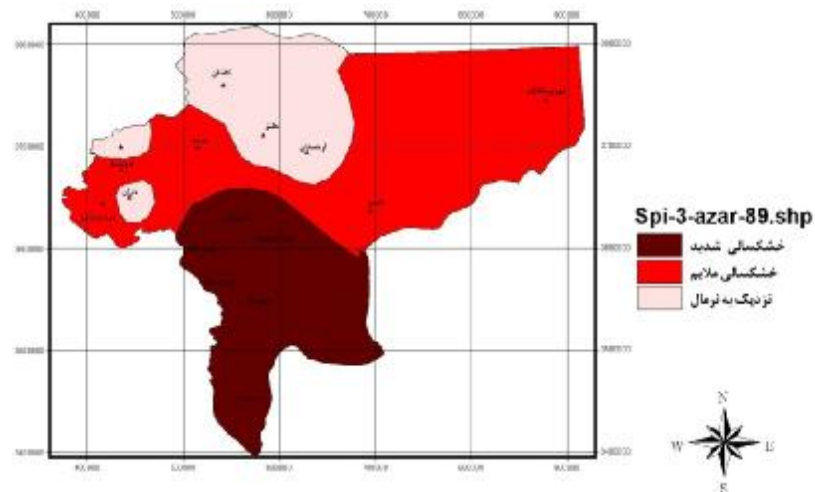
تفکیک شهرهای مختلف در بازه های زمانی کوتاه مدت ملاحظه می گردد:



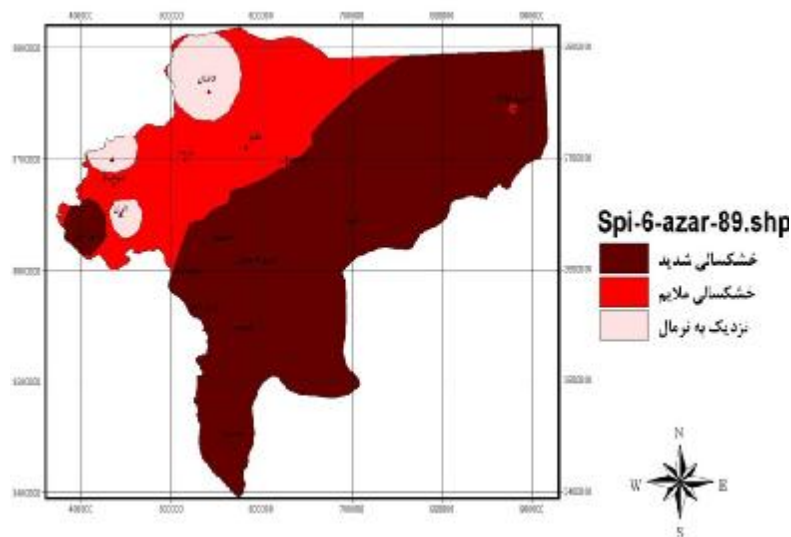
شکل 2-12. نتایج حاصل از شاخص SPI یک ماهه تا پایان آذر ماه بیانگر خشکسالی بسیار شدید در (میمه)، خشکسالی شدید در (شهرستان های

نطنز، سمیرم، زرین شهر، ناین، نجف آباد، کاشان، گلپایگان و اصفهان)، خشکسالی ملایم (در شهرستان های اردستان، داران و فریدونشهر،

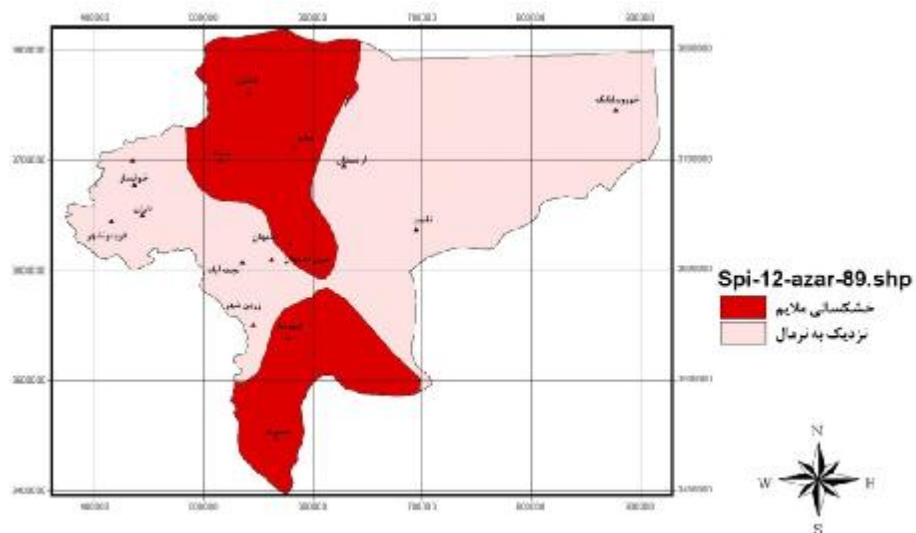
خوانسار و شهرضا) و تنها شهرستان خورویپابانک به سمت نزدیک به نرمال (خشک) پیش رفته است.



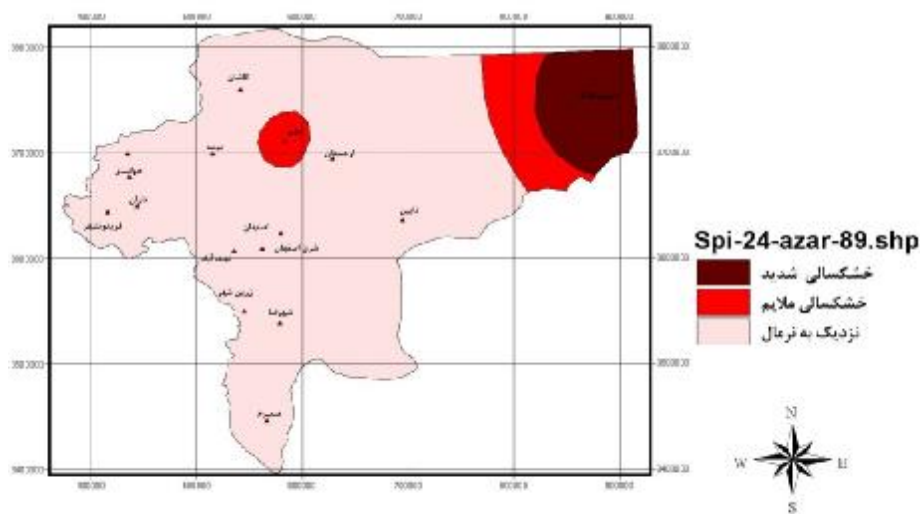
شکل 2-13. نتایج حاصل از شاخص SPI سه ماهه نیز حاکی از درگیر بودن قسمت‌های مرکزی و جنوب و جنوب غرب استان در خشکسالی شدید (اصفهان، شرق اصفهان، نجف آباد، زرین شهر، شهرضا و سمیرم)، شهرستان‌های (خوروبابانک، ناین، میمه، خوانسار و فریدونشهر) در خشکسالی ملایم و در شهرستان‌های (کاشان، نطنز، اردستان، داران و گلپایگان) نزدیک به نرمال (خشک) می‌باشد.



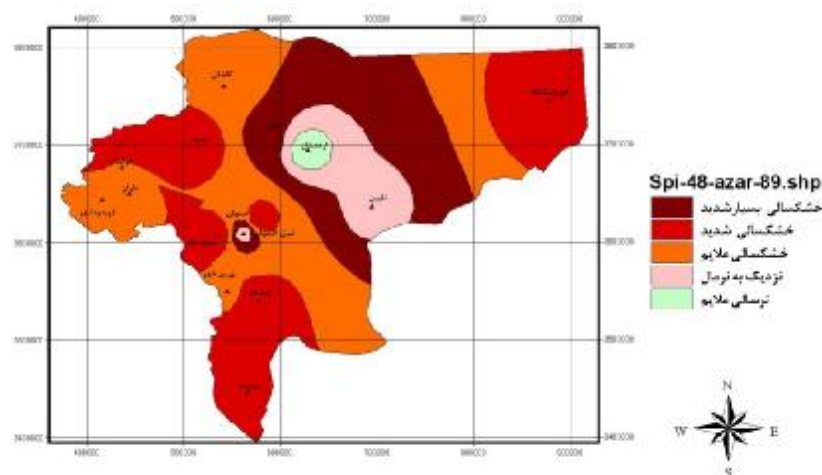
شکل 2-14. نتایج حاصل از شاخص SPI شش ماهه نیز بیانگر خشکسالی شدید در قسمت‌های شرقی، جنوب شرقی و مرکز و جنوب و جنوب غرب استان به علاوه فریدونشهر و خشکسالی ملایم در شهرستان‌های نطنز، اردستان، میمه و خوانسار و نزدیک به نرمال (خشک) در کاشان، گلپایگان و داران می‌باشد.



شکل 2-15. میزان تغییرات SPI 12 ماهه نشان می دهد که خشکسالی شدید در شمال و شمال شرق و مرکز و جنوب استان و نزدیک به نرمال (خشک) در قسمت های شرق و جنوب شرق و غرب و جنوب غرب استان می باشد.



شکل 2-16. با توجه به شاخص SPI بیست و چهار ماهه خشکسالی شدید در (خوروپایانک)، خشکسالی ملایم در (نطنز) و بقیه استان نزدیک به نرمال (خشک) هستند.



شکل 2-17. با توجه به شاخص SPI چهل و هشت ماهه نیز خشکسالی بسیار شدید در (نطنز)، خشکسالی شدید در (خوروبابانک، میمه، گلپایگان، نجف آباد، شرق اصفهان، شهرضا و سمیرم) و خشکسالی ملایم در (کاشان، اصفهان، زرین شهر، داران و فریدونشهر) و نزدیک به نرمال خشک در (نایین) و ترسالی ملایم در (اردستان) می باشد.

پایش خشکسالی استان بر اساس شاخص پالمر

پایش خشکسالی استان بر اساس شاخص پالمر که شاخصی کشاورزی است از شهریور 1389 تا خرداد 1390 نیز گویای موارد ذکر شده در ذیل می باشد:

در ماه های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر (شهریور، مهر، آبان و آذر) از نظر درجه بندی شدت خشکسالی بیشترین درصد مساحت تقریبی تحت پوشش استان، در وضعیت خشکسالی متوسط و در ماه های ژانویه و فوریه در وضعیت خشکسالی ملایم و در ماه مارس نیز در وضعیت شرایط نرمال قرار داشته است. در ماه های مورد پایش وضعیت خشکسالی متوسط بیشترین درصد را به خود اختصاص داده و خشکسالی ملایم نیز در درجه دوم قرار می گیرد.

وضعیت ترسالی در حال وقوع، ترسالی ملایم و ترسالی متوسط در ماه ژانویه، فوریه و مارس وجود داشته که اوج آن در ماه مارس بوده است.

به تفکیک مناطق نیز، در قسمت شمال استان در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر، دسامبر و ژانویه خشکسالی بسیار شدید و در ماه فوریه خشکسالی شدید تا متوسط روی داده است.

شمال شرق استان در ماه‌های ژانویه و فوریه در وضعیت خشکسالی بسیار شدید تا شدید بوده است.

مرکز استان نیز در ماه‌های سپتامبر، نوامبر و دسامبر دارای خشکسالی بسیار شدید و در ماه فوریه در وضعیت خشکسالی شدید و در ماه مارس در وضعیت خشکسالی متوسط بوده است.

غرب استان در ماه سپتامبر در وضعیت خشکسالی بسیار شدید و شمال غرب استان در ماه فوریه در وضعیت خشکسالی شدید بوده است.

قسمت های جنوب، جنوب شرق و شرق استان در شرایط نرمال تا ترسالی بوده اند.

2-9. مقابله با خشکسالی های کشاورزی

بخش کشاورزی با اختصاص بیش از 90 درصد از آب مصرفی کشور در هنگام خشکسالی بیشترین آسیب را خواهد دید. مدیریت دراز مدت منابع آب نیازمند استفاده اقتصادی از آن است. سرمایه گذاری در منابع آب و خاک باید با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی کشور انجام گیرد. هر نوع توسعه کشاورزی و صنعتی که آسیب کمتری به منابع محدود آب و خاک وارد سازد و از تخریب جنگل ها و مراتع جلوگیری کند باید معمول گردد. کشت گیاهان مقاوم به شوری و خشکی و اهمیت به تحقیقات و پژوهش های همه جانبه در مورد آب و خاک باید در اولویت قرار گیرد. مبحث زراعت در مناطق خشک و عنوان خشکسالی به صورت دروس مستقل و با اهمیت باید در برنامه آموزشی دانشکده های کشاورزی وارد شود. با کاربردی نمودن مباحث تئوری باید اثرات تخریبی خشکسالی را کاهش داد و با اختصاص اعتبارات لازم، امکان اجرای طرح های اساسی زیربنایی آب و خاک را فراهم ساخت.

- در بخش مدیریت مصرف آب تدوین معیارها و ضوابطی که آلودگی را به حداقل برساند و از تخلیه

فاضلاب پالایش نشده به منابع آب جلوگیری کند، می تواند حجم آب جاری و قابل مصرف را

چندین برابر افزایش دهد. هر متر مکعب فاضلاب حدود 50 متر مکعب آب سالم را آلوده می‌کند. چنانچه از پساب پالایش شده فاضلاب‌ها در کشاورزی استفاده شود به دلیل سرشار بودن املاح آن، بازده محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد. در حال حاضر حدود 66 درصد از حجم آب شیرین قابل استحصال کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. حفاظت از این مقدار آب باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

- در بخش آموزش، آموزش همگانی استفاده از منابع آب باید سرلوحه کارها قرار گیرد. کودکان و نوجوانان باید به طبیعت و آب عشق بورزند. پرورش نسلی که توانایی دوراندیشی و تفکر درباره آینده آب، منابع طبیعی و محیط زیست را داشته باشد باید به طور جدی در دستور کار مسئولان آموزش کشور قرار گیرد.

- در بخش مقابله مستقیم با خشکسالی چنانچه بپذیریم این موضوع یک پدیده ذاتی ناشی از اقلیم کشورمان است لازم است برای رویارویی با آن برنامه داشت و براساس این برنامه به اقدامات مناسب و آگاهانه متوسل شد. همانطوری که قبلاً نیز ذکر شد کشاورزی بزرگترین عامل مصرف آب شیرین است. اساسی ترین اصول مدیریت منابع طبیعی برای مقابله با خشکسالی گذشته از کنترل جمعیت باید بر افزایش بازدهی استفاده از آب و تولید محصولات با ارزش تر استوار باشد.

- کاهش سطح زیر کشت و انجام عملیات به زراعی، اصلاح روش‌های آبیاری، رعایت موازین زیست محیطی، آبخوان‌داری، استفاده از پساب فاضلاب‌های خانگی در کشاورزی، جلوگیری از افزایش اراضی کم بازده حرکت به طرف غذاهای مصنوعی، پوشش انهار و افزودن مواد آلی مورد نیاز گیاه، باروری ابرها و شیرین کردن آبهای شور از جمله اقدامات افزایش دهنده بازدهی آب به شمار می‌آیند.

2-10. کاربرد سنجش از دور در مطالعات بلایای اقلیمی

خشکسالی نوعی بحران اقلیمی است که باعث کاهش سطح تولیدات کشاورزی در مناطق وسیع شده و باعث کوچ و مهاجرت و مرگ و میر می‌گردد. پیامد اصلی اثرات خشکسالی روی محصولات و کشاورزی است ولی به آسانی شناسایی نمی‌شود. بنابر این ضرورت وجود کمیتی که اثرات، نوسانات و توسعه خشکسالی را در جهات مختلف ارائه نماید احساس می‌شود. برای این منظور نیاز به شاخص‌های قابل اعتماد برای نمایش شدت و زمان رخداد خشکسالی ضرورت پیدا کرده است. در این میان به کمک داده‌های ماهواره ای می‌توان با ردیابی و ارزیابی خشکسالی‌ها با تدوین برنامه‌های دراز مدت از اثرات مخرب این پدیده کاست.

§ شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره ای

در طی سالهای اخیر شاخص‌های گیاهی کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا کرده‌اند. شاخص‌های گیاهی تجزیه و تحلیل‌های ریاضی داده‌های ثبت شده از سنجنده ماهواره‌ها هستند که برای ارزیابی توزیع طیفی گیاهان در مشاهدات ماهواره‌ای طراحی شده‌اند. میزان بازتاب پوشش گیاهی در طول موجهای مختلف با توجه به نوع پوشش (گونه، شادابی و...) و نوع خاک زمینه (ماده آلی، خاک مرطوب، نوع بافت و ...) می‌تواند تغییر پیدا کند. برای آشکارسازی این تغییرات معمولاً از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌کنند.

بیشترین استفاده از این شاخص‌ها زمانی صورت می‌گیرد که داده‌های ماهواره‌ای در محدوده باندهای قرمز¹ و مادون قرمز نزدیک² باشند. چرا که گیاهان در باند مادون قرمز نزدیک دارای انعکاسات بسیار شدیدی هستند. شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش‌های گیاهی از پدیده‌های دیگر که توسط تک باندها ممکن نیست به کار می‌رود (علوی پناه، 1382). شاخص‌های گیاهی می‌توانند با استفاده از تعدادی باند مناسب و

¹. RED

². NIR

قابل استفاده محاسبه شوند (Boyd, 1996). شاخص‌های گیاهی از نسبت گیری بین باندها به وجود می‌آیند که روابط ریاضی بین باندها شامل جمع، ضرب، تفریق و تقسیم باندهای طیفی قابل انطباق را بیان می‌نمایند (علوی پناه، 1382).

میزان بازتاب پوشش گیاهی در طول موجهای مختلف با توجه به نوع پوشش (نوع گونه، شادابی و...) و نوع خاک زمینه (ماده آلی، خاک مرطوب، نوع بافت و...) و می‌تواند تغییر پیدا کند. برای بارز سازی این تغییرات معمولاً از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌کنند.

مقادیر به دست آمده از شاخص‌ها برای محاسبه درصد پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ استفاده می‌شود اندیس‌های گیاهی به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

• اندیس‌های گیاهی نسبی

• اندیس‌های گیاهی عمودی

از اندیس‌های نوع اول می‌توان به معروفترین و کاربردی ترین آنها یعنی NDVI اشاره کرد و از اندیس‌های نوع دوم نیز می‌توان به اندیس گیاهی DVI اشاره کرد.

§ شاخص گیاهی نسبی¹

این شاخص از جمله اولین شاخص‌های پوشش گیاهی است که توسط جوردن در سال 1969 (به نقل از کبیری) ارائه شد. این شاخص اصلاح کننده تغییرات نوری و توپوگرافی بوده و از تقسیم باند مادون قرمز بر قرمز به دست می‌آید.

$$RVI = NIR/RED$$

رابطه (۱)

¹. RVI

مقادیر شاخص فوق برای آب کمتر از 1 و برای خاک بیشتر از 1 می‌باشد و بهترین زمان استفاده از این شاخص در ابتدا و انتهای فصل رویش یعنی در زمان گلدهی و رشد میوه توصیه شده است .

§ شاخص پوشش گیاهی تفاضلی¹

این شاخص در سال 1992 توسط ریچاردسون ارائه شد و از کسر کردن مقادیر انعکاس باند قرمز از مادون قرمز به دست می‌آید.

$$DVI = NIR - RED$$

رابطه (۲)

این شاخص بین +255 تا -255 است. برای پوشش گیاهی مقادیر بالای صفر و برای خاک و سنگ نزدیک صفر می‌باشد.

§ شاخص گیاهی اختلافی نرمال شده²

این شاخص گیاهی از معروفترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی شناخته شده تا کنون می‌باشد که برای اولین بار توسط روس و همکاران³ (1973) ارائه گردید. رابطه (4) فرمول این شاخص را نشان می‌دهد.:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

رابطه (۳)

که در این رابطه NIR باند مادون قرمز نزدیک و Red باند قرمز است. مقدار این شاخص بین -1 تا +1 بوده ولی عملاً کمتر از 1 و بیشتر از -1 است و مقادیر آن برای پوشش گیاهی متراکم متمایل به 1 و برای مناطق آبی، برفی و ابری مقادیر منفی را نشان می‌دهد. مقادیر برای سنگ و خاکهای بدون پوشش مقادیر کوچک مثبت یا منفی نزدیک به صفر است. از شاخص فوق در این تحقیق استفاده شده است. (کبیری، 1380)

§ شاخص شرایط گیاهی¹

¹ . DVI

² . NDVI

³ . Rouse et al

این شاخص در سال 1993 توسط کوگان ارائه شد و برای تعیین مرحله خشکسالی نیز استفاده می‌شود. رابطه 5 محاسبات مربوط به شاخص را نشان می‌دهد.

$$VCI = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

رابطه (۴)

در این رابطه NDVI به صورت هفتگی یا ماهیانه، NDVI min و NDVI max (حداقل و حداکثر) در طول دوره می‌باشند. مقادیر این شاخص به صورت درصد بیان می‌شود که مقادیر بین صفر تا 50 درصد نشان دهنده قرار گرفتن در درجات خشکسالی، بین 50 تا 100 درصد نشان دهنده حاکم بودن شرایط بالاتر از نرمال و VCI برابر صفر نشان دهنده شرایط شدید خشکسالی است. (یار محمدی، 1384)

2-11. نوسانات آب و هوایی و بیابان زایی

نوسان‌های آب و هوایی که باعث بیابان زایی می‌شود، بیشتر به کاهش میزان بارندگی، رطوبت، افزایش دما به ویژه در تابستان، افزایش میزان خشکی، تبخیر و تعرق، وزش بادهای گرم و سوزان و کاهش پوشش گیاهی (بر اثر وزش باد) ارتباط می‌یابند. حتی بر اثر نوسانات آب و هوایی، طغیان جانوران و حشرات و آفات به برخی سرزمین‌ها از جمله ملخ‌ها به شمال شرقی قاره آفریقا نیز اعمال شده‌است که سیر قهقرای محیط زیست را به همراه داشته‌است.

به طور کلی می‌توان به علل عمده زیر برای وقوع خشکسالی و بیابان زایی اشاره کرد:

§ استقرار سلول‌های پرفشار جنب گرمسیری با دامنه نوسان بین عرض‌های 20 و 40 درجه

§ عامل بری بودن

§ عدم صعود و جابجایی شدید هوا

§ جریان‌ات دریایی سرد و بالاراندگی آب‌ها

¹. VCI

§ وزش بادهای گرم سوزان

§ موانع کوهستانی

§ استقرار کم فشار حرارتی

باد و آب به عنوان دو عامل اقلیمی که دارای تغییرات و نوسانات نسبتاً زیادی هستند در شکل گیری مناطق خشک و بیابانی و ژئومورفولوژی آنها نقش بسزایی را ایفا می کند.

وقوع پدیده فرسایش آبی و بادی در گسترش بیابانها و از دست رفتن خاکهای سطح الارضی حاصلخیز نقش عمده ای داشته و تبعات منفی خشکسالی را تشدید می نماید.

2-12. تغییر اقلیم و خشکسالی

اثبات وقوع پدیده تغییر اقلیم¹ در سطح جهان به سهولت امکان پذیر نیست و نیازمند بررسی های آماری جامع و طولانی مدت فراسنجهای جوی است، هر چند روند گرمتر شدن دمای سطح زمین و افزایش غلظت گاز کربنیک² تقریباً قطعی می نماید.

سناریوهای تغییرات اقلیمی در چرخه آبشناسی نمود کاملاً بارزی می یابند. چرا که تمامی اجزاء آن تحت تأثیر تغییرات حاصله در میزان تبادلات انرژی و جرم قرار می گیرند. نوسان منابع آبی به طرز قابل ملاحظه ای تابع تغییرات اقلیمی است، چرا که نیاز به این منابع با افزایش تبخیر و تعرق در شرایط گرمتر، خشک تر و آفتابی تر بیشتر می شود. به عنوان مثال براساس گزارشات منتشره در سال 1996، مناطق جنوب انگلیس در سال 2050 شدیداً مستعد وقوع خشکسالی بوده ولی مناطق شمالی به مراتب مرطوب تر شده و سیل در آنجا مشکل زا خواهد شد.

بررسی ها نشان داده است غلظت گازکربنیک و سایر گازها در اتمسفر از نیمه دوم قرن نوزدهم افزایش یافته است. میزان غلظت گاز کربنیک از سال 1958 تا 1988 حدود 35 درصد فزونی یافته است. بولت¹ و همکاران

¹. Climate Change

². co2

در سال 1988 اثر دو برابر شدن غلظت گاز کربنیک را بر روی عوامل هیدرولوژیکی از قبلی تبخیر و تعرق پتانسیل، رطوبت خاک، تجمع برف، ذخیره آب زیرزمینی، رواناب و بیلان آبی در سه حوزه بلژیک مطالعه کردند. نتایج نشان داد که تبخیر و تعرق پتانسیل، درصد رطوبت خاک و میزان ذخیره آبهای زیرزمینی در حوزه‌هایی با نفوذ پذیری زیاد افزایش یافته است.

میشل² در سال 1989 نشان داد که در اثر دو برابر شدن غلظت گاز کربنیک، درجه حرارت بین 2/8 تا 5/2 کلوین و بارندگی بین 7/1 تا 15 درصد افزایش می‌یابد. ولی افزایش بارندگی در مناطق مختلف یکسان نیست. اگر نرخ افزایش گازکربنیک ثابت بماند، میزان غلظت گاز کربنیک در سال 2035 به جای 360 قسمت در میلیون³ فعلی به 420 قسمت در میلیون خواهد رسید. افزایش گازکربنیک باعث افزایش درجه حرارت و رطوبت مطلق در لایه‌های هوای نزدیک سطح زمین می‌گردد. هر چند با دو برابر شدن گازکربنیک، میزان بارندگی افزایش می‌یابد ولی افزایش بارندگی در نقاط مختلف یکسان نیست. در مناطقی با عرض جغرافیایی زیاد به طور کلی میزان بارندگی و رواناب افزایش می‌یابد ولی در مناطق با عرض جغرافیایی کم بارندگی بسته به منطقه افزایش یا کاهش نشان می‌دهد. به طور کلی می‌توان از تحقیقات انجام شده چنین نتیجه گرفت که :

§ میزان گازکربنیک و سایر گازهای موجود در اتمسفر (نظیر متان، CFC) بعد از انقلاب صنعتی افزایش یافته است.

§ مدل‌های شبیه سازی مختلف نشان داده‌اند که با افزایش گازکربنیک شرایط هیدرولوژیکی از قبیل بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق و رواناب و ... تغییر می‌کند که به تبع آن وقوع یا عدم وقوع خشکسالی نیز قابل بررسی است.

¹ . Boulton

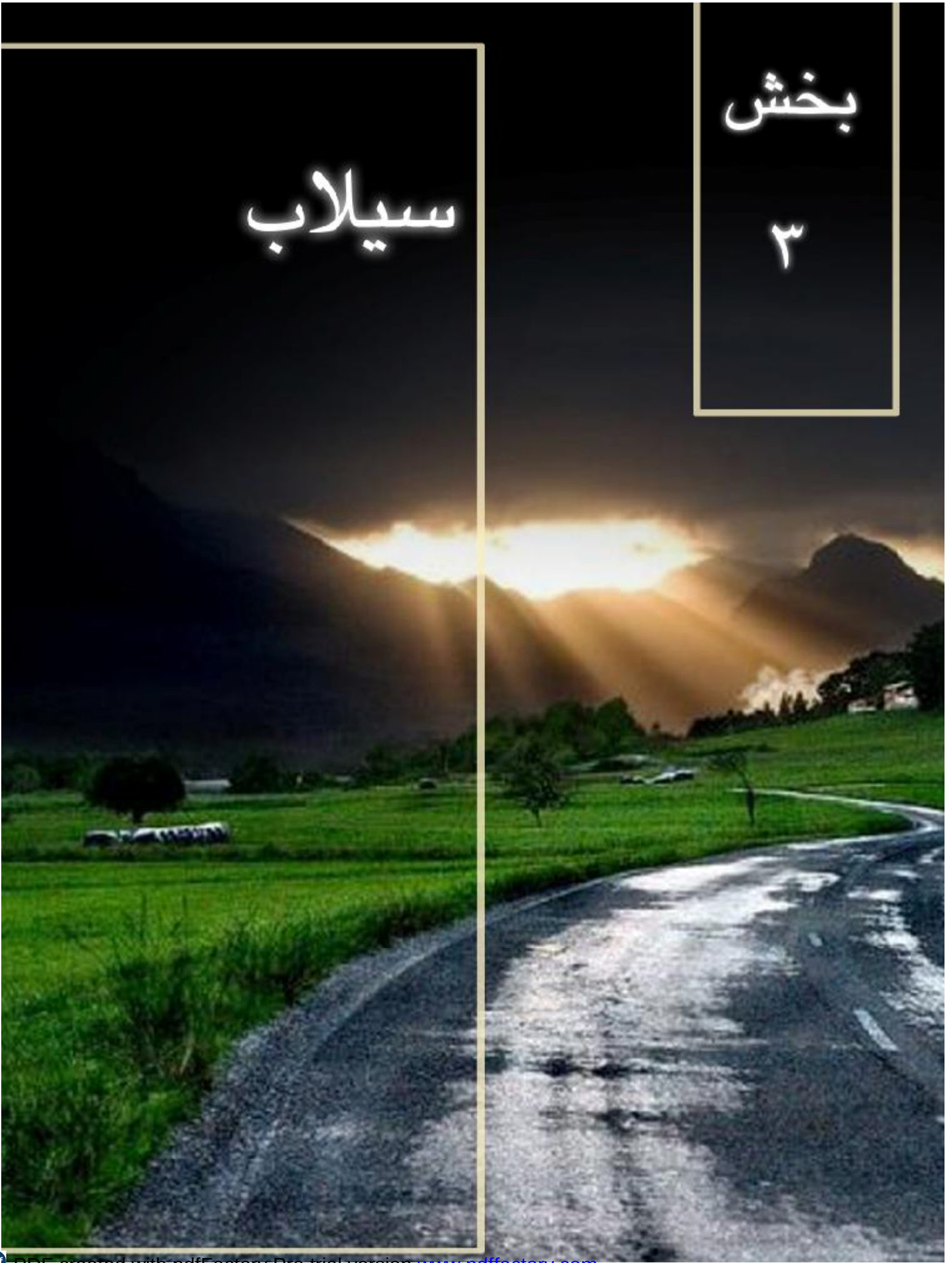
² . Mitchel

³ . ppm

سیلاب

بخش

۳



سیل معمولاً به علت ریزش بیش از اندازه برف و باران در یک منطقه به طور ناگهانی به وقوع می‌پیوندد. از دلایل وقوع آن می‌توان توزیع جغرافیایی رودخانه‌ها، سواحل و همچنین دخالت بشر در توازن طبیعی، افزایش جمعیت و شهرنشینی و اثرات فعالیت‌های بشری در طولانی مدت را نام برد. اغلب، سیل ناشی از توفان‌های تندری بوده که این توفان‌ها گاهی به صورت رعد و برق شدید، تند باد و باران‌های سیل‌آسا ظاهر می‌شوند، که به صورت خوشه‌ای از ابرهای همرفتی می‌باشند. سیل ممکن است با سیکلون‌های حاره‌ای، به‌ویژه با آنهایی که ساکن¹ هستند اتفاق بیافتد. در مناطق حاره‌ای و جنب حاره‌ای اغلب سیل‌ها در طول فصل مونسون که از تداوم بارندگی‌های شدید و سنگین ناشی می‌شوند، اتفاق می‌افتند. در این صورت مناطق کوهستانی برای وقوع سیل بسیار مستعد می‌باشند، زیرا اثرات اروگرافیکی در جابجایی، سقوط و توسعه ابرها نقش مهمی داشته که در نتیجه باعث افزایش مقدار بارندگی می‌شوند. در ضمن پتانسیل وقوع سیل در اثر سرازیر شدن آب از سراسیمی کوه‌ها و در نتیجه حمل و لغزاندن گل و لای و محبوس ساختن آنها در دره‌ها افزایش می‌یابد.

3-1. علل وقوع سیل

بنا بر تعریف، سیل، جریان آب بیش از حد طبیعی است. چنین حالتی در صورتی که جان انسان‌ها و زندگی بشر را به خطر بیاندازد بلا به شمار می‌رود. از نظر هیدرولوژیست‌ها اندازه سیل به بهترین نحو با ماکزیمم جریان تشریح می‌شود. علل بروز سیل به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شود:

§ علت فیزیکی (سیل‌های اقیانوسی) ناشی از مخاطرات اتمسفری و توفان موج

§ فعالیت‌های بشری (سیل‌های رودخانه‌ای) ناشی از مخاطرات تکنیکی (خرابی سد)، مخاطرات زلزله‌ای

(ریزش کوه)، مخاطرات اتمسفری (یخهای فشرده، ذوب برف، بارندگی سیل‌آسا)

¹. stationary

علت اصلی وقوع سیل ریزش بیش از اندازه برف و باران می‌باشد. هر چند برای به وقوع پیوستن آن، باران کوتاه مدت شدید و مداوم مورد نیاز می‌باشد. اما چگونگی ریزش باران به محیط هم بستگی دارد. ممکن است بارندگی‌های مونسونی در ناحیه تروپیکال، سیل یا توفان‌های ناحیه ای در حوضه‌های کوچک و یا سیل حوضچه ای را سبب شوند. این حوادث گاه از حالت محلی خارج شده و در مقیاس‌های بزرگتری اتفاق می‌افتد. مثلاً بعضی از سیل‌های به وقوع پیوسته در سودان و بنگلادش به پدیده ال‌نینو بر می‌گردد. شدت زیاد بارندگی غالباً همراه با توفان و بارندگی متمرکز به یک سمت می‌باشد در صورتی که بارش با شدت زیاد در حوضه‌های کوچک اتفاق افتد آن گاه حوضچه‌های سیل به وجود می‌آید. این سیل معمولاً در فصل تابستان رخ می‌دهد چنین سیلی مقدار زیادی آب را در زمان و مکان جابجا می‌کند و رسوبات زیادی را با خود به همراه دارد. ذوب شدن برف یکی دیگر از عوامل وقوع سیل است. این پدیده به ویژه زمانی رخ می‌دهد که پس از وقوع سیل درجه حرارت بالا رفته و سبب ذوب برف می‌شود. سیل بهاری ممکن است بر اساس جاری شدن یخ‌های فشرده به وقوع بپیوندد. این حادثه وقتی که انبوهی از یخ‌های شناور جاری می‌شوند تولید یک سد موقتی می‌کنند. این یخ‌های شناور باعث خرابی ساختمان‌ها و اماکن می‌شوند.

شرایط افزایش سیل به یک سری عوامل دیگر بستگی دارد و در صورت تشدید آنها جریان بیشتری از بارندگی به رواناب تبدیل می‌شود. تعدادی از این عوامل به توپوگرافی و شکل هندسی حوضه مربوط می‌شود، برای مثال خرابی سیل با سرعت و تندی جریان به طور نمایی افزایش می‌یابد. سامانه‌های زهکشی و فاضلاب و امکانات ذخیره‌ای برای تولید مواد روغنی و سایر مواد شیمیایی در هنگام وقوع سیل می‌تواند برای آب آلودگی زیادی به همراه بیاورند.

از دیگر شرایط افزایش سیل می‌توان فعالیت‌های بشری یا تغییراتی محیطی مانند تبدیل مناطق جنگلی به مناطق کشاورزی یا اسکان دادن نواحی یا از بین بردن جنگلها را نام برد. از بین بردن جنگلها و ایجاد جاده‌ها

و خانه سازی به دلایل زیادی باعث افزایش شرایط می شود. شهرنشینی نیز به دلایل مختلف باعث افزایش سیل می شود که برخی از آنها عبارتند از:

- تولید سطوح غیر قابل نفوذ از قبیل خیابان ها، جاده ها و پشت بام ها که باعث می شوند آب باران با سرعت بیشتری به صورت رواناب تبدیل شود.
- سطوح هموار ساختمانی هیدرولیکی به شبکه های زیر زمینی فاضلاب و آب زیر زمینی کمک می کند و باعث می شوند آب به سرعت به داخل کانال ها فرستاده شود و این خود می تواند یکی از دلایل افزایش سیل باشد.
- بر روی کانال های طبیعی رودخانه ها غالباً پل یا تاسیسات دیگری زده می شود که ظرفیت آن را کاهش می دهد حجم آب مجتمع در پشت این تاسیسات باعث ایجاد سیل می شود.
- به علت افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی رواناب بیشتر تولید شده و سامانه های فاضلاب نمی توانند خود را با جریان حداکثر مطابقت دهند.

2-3. مناطق سیل خیز

در بعضی از مناطق احتمال وقوع سیل بیش از سایر نقاط می باشد. از این گونه موارد می توان حالت های زیر را نام برد:

- 1- دهانه رودخانه های بزرگ و پایین دست پهنه های سیلاب
به طور طبیعی مناطقی که در پهنه سیلاب قرار دارند در معرض بروز سیل هستند. در دهانه رودخانه ها و خلیج های کوچک احتمال وقوع بسیار زیاد می شود زیرا از یک سو سیل از جانب رودخانه و از سوی دیگر جزر و مد سبب افزایش سطح آب می شود. به همین دلیل در این نقاط باید به نکات مهندسی رعایت شود و کنترل های لازم صورت گیرد.

2- حوضچه های سیل

حوضچه‌های سیل غالباً در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل بعضی از شرایط از جمله توپوگرافی استپ، پوشش گیاهی کم، بارندگی‌ها با شدت زیاد در مدت کم به وقوع می‌پیوندند. چنین سیل‌هایی می‌توانند در دره‌های کم عرض اتفاق افتاده و به سرعت به رواناب تبدیل شوند. در این گونه موارد زمان برای هشدار بسیار محدود می‌باشد. حوضچه‌های سیل یکی از حالت‌های سیل است که سبب مرگ و میرهای زیاد می‌شود.

3- نواحی زیر سدهای ناامن و نامناسب

سیل‌های ناشی از خرابی سد یک نمونه ترکیبی از حوادث طبیعی و مخاطرات تکنیکی هستند. تکنیک‌های ساختمانی از جمله ابزاری هستند که می‌توانند از خرابی‌های زیادی جلوگیری نمایند. اما همین ابزار یعنی سد، بند و خاکریز در صورتی که به شکل نامناسب ساخته شوند احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهند.

4- سواحل دریا

با توجه به گسترش سواحل دریا در طول هزارها کیلومتر، نوسانات آب دریا و اثرات رودخانه‌ها بر آنها به راحتی می‌توانند موجبات سیل را فراهم کنند.

5- نواحی که بادهای رسوبی اتفاق می‌افتد

بادهای رسوبی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک سبب ایجاد یک سری شیارهای شبیه کانال می‌شوند که در صورت وقوع بارندگی سرعت جریان را افزایش داده و سبب بروز سیل می‌شود.

3-3. راه‌های تعدیل خسارات سیل

§ کمک به سیل زدگان:

اگرچه دولت ضامن آسایش افراد در مواقع غیر عادی همانند سیل می‌باشد، ولی مردم نمی‌توانند با دادن مالیات مشخصی سرمایه از دست رفته شان را از دولت طلب کنند مگر این که اموالشان بیمه شده باشد. برای کمک به سیل زدگان راه‌های متنوعی وجود دارد از این جمله می‌توان کمک‌های محلی و ملی را نام برد. بعضی از کمک‌ها به صورت آموزش در این زمینه می‌باشد. در کنار این کمک‌ها یک سری کمک‌های پیشگیری از سیل وجود دارد. یک نمونه از این کارها مدیریت ساخت در پهنه‌های سیلاب می‌باشد.

§ کنترل محیطی:

برای کنترل فیزیکی محیط روش‌های مختلفی وجود دارد و در عمل باید برای کاهش سیل مقدار رواناب کاهش یابد و برای همین مساله در مسیر بستر سیل باید انحرافی ایجاد نمود. این مساله از دو طریق امکان پذیر است.

بهبود وضعیت هوا: این راهی است که می‌تواند میزان آب ورودی به یک ناحیه را کاهش داده و آن را به سمت حوزه‌های مختلف سوق دهد. اما به طور کلی عملی نیست.

سازماندهی تقسیم آب: این شیوه به کاهش حداکثر جریان در بستر کمک می‌کند. در جهت سازماندهی بهتر تقسیم آب می‌توان از شیوه‌های مختلف درختکاری و افزایش مناطق سبز برای افزایش میزان تبخیر بیشتر استفاده نمود. شیار رودخانه‌ها باعث کاهش جریان آب می‌شود. محافظت مناطق سبز از آتش سوزی و جلوگیری از جنگل زدایی و ... از سری فعالیت‌های صورت گرفته جهت کنترل محیط سیل به شمار می‌روند.

§ عملیات فنی ساختمانی:

یک سری عملیات فنی نیز وجود دارد که می‌تواند از بروز سیل جلوگیری نماید از جمله:

- 1- احداث سد، بند و خاکریز
- 2- توسعه کانال‌ها به شیوه‌های مختلف
- 3- احداث مخزن، آب انبار

§ مقاوم سازی اماکن:

برای جلوگیری از میزان خسارات می توان از طراحی مناسب ساختمان‌ها و اماکن، به عبارت دیگر مقاوم سازی آنها استفاده نمود. بعضی از این کارها به طور موقتی ساختمان‌ها را از خسارات وارده در امان نگاه می دارد. برای مثال ساخت درهای محکم و پنجره‌های مناسب، استفاده از کیسه شنی برای محافظت ساختمان‌ها و استفاده از بعضی دستگاه‌های تخلیه آب می‌باشد. روش اساسی تر آن است که ساختمان‌های طراحی شده در پهنه‌های سیلاب بر اساس اصول مهندسی نوین سیل ساخته شوند. برای مثال در نواحی مستعد سیلاب زیر زمین و طبقه‌ها باید طوری در نظر گرفته شوند که در هنگام وقوع سیل از ورود آب در امان باشند.

§ آمادگی در مقابل سیل:

بسیاری از کشورها از طریق برنامه‌های آماده باش از خسارت سیل جلوگیری می‌نمایند. سازمان‌های ذیربط و نیروهای انتظامی به طرق مختلف سرویس‌های لازم را می‌دهند. روش‌های به کار گرفته شده توسط این نهادها در جهت کاهش خسارات و مرگ و میر می‌باشد.

اجرای برنامه‌های آمادگی در برابر سیل با سامانه هشدار دهنده و پیش بینی گسترش یافته تکمیل خواهند شد. در صورت انجام تحقیقاتی جامع به منظور شناخت زمینه‌های مناسب و ارائه طرح‌ها و الگوهای اقتصادی بهره گیری از این ذخایر خدادادی، این امکان وجود دارد تا ضمن بهره گیری از سیلاب‌های فصلی و کاهش خسارات ناشی از سیلابها، تحولی عظیم در ایجاد اشتغال در مناطق بیابانی کشور ایجاد گردد.

§ پیش بینی و هشدار:

در حال حاضر لزوم فعالیت سامانه‌های هشدار دهنده به منظور محافظت و ایمن سازی کاملاً احساس می‌شود. روش‌های پیش بینی سیل با وجود برخورداری از پیچیدگی خاص باید مد نظر بوده و روز به روز تکمیل تر می‌شود. برای این کار باید سامانه‌های اطلاع رسانی، پردازش داده‌ها، ماهواره‌ها و رادارها به کار گرفته شوند. ایستگاه‌های باران سنجی و هیدرومتری باید در یک زمان اطلاعات لازم را به مرکز پیش بینی سیل برسانند.

§ ارزیابی خسارات:

به طور کلی سیل می‌تواند خسارات زیادی به همراه داشته باشد. ارزیابی خسارات به توابع مختلفی از جمله محل، حداکثر خسارات مورد انتظار در طی یک حادثه حدی و مسائلی از این قبیل بستگی دارد. برای ارزیابی خسارات نیاز به یک مجموعه اطلاعات کامل از منطقه می‌باشد.

3-4. بررسی کلی سامانه‌های همدیدی (چرخندها و واچرخندها) و تأثیر آنها بر روی ایران

§ چرخندهای فوق حاره‌ای

چرخندها مهم ترین عامل اغتشاش در منطقه فوق حاره هستند. به طور کلی چرخند مرکز کم فشاری است که یک یا چند منحنی هم فشار بسته دارد. چرخند فوق حاره‌ای، مکانیسم صعود یا ناپایداری را دارند و در شرایطی که هوای گرم و مرطوب موجود نباشد، توفان گرد و غبار ایجاد می‌کنند. نمونه خوب این وضعیت، چرخندهایی است که در بهار وارد ایران می‌شوند، هوای گرم این چرخندها که از بیابان‌های آفریقا و عربستان بر می‌خیزد، رطوبت ندارد و در ایران، توفانهای گرد و غبار ایجاد می‌کند. حتی در زمستان نیز چنین هوای گرمی به حد کافی رطوبت ندارد، اما هوای سرد پشت چرخندها چون از دریای مدیترانه و دریای سیاه رطوبت می‌گیرد، پس از رسیدن به ایران به شرط آنکه موج‌های کوتاه بر روی آن قرار بگیرند بارش ایجاد می‌کنند.

§ چرخندهای حاره‌ای

سامانه‌های حلقوی منطقه حاره به طور عمده شامل چرخندها هستند که با شدت‌های متفاوت و در طبقات مختلف جو مشاهده می‌شوند. چرخندهای حاره‌ای در تمام مناطق حاره به جز جنوب استوا در اقیانوس‌های اطلس و آرام تشکیل می‌شوند. فرایندهایی که به تشکیل چرخندهای حاره‌ای منتهی می‌شوند کاملاً شناخته نشده‌اند.

§ مسیر و حرکت چرخندها

سرعت و جهت حرکت چرخندهای مختلف بسته به فشار محیط، دما، گردش هوا و شرایط جو بالا ممکن است دامنه تغییرات وسیعی داشته باشد. آهنگ متوسط حرکت چرخندها بین 32 تا 48 کیلومتر در ساعت یا بین 775 تا 1160 کیلومتر در روز تغییر می‌کند. کمترین سرعت چرخندها مربوط به اواخر بهار، تابستان و اوایل پاییز یعنی زمانی که گردش جوی به مراتب کند است، می‌باشد. از طرفی افزایش سرعت‌ها مربوط به دوران حاکمیت شدید چرخندها در دوره زمستانی است. فعالیت چرخندی تماماً در طول فصل سرد سال، هنگامی که جبهه قوی هوای قطبی به سمت عرض‌های جغرافیایی مناطق گرمسیری هجوم می‌برد باشد و امواج چرخندی فعال متعددی را ایجاد می‌نماید. چرخندها به طور معمول در مسیرها و جهت‌های کاملاً مشخص پیشروی می‌کنند. تعیین سرعت و مسیر یک چرخند از مسائل مهم در پیش بینی وضع هوا می‌باشد.

§ چرخندها و واچرخندهای قطبی

یکی از انواع چرخندهای غیر جبهه‌ای در درون جو، چرخندهای قطبی است که در درون هوای قطبی پایدار تشکیل می‌گردند. نواحی تحت تأثیر این چرخندها کوچک و زمان دوامشان نیز کوتاه است. این چرخندها بیشتر روی اقیانوس اطلس و گاهی روی اقیانوی آرام به وجود می‌آیند و پس از مدتی حرکت در روی خشکی از بین می‌روند. واچرخندهای قطبی در روی قاره‌های شمالگان در فصل زمستان بسط و توسعه می‌یابند. این پرفشارها معمولاً کم عمق بوده و به طور متوسط تا بالاتر از 2 کیلومتر از سطح دریا نمی‌رسد. این پرفشارها تقریباً دایمی ظاهر می‌شوند. پرفشار سبیری از جمله اطن واچرخندها می‌باشد.

3-4-1. بررسی سامانه‌های همدیدی در عرض‌های میانی در چهار فصل

مطالعات متعددی در زمینه چگونگی عبور سامانه‌های همدیدی و تأثیر آن بر روی ایران انجام گرفته است از جمله موسوی بایگی (1370) بر روی چرخندها و حرکت آنها در فصول مختلف از سال 1973 تا 1977 پژوهش‌هایی صورت داد که نتایج کلی آن به شرح زیر می‌باشد:

§ فصل بهار

در طی فصل بهار اکثر نواحی مناطق فوق حاره‌ای از فراوانی چرخندی بالایی برخوردار هستند زیرا بهار زمان بیشترین فعالیت چرخندی در مناطق حاره‌ای است. مسیر حرکت چرخندها بر روی مدیترانه نسبت به فصل زمستان اندکی به عرض‌های بالاتر انتقال می‌یابد. در ناحیه عرض‌های میانی و در طی فصل بهار نواحی دریای سیاه، دریاچه آرال، شمال غرب ایران و همچنین خلیج فارس مقادیر بیشینه فراوانی چرخندی را به خود اختصاص می‌دهد.

§ فصل تابستان

در طی فصل تابستان مراکز بیشینه فراوانی چرخندی در ناحیه عرض‌های میانی در محدوده عرض‌های جغرافیایی 40 الی 70 درجه شمالی قرار می‌گیرند. ناحیه مغولستان نواحی مرکزی و شمال غرب روسیه مقادیر بیشینه فراوانی را نشان می‌دهند. مسیر اصلی چرخندها نیز اغلب بین عرض‌های جغرافیایی 40 الی 60 درجه شمالی قرار می‌گیرند. علاوه بر این تمامی مسیرهای چرخندها یک مؤلفه رو به شمال را از خود نشان می‌دهند. ایران در طی تابستان غالباً تحت تأثیر چرخندهای حاره‌ای می‌باشند. به خصوص نواحی جنوبی، مرکزی و جنوب غربی ایران که بارندگی ناچیز در طی فصل تابستان در این نواحی ناشی از اثر فوق الذکر می‌باشند.

§ فصل پاییز

در ناحیه عرض‌های میانی نواحی شمالی کشور روسیه بیشترین مقادیر فراوانی چرخندی را دارا می‌باشند. با توجه به اینکه در فصل پاییز رفته رفته دمای سطح خشکی‌ها نسبت به سطوح آبهای مجاور رو به کاهش می‌گذارد، مراکز چرخندی و همچنین مسیرهای آنها تمایل پیدا می‌کنند به سمت دریاها جابجا شوند. در نتیجه در طی این فصل بر مقدار فراوانی چرخندی در روی دریای مدیترانه افزوده می‌شود. در این فصل مقدار فراوانی چرخندی اکثر نواحی ایران نسبت به بقیه فصول سال، کمینه می‌باشد.

§ فصل زمستان

در ناحیه عرضهای میانی، مراکز بیشینه فراوانی چرخندی اغلب بر روی دریاها قرار دارند. در طی زمستان بیشینه چرخندزایی در مدیترانه به وقوع می‌پیوندد. چرخندهای این ناحیه اغلب در دو مسیر حرکت می‌نمایند که اولین مسیر در جهت شرق تا نواحی غرب ایران و دومین مسیر در جهت شمال شرق تا نواحی شمالی دریای سیاه و ناحیه مرکزی روسیه می‌باشد. در نواحی مغولستان، چین و همچنین آسیای جنوب شرقی، فراوانی چرخندی در طی زمستان خیلی کم می‌باشد. در طی زمستان چرخندهای مدیترانه ای نواحی شمال غرب و غرب ایران را بیشتر از سایر نواحی کشور تحت تأثیر قرار می‌دهند.

3-4-2. فراوانی سالانه مراکز چرخندی در عرضهای میانی

در ناحیه عرضهای میانی در قسمت شمال دریای سیاه یک منطقه بیشینه فراوانی چرخندی وجود دارد، علت این امر را می‌توان بدین سبب دانست که در طی سال این ناحیه می‌تواند هم از چرخندهای دریای سیاه و مدیترانه و هم از چرخندهایی که از روی اقیانوس اطلس شمالی و نواحی جنوب اروپا به این منطقه رسیده اند تأثیر پذیرد. ایران در طی ماه‌های سرد سال تحت تأثیر چرخندهای فوق حاره‌ای قرار دارد که اغلب از نوع جبهه ای می‌باشد. بالعکس در طی ماه‌های گرم سال تحت تأثیر چرخندهای حرارتی است که فاقد جبهه و بارندگی هستند و در نواحی مرکزی و جنوبی چین، فراوانی کمتری مشاهده می‌شود. در طول سال و در طی فصول زمستان و بهار این ناحیه از کمترین مقدار فراوانی برخوردار می‌باشد. به طور کلی در ناحیه عرضهای میانی، مناطق بیشینه فراوانی و همچنین مسیرهای اصلی چرخندها از لحاظ عرض جغرافیایی، طی ماه فوریه در جنوبی ترین نقطه (30 الی 30 درجه شمالی) و در ماه اوت در شمالی ترین نقطه قرار می‌گیرند (تقریباً 60 درجه شمالی). فصل بهار با کثرت فعالیت چرخندها در عرضهای میانی و کاهش آنها در عرضهای بالا مشخص می‌شود و عمدتاً ماه مارس در نواحی فوق حاره‌ای نسبت به بقیه ماههای سال از لحاظ تعداد کل چرخندها بیشینه می‌باشد. دریای مدیترانه طی ماه‌های نوامبر تا مارس از مراکز بیشینه فراوانی چرخندی در

ناحیه عرض‌های میانی است. مسیرهای اصلی حرکت چرخندها طی ماه‌های نوامبر تا آوریل در ناحیه شمال مدیترانه متمرکز است. در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس این مسیرها اغلب شرقی بوده که در طی این ماه‌ها ایران تحت تأثیر این چرخندها قرار می‌گیرد. در طی ماه‌های گرم سال (ژوئن، ژولای، آگوست) ایران تحت تأثیر مراکز کم فشار حرارتی می‌باشد. به ویژه در ماه ژولای این تأثیر افزایش می‌یابد.

3-5. سامانه‌های جوی با بارش‌های سیل آسا در ایران

از ماه سوم پاییز تا آخر زمستان سامانه‌های جوی که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند از نوع کلاسیک هستند که بارندگی‌های مستمر را به دنبال دارند. این سامانه‌ها با طول موج بلند عمل کرده و به راحتی از چند روز قبل قابل پیش بینی هستند. منبع انرژی این سامانه‌ها معمولاً در داخل کشور نیست. منبع رطوبتی خوب برای سامانه‌های تأثیرگذار بر روی کشور دریای عمان، اقیانوس هند، دریای مدیترانه و دریای سرخ است. سامانه‌هایی که از غرب کشور وارد می‌شوند بر روی کشور عراق هیچگونه فعالیتی ندارند، اما با برخورد به کوه‌های زاگرس به صورت مکانیکی تقویت شده و بر روی این رشته کوه صعود می‌کنند و فقط 24 ساعت قبل می‌توان تشکیل ابر و فعالیت سامانه را مشاهده کرد. محل عملکرد این سامانه‌ها بر روی شیب غربی زاگرس می‌باشد. البته در سامانه‌های کلاسیک جبهه گرم در منطقه چنین شرایطی را ایجاد می‌کند. با توجه به جریانات گرم جنوبی در منطقه و بالا رفتن درجه حرارت، برف‌ها نیز در این منطقه ذوب شده و رواناب حاصل از آن نیز همراه با بارندگی‌های طولانی و شدید سیل به وجود می‌آوردند.

3-5-1. بررسی همدیدی منشاء بارش‌های ایران

ایران با قرار گرفتن در بین عرض‌های 25 الی 40 درجه شمالی تحت تأثیر سامانه پرفشار جنب حاره‌ای است. محور این پرفشار در فصل زمستان در 25 درجه شمالی بر بخش جنوبی خلیج فارس و در فصل تابستان به 40 درجه شمالی کشیده می‌شود. حرکت این محور بستگی به محور پرفشار حرارتی (از نوع سرد) روی سیبری، وضعیت و نحوه قرار گرفتن تاوه قطبی در تروپسفر فوقانی و محور جت استریم دارد. هسته‌های تاوه قطبی بر

روی خلیج بافین در غرب گروئلند و شمال شرقی سیبری تشکیل می‌شوند. این هسته‌ها در سطح زمین با مرکز فشار زیاد توأم شده و جریانات غربی را در عرض‌های میانی ایجاد می‌کنند. هر وقت شدت تاوه قطبی زیاد باشد، با ریزش هوای سرد قطبی به سمت جنوب، پرفشار نیز به آن سمت کشیده می‌شود. دو نوع جت استریم، ایران و مدیترانه را متأثر می‌سازند. نوع اول جت استریم قطبی همراه با جبهه‌ای که با سرعتی معادل 150 تا 180 نات و با حداکثر سرعت 230 نات حرکت می‌کند و دیگری جت استریم جنب حاره‌ای با حداکثر سرعت 180 نات در 30 درجه شمالی در فصل زمستان دیده می‌شود. این جت در تابستان 35 تا 45 درجه شمالی روی شمال دریای خزر با سرعت 40 نات دیده می‌شود. هنگامی که دو جت استریم ادغام شوند، ارتفاع جت کاهش یافته و شدت آن افزایش می‌یابد. سامانه‌های کم فشار مستقر در غرب اروپا به دلیل عبور از روی قاره خشک و پایین بودن رطوبت به صورت غیر فعال بوده و تشدید فعالیت آنها بستگی به پرفشار جنب حاره‌ای، وضعیت تاوه قطبی و محور جت استریم دارد. در اثر برخورد این سامانه‌های کم فشار غیرفعال از شمال، غرب و شمال غرب اروپا برسلسله جبال آلپ که در جنوب اروپا از غرب به شرق کشیده شده‌اند و بعد از جذب رطوبت از دریای مدیترانه به سامانه‌های کم فشار فعال تبدیل می‌گردند. دریای مدیترانه از نظر ایجاد و تقویت سامانه‌های کم فشار به سه ناحیه غرب، مرکز و شرق تقسیم می‌شود. در غرب دریای مدیترانه و بر روی شمال ایتالیا، خلیج جنوا، خلیج لیون (شیرها) در منطقه پشت به باد سلسله جبال آلپ، مناطق مناسب برای سیکلون زایی وجود دارد. سامانه‌هایی که در این منطقه شکل می‌گیرند با حرکت به سمت شمال شرقی و عبور از دریای سیاه، از اروپای شرقی به غرب آسیا وارد می‌شوند و این سامانه‌ها کمتر ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

در مرکز مدیترانه در نواحی جنوب دریای اژه و شمال دریای یونان توده هوای قطبی - قاره‌ای (cp) همراه با جریانات شمال شرقی به منطقه وارد شده و در آنجا توده هوای قطبی - قاره‌ای با جذب رطوبت تقویت می‌شود. همچنین ناحیه بین جزیره سیسیل و تونس به دلیل گرادیان شدید دمایی و رطوبتی بین سیسیل و شمال آفریقا از ضریب پایداری دینامیکی پایین برخوردار بوده و در نتیجه امواج جدید در منطقه شکل گرفته و به سمت ایران

حرکت می کنند. در شرق دریای مدیترانه بین جزیره قبرس و مصر نیز گرادیان شدید دمایی سبب تقویت سامانه‌ها می شود. این ناحیه در تقویت سامانه کم فشار سودان که ایران را متأثر می سازد نقش اساسی دارد. زمانی که جهت محور پرفشار سیبری از شمال شرقی به جنوب غربی است، سامانه‌های مدیترانه‌ای از طریق شمال آفریقا و نواحی مرکزی عربستان وارد جنوب غربی ایران و سواحل خلیج فارس می شوند. هرگاه پیشروی و توسعه پرفشار سیبری کل ایران را بپوشاند و دارای محور شمال شرقی به جنوب غربی باشد، سامانه کم فشار فعالی به ایران وارد نمی شود و منطقه فقط در اشغال توده هوای قطبی قاره‌ای قرار می گیرد که دارای وضعیت جوئی سرد و بدون بارندگی است. در این حالت اگر محور پرفشار آژورس دارای کشیدگی از شمال غربی به جنوب شرقی باشد، تمام سامانه‌های کم فشار از منطقه اروپا و غرب آسیا عبور خواهند کرد، بدون اینکه منطقه ایران را تحت تأثیر قرار دهند. در این وضعیت ایران در یک دوران کم بارانی و خشکسالی قرار می گیرد. حال آنکه اگر محور پرفشار سیبری در جهت شرق به غرب و در شمال دریای خزر مستقر باشد و آژورس نیز دارای محور شمال غربی به جنوب شرقی باشد، در این حالت تمام سامانه‌های کم فشار از روی مدیترانه عبور کرده و به سمت ایران حرکت خواهند کرد. در نتیجه ایران دارای بارندگی بسیار خوب خواهد بود. بنابراین بررسی تهاجم توده‌های هوا بر روی ایران بایستی گردش عمومی جو یا به عبارتی وضع تاوه قطبی، محور پرفشار جنب حاره‌ای و محور رودباد را مورد مطالعه قرار داد.

3-6. بررسی سامانه‌های مؤثر بر روی استان اصفهان

1- توده هوای زمستانه

سامانه‌های پر فشار عمدتاً شامل هوای پر فشار سیبری می باشد که این توده هوا از نوع توده هوای قاره ای و از خصوصیات آن سرمای شدید در مرکز آن و نبود رطوبت است. این توده هوا در طول زمستان به صورت یک سلول بسته روی سیبری تشکیل می گردد و زبانه‌های آن از طریق شمال و شمال شرق، کشور

را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با نفوذ این توده هوا در سطح کشور و در استان اصفهان شاهد پایداری هوای سرد و به وجود آمدن پدیده وارونگی دما و به تبع آن آلودگی مناطق صنعتی و شهری را شاهد می‌باشیم.

§ سامانه‌های کم فشار:

به طور معمول سامانه هوای کم فشاری که کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد توده هوای مدیترانه می‌باشد. دریای مدیترانه یکی از بزرگترین مراکز سیکلون زایی دنیا به شمار می‌رود. سامانه‌های کم فشاری که روی مدیترانه به خصوص خلیج جنوا و دریای لیگوریان در مدیترانه غربی تشکیل می‌شود با حرکت رو به شرق خود و نواحی وسیعی از اروپا و کشور ترکیه و کشورهای شرق دریای مدیترانه، عراق و ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اکثر بارندگی‌هایی کشور بخصوص مناطق غرب رشته کوه‌های زاگرس و نواحی شمالی و رشته کوه البرز در اثر نفوذ زبانه‌های این سامانه کم فشار و یا استقرار آن بر روی کشور صورت می‌گیرد. بارندگی‌های استان اصفهان نیز کم و بیش تحت تأثیر این سامانه است.

سامانه کم فشار سودان¹

این سامانه که محل شکل‌گیری آن در شرق آفریقا در سودان، جلگه کنگو و چاد می‌باشد. در صورت تضعیف سلول پر فشار جنب حاره‌ای واقع بر عربستان و با کسب رطوبت از دریای عمان و خلیج فارس حرکت کرده و موجب بارندگی‌های قابل توجهی در استانهای جنوبی و مرکزی کشور و استان اصفهان می‌شوند. چنانچه گسترش این توده هوا وسیع باشد سبب ریزش نزولات جوی در نواحی یاد شده می‌گردد سبب بارندگی‌های شدید در بیشتر نواحی مذکور شده و در مواقعی باعث بروز سیل می‌گردد. بارندگی‌های سیل آسا در ماه‌های آذر و دی 1371 در اثر وجود این وضعیت بوده است.

2 - توده هوای تابستانه

§ کم فشار حرارتی نواحی مرکزی ایران

¹ . Sudan Low

در فصل تابستان و با گرم شدن هوا در نواحی مرکزی ایران و عربستان سلول بسته کم فشاری به وجود می‌آید که از اواخر فصل بهار تا اوایل پاییز در منطقه باقی می‌ماند. این سلول کم فشار بر خلاف سلول‌های کم فشار دینامیکی که باعث ناپایداری هوا و بارندگی می‌شود، عمل نکرده و تنها موجب گرم ماندن نواحی مذکور در طی دوره یاد شده می‌گردد. این کم فشار همراه با مرکز پر ارتفاع سطوح میانی جو (پر ارتفاع جنب حاره‌ای) که در طول تابستان عملاً باعث عدم نفوذ سامانه‌های جوی فعال به داخل کشور می‌گردد.

§ جریان‌های موسمی (مانسون) اقیانوس هند:

از اواخر فصل بهار و در تابستان نواحی جنوب شرقی کشور و تا حدودی استان اصفهان تحت تأثیر مانسون هندوستان می‌باشد. این سامانه که بارندگی‌های سیل آسا در منطقه بنگال، هندوستان و بعضی نواحی پاکستان به وجود می‌آورد، در کشور ما روی بارش‌های منطقه سیستان و بلوچستان و چابهار اثرات بیشتری داشته و در استان اصفهان ایجاد ابرهای جوششی می‌نماید.

3-6-1. علل اقلیمی وقوع سیل در مناطق مرکزی و استان اصفهان

پژوهش‌های صورت گرفته بیانگر این موضوع که اکثر سیل‌های استان ناشی از وجود الگوی پر فشار بر روی نواحی غرب دریای خزر بوده که ضمن تقویت، خود را به عرض‌های پایین رسانده و همچنین تقویت همزمان جریان‌ات گرم و مرطوب جنوبی بر روی کشور و نفوذ آن به عرض‌های بالا می‌باشد. در چنین شرایطی در اثر وجود مناطق کوهستانی سلول‌های ابر همرفتی تشکیل شده و بارش‌های سیل آسا شکل می‌گیرند. در این الگوها کم فشاری ناشی از گرادیان دمایی سطح زمین و گرمای نهان حاصل از میعان در سطوح زیرین جو، شامل 700 و 850 میلی باری، نقش مهمی در شکل‌گیری و تقویت جریان‌ات ناپایدار همرفتی می‌گردد.

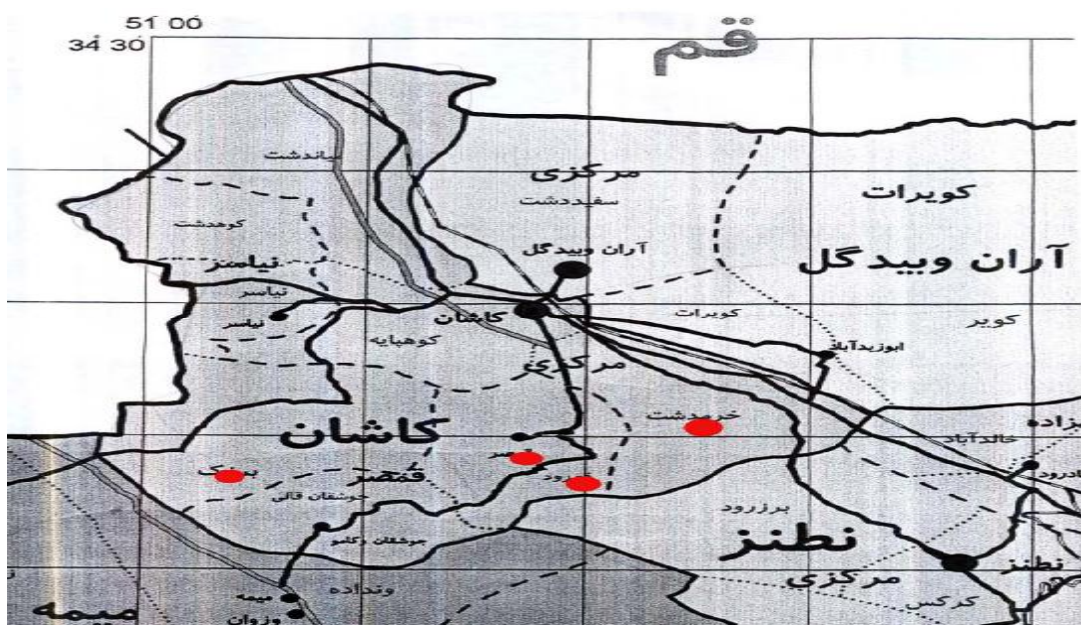
3-6-2. ویژگی‌های سیل کاشان

در روزهای 86/4/5 و 86/4/6 در شهرستان کاشان سیلی به وقوع پیوست که بارش‌های گزارش شده در این روز به شرح زیر بوده است. شکل 3-1 نقشه مناطق وقوع سیل می‌باشد.

برزک 21/5 میلی‌متر در مدت 20 دقیقه، کامو 14/5 میلی‌متر، قهرود (فاقد ایستگاه باران‌سنجی)، قمصر (فاقد ایستگاه باران‌سنجی)

ناحیه و روستاهای سیل زده: شهرستان‌های قمصر و برزک

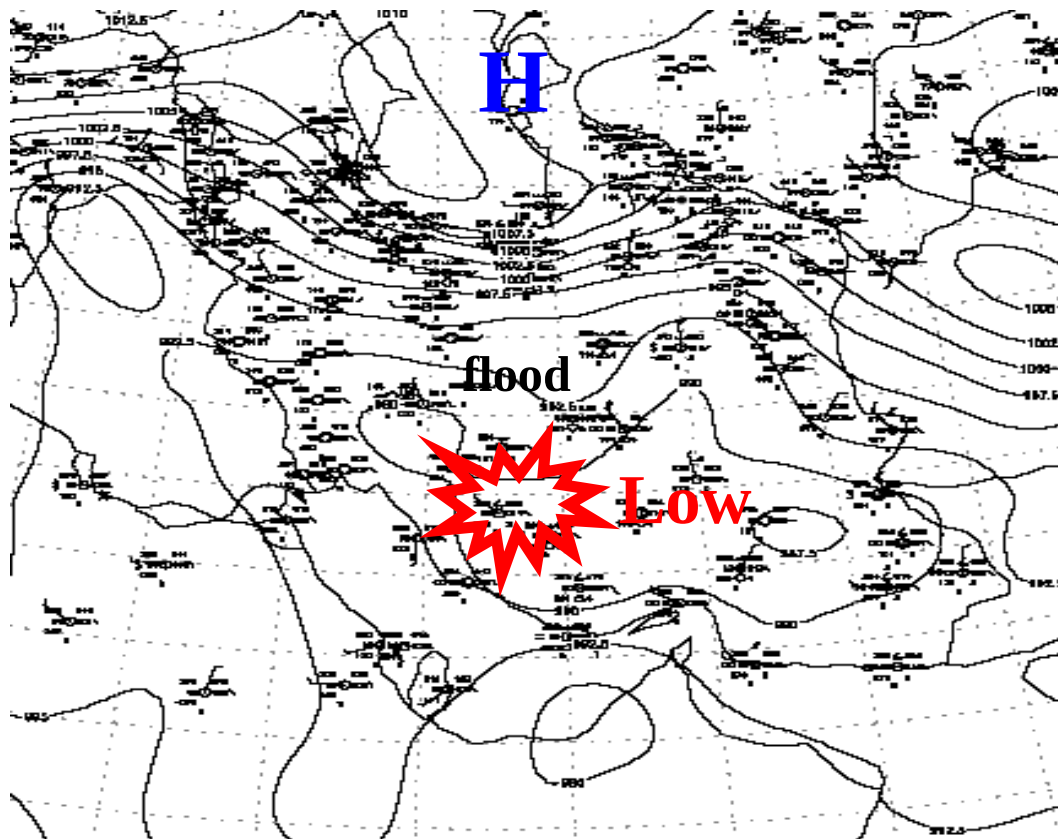
روستاهای: نصرآباد جیرویه، جهق، زنجانبر، خرم‌دشت، جوینان، قهرود، قزآن، حسین‌آباد، مسلم‌آباد، آزران، ورکان، پنداس، آرنجن، تجربه، تماچ



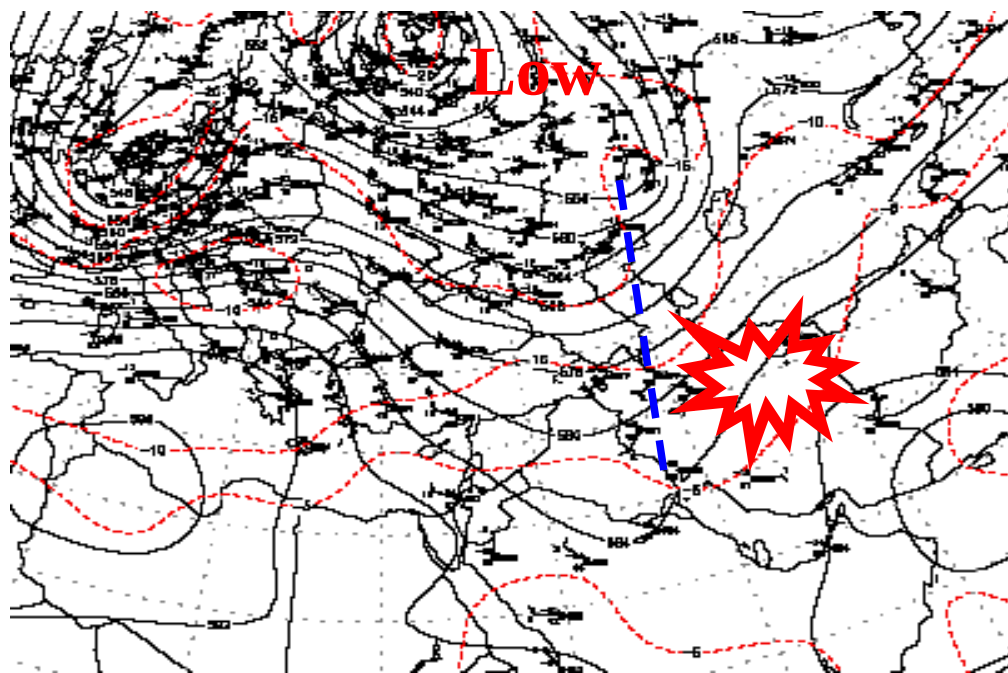
شکل 3-1. نقشه منطقه وقوع سیل

§ بررسی نقشه‌های همدیدی و شرایط جوی در روزهای وقوع سیل

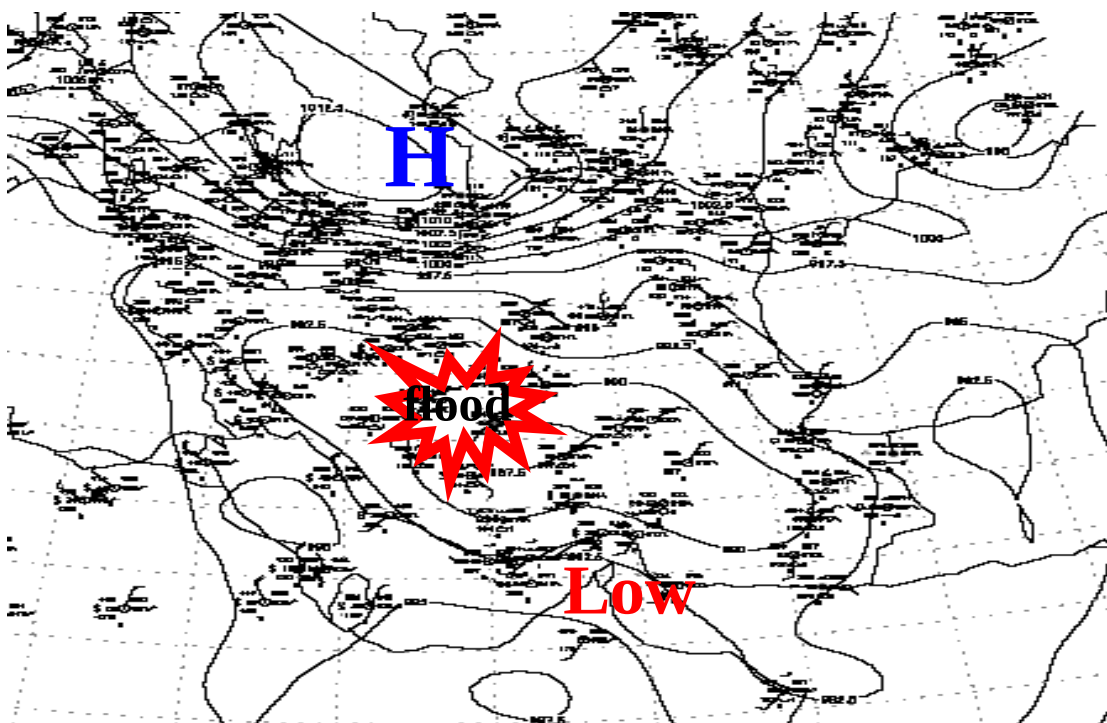
بررسی نقشه‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات جو بالا در روز سه شنبه بیانگر تقویت جریانات مانسون در جنوب شرق کشور و حرکت آن به عرض‌های بالا و بسته شدن هسته این مرکز روی قسمت‌های مرکزی کشور و استان اصفهان می‌باشد. این جریانات حاوی هوای گرم و مرطوب اقیانوس هند بوده و همزمان با این جریانات، جریانات سرد شمالی از نواحی شمال غرب کشور، خود را به عرض‌های پایین کشانده، به طوری که زبانه‌های آن نواحی شمال غربی استان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (شکل 3-2). نقشه‌های سطوح میانی جو نیز فعالیت یک مرکز کم‌ارتفاع بر روی دریای سیاه را نشان می‌دهد به طوری که ناوه ناپایدار، نواحی شمال غرب استان تحت تأثیر خود قرار داده است (شکل 3-3). همچنین نقشه‌های هواشناسی در روز چهارشنبه نیز بیانگر تقویت وضعیت موجود بوده به طوری که در نواحی شمال غرب استان شاهد برخورد توده هوای کاملاً سرد از نواحی شمالی کشور و توده هوای گرم مانسون از جنوب شرق کشور بودیم (شکل 3-4) و در منطقه مذکور (ارتفاعات شمال غرب استان) باعث تشکیل جبهه‌های جوی و توفان‌های تندری گردید (شکل 3-5). (شکل 3-6) نیز تصویر ماهواره‌ای توفان را نشان می‌دهد.



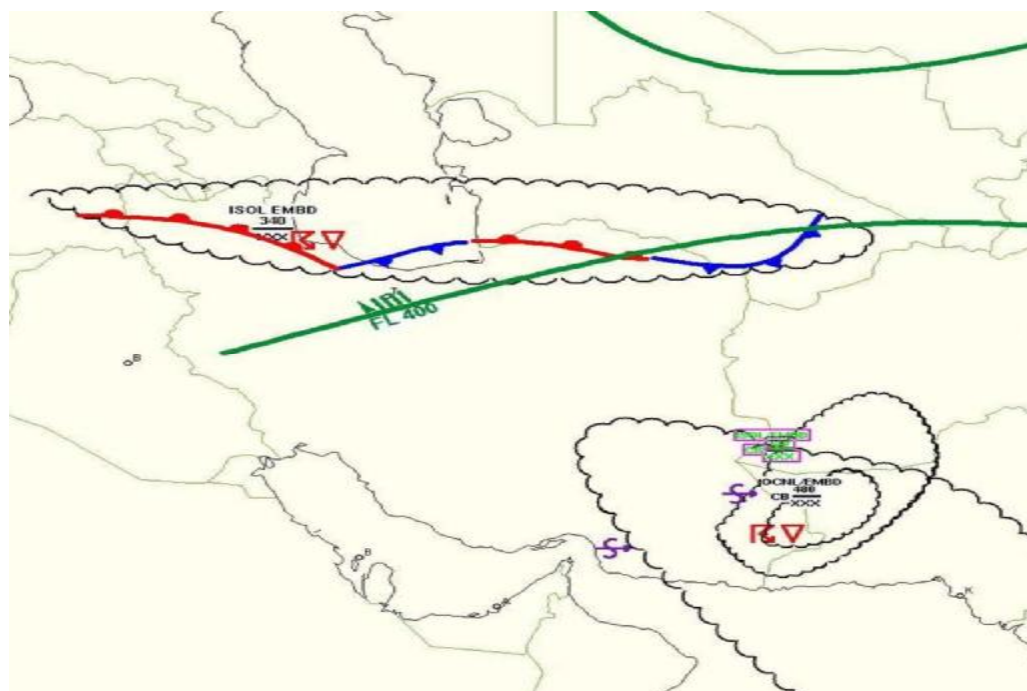
شکل ۳-۲. نقشه سطح زمین در روز سه‌شنبه



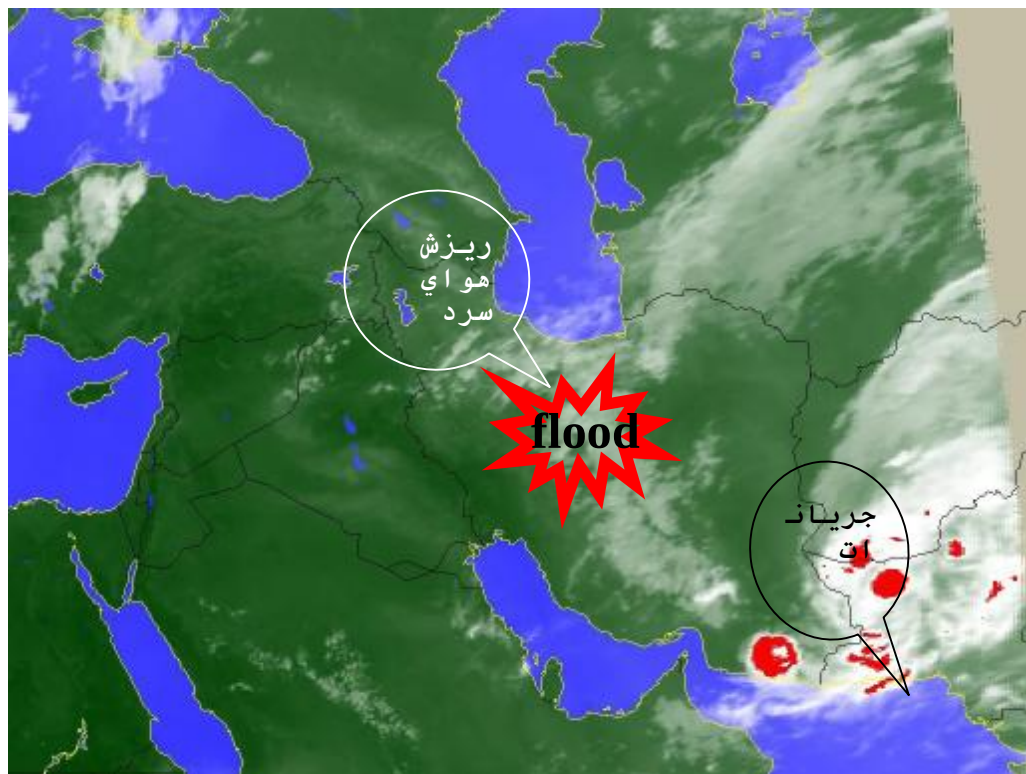
شکل ۳-۳. نقشه سطوح میانی جو در روز سه‌شنبه



شکل 3-4. نقشه سطح زمین در روز چهارشنبه

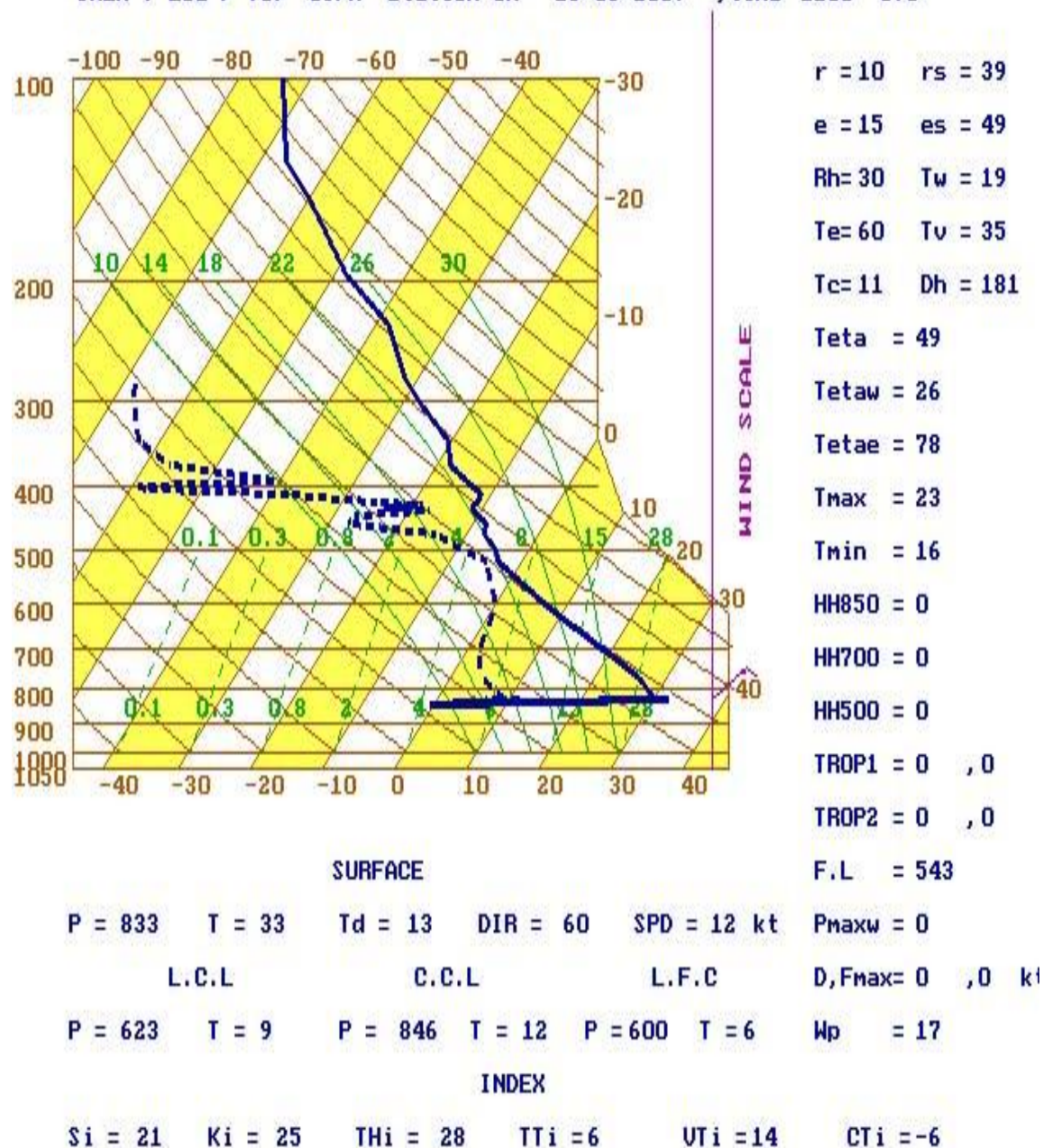


شکل 3-5. نقشه تشکیل جبهه‌های جوی در منطقه

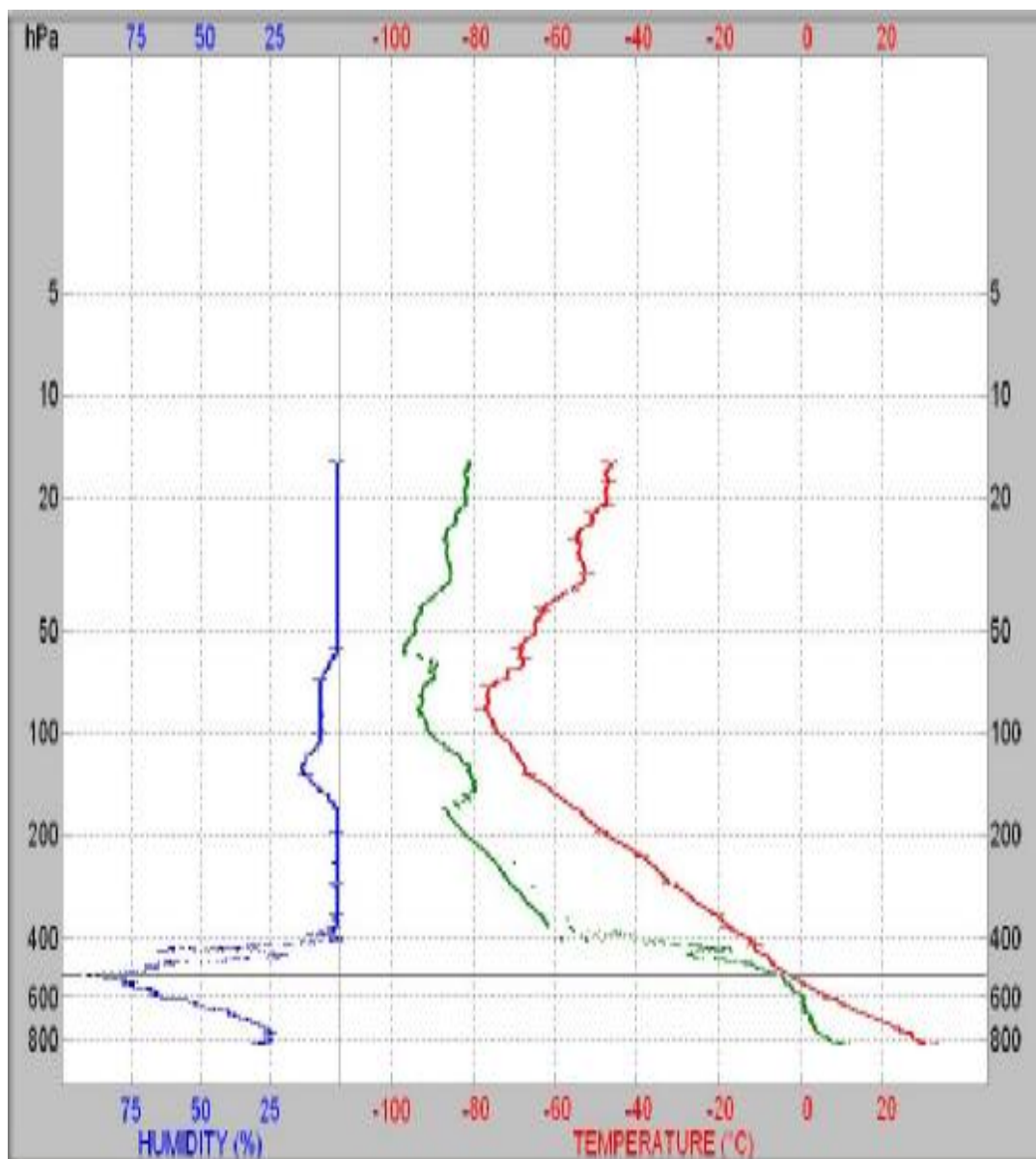


شکل 3-6. تصویر ماهواره‌ای توفان

SKEW T LOG P for OIFM station on 26-06-2007 ,time 1200 UTC



شکل 7-3. اسکیتوی در زمان وقوع سیل



شکل 3-8. پروفایل قائم جو در زمان وقوع سیل

7-3. نیاز به سامانه‌های هشدار سیل

حفاظت از حریم رودخانه‌ها توسط انواع خاکریزها و سایر روش‌های سازه‌ای به دلیل هزینه‌های غیراقتصادی و مشکلات زیست محیطی و دلایل دیگر غیر معقول می‌باشد. از طرف دیگر بسیاری از رودخانه‌های سیلابی در کشور وجود دارند که در اثر طغیان آب، مسیرهای آنها عملاً عوض شده و در نتیجه اقدامات سازه‌ای بی

نتیجه خواهند ماند. لذا ایجاد سامانه هشدار سیل به عنوان یک روش غیر سازه‌ای همراه با حفظ وضعیت طبیعی رودخانه می‌تواند راه‌گشای این گونه مشکلات باشد.

§ - تعریف سامانه پیش آگاهی و هشدار سیل

این سامانه با استفاده از روش‌های مختلف هواشناسی و هیدرولوژی از قبیل اندازه‌گیری میزان دبی رودخانه‌ها، شدت - مدت بارش ثبت شده و روش‌های پیش‌بینی محاسباتی هواشناسی و هیدرولوژی در جهت آگاه کردن مردم و مسئولین منطقه‌ای از خطر سیل و ارائه هشدار به موقع به تمامی مناطق تحت پوشش، طراحی می‌گردد. بسترهای اصلی انتقال اطلاعات در این سامانه، خطوط تلفنی، بیسیم، VSAT، کابل اختصاصی و.... می‌باشد.

§ - اهداف سامانه‌های هشدار سیل

هدف اولیه این سامانه، انجام دادن خدمات اضطراری و فراهم آوردن اطلاعات پیشرفته درباره سیل است، به طوری که به سهولت و سرعت بتوان پس از دریافت این اطلاعات، به ساکنین مناطق سیل گیر هشدار داده تا بتوان عکس‌العمل لازم را نشان داد. دومین هدف مهم سامانه هشدار سیل، فراهم آوردن اطلاعات برای مدیریت منابع آب است. بنابراین، اطلاعات سامانه‌های هشدار سیل می‌تواند برای تصمیم‌گیری‌های روزانه در مدیریت بهینه منابع آب و جمع‌آوری رواناب مورد استفاده واقع شود.

§ - دیدگاه‌های مختلف در سامانه‌های هشدار سیل

دو دیدگاه اصلی در طراحی سامانه‌های هشدار سیل وجود دارد:

• بر اساس داده‌های مشاهده‌ای حاصل از اندازه‌گیری دبی رودخانه‌ها و سامانه‌های بارانشنجی و

سامانه مبتنی بر پیش‌بینی سیل

• بر اساس مدل‌های دینامیکی.

بر همین اساس سامانه‌های هشدار سیل به سه نسل تقسیم می‌گردند:

- سامانه‌های نسل اول: که مبتنی بر اندازه‌گیری دبی آب رودخانه می‌باشد. در این حالت در صورتی که سطح جریان آب رودخانه از مقدار مشخصی بالا رود، سامانه هشدار سیل فعال می‌گردد.
- سامانه‌های نسل دوم: سامانه‌های دیتالاگر که در این سامانه با استفاده از شدت - مدت بارش‌های ثبت شده توسط سامانه باران سنجی، در صورتی که بارش اندازه‌گیری شده در زمان مشخص از آستانه تعریف شده بالاتر رود سامانه هشدار فعال می‌گردد.
- سامانه‌های نسل سوم: تلفیق مدل‌های هواشناسی و هیدرولوژی. در این حالت از نتایج مدل‌های عددی هواشناسی به عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژی استفاده شده و این مدل‌ها میزان رواناب و احتمال وقوع سیل را پیش‌بینی می‌نمایند.



شکل 3-9. نمونه ای از سامانه هشدار سیل نسل اول و دوم

- § در مواقعی که سامانه‌های سودانی در منطقه فعال بوده و همزمان با آن سطوح فوقانی نیز عبور امواج ناپایدار را نشان دهد شاهد بارش‌های قابل توجهی بر روی استان می‌باشیم.
- § عموماً پس از فعالیت سامانه‌های کم فشار در منطقه با نفوذ جریانات پرفشار سرد انتظار کاهش دما و وزش باد نسبتاً شدید بر روی استان می‌رود.
- § در مواقعی که جریانات پر فشار فعال و همزمان با آن سامانه گرم جنوبی فعال شوند انتظار رگبار و رعد و برق بر روی استان می‌رود.
- § با نفوذ جریانات پر فشار سرد بر روی استان انتظار بارش قابل ملاحظه ای نمی‌رود و بیشتر مناطق کوهستانی و ارتفاعات غربی استان در گیر سامانه هستند.
- § در مواقعی که سامانه سودانی و سامانه‌های مدیترانه‌ای با یکدیگر تلفیق شده و همزمان با آن یک مرکز کم ارتفاع در سطوح میانی جو تشکیل شود شاهد بارش‌های سیل آسا در منطقه هستیم.
- § در مواقعی که شاهد بارش‌های سیل آسا در منطقه هستیم اکثراً یک جریان قوی باد در سطوح فوقانی جو (جت استریم) مشاهده می‌شود.
- § در مواقع وقوع توفان تندری در منطقه اختلاف بین پایه تشکیل ابر CCL و قله تشکیل ابر EL وجود دارد.
- § هر چه ارتفاع CCL بیشتر باشد ناپایداری نهان بیشتر می‌شود.
- § به طور مستقیم نمی‌توان از شاخص‌های ناپایداری (SI, K) استفاده کرد بلکه به تجزیه و تحلیل آماری در هر منطقه و ارتباط مستقیم با هر منطقه دارد .
- § با شروع ناپایداری‌ها در منطقه ارتفاع قله ابر افزایش پیدا می‌کند به ویژه اگر سامانه کم فشار سودانی و حاوی هوای گرم و مرطوب باشد.

§ استفاده از پیش‌بینی‌های کوتاه مدت سه روزه جهت اطلاع از وقوع بارش‌های سنگین و سیل

می‌تواند جهت راهبردهای آینده موثر واقع شود.

سامانه هشدار سیل به عنوان یک روش غیر سازه‌ای همراه با حفظ وضعیت طبیعی رودخانه می‌تواند در

جلوگیری از خسارات سیل موثر باشد. بر این اساس استفاده از پیش‌بینی‌های هواشناسی و تجهیز به سامانه‌های

هشدار سریع می‌تواند در جلوگیری از خسارات احتمالی سیل راه‌گشا باشد.

بخش

۴

مخاطرات

بیوفیزیک،

دماهای حدی و

بیماریهای واگیردار

مقدمه

درجه حرارت، فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی را در بر دارد که خود واکنش‌های زیستی را در درون گیاه کنترل می‌کند. درجه حرارت میزان نفوذ پراکنش گازها و مایعات را در درون گیاهان کنترل می‌کند و حل مواد غذایی گیاه به درجه حرارت بستگی دارد. بنابراین درجه حرارت محیط نقش عمده‌ای در رشد گیاه و پراکندگی جغرافیایی آنها بر روی زمین دارد.

1-4. دماهای اصلی

سه دمای اصلی برای فعالیت گیاهان تشخیص داده شده‌است که معمولاً نقاط اصلی نامیده می‌شوند.

1- دمای کمینه که پایین‌تر از آن دما رشد و نمو صورت نمی‌گیرد. برای محصولات خاص سردسیری ما

بین صفر تا 5 درجه سانتی‌گراد و در گرمسیری بین 15 تا 18 درجه سانتی‌گراد متغیر است.

2- دمای بهینه (مطلوب) که در آن بیشترین رشد گیاه به وقوع می‌پیوندد. برای گیاهان فصل سرد

محدوده‌ای بین 25 تا 31 درجه سانتی‌گراد و برای گیاهان فصل گرم بین 31 تا 37 درجه سانتی

گراد دارد.

3- دمای بیشینه که در بالاتر از آن رشد گیاه متوقف می‌شود. برای محصولات سردسیری محدوده‌ای بین

31 تا 37 درجه و برای فراورده‌های گرمسیری بین 44 تا 50 درجه سانتی‌گراد در تغییر است.

نقاط اصلی را فقط به طور تقریبی می‌توان اندازه‌گیری کرد زیرا وضعیت آنها به شرط بیرونی مدت تداوم

گرم، سن گیاه و مراقبت‌های قبلی بستگی دارد.

§ دمای هوا

رشد گیاهان عالی، در محدوده دمایی بین صفر تا 60 درجه سانتی‌گراد و گیاهان زراعی در محدوده کوچکتري

از تغییرات دمایی یعنی 10 تا 40 درجه سانتی‌گراد محدود می‌شوند. به هر صورت هر نوع و گونه‌ای از

گیاهان در هر گروه سنی محدوده تغییرات بیشینه و کمینه مربوط به خود را دارند. ورای این محدوده‌ها، حیات گیاه دچار آسیب چشمگیری شده و حتی باعث از بین رفتن آن می‌شود. بنابراین در بحث دامنه تغییرات دمایی، مقادیر متوسط محدوده تغییر برای رشد گیاه مهمتر است. بروز دمای بالا به همراه رطوبت باعث گسترش بسیاری از بیماری‌های گیاهی می‌شود. دمای بالا همچنین در متابولیسم (سوخت و ساز حیاتی) گیاه تأثیر می‌گذارد. دمای بالای شبانه، عمل تنفس گیاه را زیاد می‌کند، موجب رشد مناسب شاخ و برگ‌ها و به ویژه ریشه‌ها، شاخه‌های اصلی درخت، پوسته زاینده و میوه‌ها می‌شود. دمای بالای شبانه همچنین بر متابولیسم گیاه تأثیر می‌گذارد و گسترش گیاهان غیر سرما دوست را سرعت می‌بخشد.

§ دما و فتوستتز

مقدار فتوستتز و تعرق با افزایش دما تا زمانی که مقدار فتوستتز به بیشینه خود برسد افزایش می‌یابد و این مقدار تا محدوده وسیعی از نظر مقدار نوسان دمایی ادامه می‌یابد. سپس در دماهای بالاتر و قابل توجه وقتی آنزیم‌ها از کار می‌افتند و واکنش‌های مختلف مختل می‌شود، فتوستتز کاهش می‌یابد و در نهایت متوقف می‌شود.

§ آسیب گیاهی ناشی از دمای زیاد

نقطه دمایی مرگ سلول‌های فعال، دامنه ای از 50 تا 60 درجه سانتی گراد برای اغلب گونه‌های گیاهی است ولی در بین گونه‌های مختلف، سن بافت و طول زمان قرارگیری در دمای بالا متفاوت است. اکثر سلول‌های گیاهی در درجه حرارت بین 45 تا 55 درجه سانتی گراد از بین می‌روند ولی بعضی از بافت‌ها در دماهای بالاتر از 105 درجه سانتی گراد هم مقاومت می‌کنند. برای گیاهان آبی و ... دمای محدود کننده 40 درجه و برای گیاهان خشکی 50 درجه سانتی گراد هنگامی که گیاهان در معرض جوی اشباع در حدود نیم ساعت قرار گیرند، است. در دماهای بالاتر از زمان اصلی مطلوب فعالیت فیزیکی گیاه در نتیجه غیر فعال شدن آنزیم‌ها و دیگر پروتئین‌ها از بین می‌رود، عملکرد برگ‌ها در دمای بین 42 درجه سانتی گراد بر هم می‌خورد

و آثار مرگ بر روی بافت‌های فعال عموماً در دامنه 50 تا 60 درجه سانتی گراد ظاهر می‌شود. بیش از 20 درصد مواقعی که گونه‌های برنج در معرض دمای زیاد قرار گرفته اند باعث بی محصولی می‌شوند. دمای بالا دقیقاً قبل از گل دهی یا در طی دوران گل دهی اندازه گرده را کاهش می‌دهد که این امر منجر به کمبود نشاسته در گرده شده و تعداد شکوفه‌هایی را که شکوفا نمی‌شوند بیشتر می‌کند. دمای بالا در طی مراحل رسیدن گیاه باعث کاهش وزن دانه می‌شود. در محسوب گندم عمده ترین تأثیر دمای بالا به صورت پیری زودرس باعث کاهش وزن دانه می‌گردد.

در محصول گندم عمده ترین تأثیر دمای بالا، به صورت پیری زود رس شامل توقف رشد و نمو، تولید مثل و از بین رفتن فعالیت‌های فتوسنتزی و تخریب ساختمان‌های پرتئینی ظاهر می‌شود.

آسیب جدی ناشی از دمای بالا، در میوه و سبزیجات هم ثبت شده است. بجز خشک کردن گیاه و بر هم خوردن تعادل فتوسنتز و تنفس گیاهی، گیاهان به چند طریق مانند تنفس مفراط، گیاه دانه‌ها، آفتاب سوختگی و سوختگی ساقه آسیب می‌بینند. دمای بالاتر باعث افزایش مقدار تنفس می‌شود که آن هم باعث از دست رفتن سریع تر ذخیره غذایی دانه‌ها می‌شود. دما بر روی پوست ساقه که رو به آفتاب است در بعد از ظهر و نوسانات شدید دمایی، آسیب ایجاد می‌کند و آسیب ناشی از نوسانات دمایی کوتاه مدت را آفتاب سوختگی می‌نامند.

سوختگی قسمت‌هایی از ساقه نوع دیگری از آسیب‌های ناشی از دمای بالا است. دمای بالا در سطح خاک و ورقه‌های خاک سطحی ناشی از نوسانات شدید دما باعث سوختگی ساقه‌های کوتاه قد می‌شود که آن را سوختگی ساقه می‌نامند. این آسیب بیشتر در نهال‌های جوان پنبه و در خاک‌های ماسه ای که دمای سطح خاک در آنها در فصل تابستان گاهی به 60 تا 65 درجه سانتی گراد هم می‌رسد، بیشتر دیده می‌شود. سوختگی ساقه در ابتدا در طیف چند میلی متری بی رنگ ملاحظه می‌شود. این مورد در نتیجه کاهش

بافت‌های بی رنگ به وجود می‌آید. به نظر می‌رسد این سوختگی با تخریب بافت‌های گیاه و ایجاد آسیبی بیماری را موجب مرگ گیاه گردد.

§ آسیب دمای پایین به گیاهان

گیاه در معرض دمای بسیار پایین یا بارش برف سنگین به روش‌های مختلفی از قبیل خفگی، خشکیدگی، تورم، سرمازدگی و یخ زدگی صدمه می‌بیند. گیاهان کوچک هنگامی که توسط لایه برف سنگین احاطه می‌شوند دچار کمبود اکسیژن می‌شوند. هنگام خفگی، مواد سمی خاصی در تماس با ریشه‌ها و تاج‌های گیاه تجمع می‌کند و مانع انتشار دی اکسید کربن می‌گردد.

2-4. وارونگی دمایی

دمای هوا در طول شبانه روز بر اساس میزان رشد انرژی دریافتی از خورشید متغیر است. دمای هوا معمولاً بر حسب حداقل روزانه و حداکثر روزانه بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری دما از دماسنج‌های کالیبره شده حداقل و حداکثر استفاده می‌شود که در یک محفظه چوبی سفید رنگ و دارای تهویه مناسب نصب می‌شوند و یا از طریق یک حسگر الکترونیکی به یک ابزار ثبت‌کننده مرتبط می‌باشند. از روی روند تغییرات می‌توان به میزان تغییرات دمایی در ساعات مختلف روز پی برد. در روز هوای سطح زمین در اثر عمل هدایت گرم می‌شود و به دلیل سبک بودنش به بالا صعود می‌کند. هوای گرم صعود کرده با هوای سردتر طبقاتی فوقانی هوا مخلوط می‌شود، به طوری که ابتدا دمای هوا در چندین متری بالای سطح زمین سریعاً کاهش یافته و سپس با افزایش ارتفاع با یک آهنگ کندتری کاهش می‌یابد و یک نمایه دمایی وابسته به ارتفاع در طول روز تشکیل می‌شود. در حالی که در شب همواره تشعشعات طول موج بلند از سطح زمین به آسمان می‌روند. هوای بالای زمین در اثر تماس با هوای سرد سطح زمین سرد می‌شود و چون از هوای گرم صعود کرده در طول روز، سنگین تر می‌باشد در نزدیکی زمین باقی می‌ماند. این مسئله باعث می‌شود که در شب دمای زمین در مقایسه با دمای هوای بالای آن کمتر باشد. به این حالت که با افزایش ارتفاع از سطح زمین دما بیشتر

می‌شود وارونگی دمایی در نزدیکی زمین اطلاق می‌گردد. در چنین شرایطی هوای سردتر در زیر هوای گرمتر قرار می‌گیرد. در نتیجه ایجاد وارونگی دمایی دمای هوا در چند متری بالای سطح زمین بر عکس قاعده کلی (افزایش ارتفاع سبب کاهش دما می‌گردد) افزایش یافته و در بالاتر از این ارتفاع ویژه، دمای هوا مانند نمایه (پروفیل) روزانه به کندی کاهش می‌یابد که به نمایه شبانه یا نمایه اینورژن معروف است. به طور کلی ارتفاع اینورژن در مزارع حدود ۸ تا ۱۵ متر می‌باشد ارتفاع اینورژن در مناطق زیر کشت در مقایسه با زمین‌های بایر بیشتر است زیرا در مزارع دو سطح مؤثر یعنی خاک و سطح گیاه هردو به سرد شدن هوا کمک می‌کنند. از نظر دیدبانی، وضعیت روشنایی نسبی در طی شب و فقدان لرزش (حرکت ملایم شاخ و برگ گیاهان) از خصوصیات یخبندان تشعشی می‌باشد چون حرکت هوا کم است انتقال گرما از قسمتهای بدن انسان که در معرض هوا هستند به کندی انجام می‌گیرد و در نتیجه انسان سرما را کمتر حس می‌کند. به همین دلیل اغلب کشاورزان در تشخیص این نوع یخبندان دچار اشتباه می‌شوند. تحت شرایط یخبندان تشعشی تنها اندام‌هایی از گیاه که مستقیماً در معرض آسمان قرار دارند خسارت می‌بینند و برگ‌ها و شاخه‌های داخلی که از هدررفت شدید تشعشع خالص در امان هستند، صدمه زیادی نمی‌بینند ولی در یخبندان شدید تشعشی حتی این اندام‌ها نیز خسارت خواهند دید. عوامل متعددی روی این پدیده اثر دارند. به عنوان مثال جون حرکت هوا یا باد سبب کاهش نوسان روزانه دما مجاور زمین می‌شود، در شب‌های بدن ابر، باد از طریق اختلاط هوای گرم لایه‌های فوقانی با هوای سرد مجاور سطح گیاه یا مخلوط کردن مصنوعی هوای گرم لایه اینورژن با هوای سرد مجاور زمین، موجب توقف یا کاهش روند تشکیل لایه وارونگی می‌شود و از این طریق باعث تضعیف لایه اینورژن و گرم شدن هوای مجاور زمین می‌گردد و سرعت سرد شدن برگ را کاهش می‌دهد. این وضعیت در طول روز معکوس می‌باشد به همین دلیل است که در جریان یخبندان‌های تشعشی، دمای هوا در یک دماسنج استاندارد یا یک صفحه استیون سان که در ارتفاع حدود ۱/۳۸ متر در بالای زمین نصب شده‌است، ممکن است ۳ یا ۴ درجه یا بیشتر، سردتر از هوای موجود در ارتفاع ۲۰ متری باشد. زیرا سرد شدن هوا از

طریق هدر رفتن گرما از سطح زمین از طریق تشعشع و به دنبال آن تشکیل لایه وارونگی دمایی صورت می‌گیرد، زیرا بر خلاف ساعات روزهای عادی، دما با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد. در جریان وارونگی دمایی هوا بسیار پایدار است و اختلاط بسیار کمی بین هوای سرد واقع در نزدیکی سطح زمین و هوای گرم بالای آن روی می‌دهد. آن بدان دلیل است که هوای سرد نزدیک سطح، سنگین تر از هوای گرم بالای آن است. باد عاملی است که سرعت کاهش دما را افزایش می‌دهد. هوای گرم روی سطح برگ ممکن است در نتیجه وزش بادی با سرعت 5 تا 10 متر بر ساعت در یک شب ابری و سرد توسط هوای سرد جایگزین شود و بدین ترتیب در روز باعث تسریع از دست رفتن گرمای برگ می‌شود. اما اگر هوا آرام باشد و بادی نوزد بین برگ و هوای مجاور آن یک شیب دمایی ایجاد و در نتیجه سرعت از دست رفتن گرما از سطح برگ به تدریج کاهش می‌یابد. حرکت هوا سبب افزایش مبادله گرمایی بین زمین و هوا، افزایش هدررفت گرما از طریق جابجایی از زمین در طول روز و افزایش دریافت گرما از طریق جابجایی در طول شب می‌شود. در جریان یخبندان‌های تشعشعی معمولاً تفاوت زیادی بین دمای هوا در ارتفاعات و هوای مجاور سطح زمین مشاهده می‌شود به علاوه اگر بخشهای مختلف گیاه با سطوح سایر اشیا در معرض آسمان صاف شبانه قرار گیرد، هدررفت گرما به صورت تشعشعی از این سطوح باعث می‌شود که دمای آنها 2 تا 3 درجه کمتر از لایه هوای مجاور آنها گردد. الگوهای عمودی دما در نزدیکی سطح زمین تحت تاثیر شرایط خاک و پوشش سطح زمین نیز قرار می‌گیرند، برای مثال هوای بالای یک خاک برهنه عموماً گرمتر از هوای بالای یک سطح پوشیده از چمن خواهد بود زیرا خاک برهنه در طول شب گرمای بیشتری آزاد می‌کند در حالی که سطح پوشیده از چمن به مانند یک سطح عایق عمل می‌کند. در جریان یخبندان‌های انتقالی، دمای سطح گیاه و هوای ارتفاع حدود 20 متری، معمولاً خیلی مشابه هستند دلیل این پدیده آن است که در شرایط وزش بادهای شدید معمولاً لایه‌های هوای موجود در ارتفاعات مختلف به خوبی با یکدیگر اختلاط می‌یابند. علاوه بر آن

یخبندان‌های انتقالی ممکن است در هوای ابری هم روی دهند که در نتیجه باعث کاهش هدررفت گرما از طریق تشعشع و کاهش سرد شدن سطح می‌شوند.

3-4. انواع یخبندان

§ یخبندان جبهه‌ای (انجمادی) (انتقالی)

در طول زمستان به دنبال عبور جبهه‌های هوای سرد قطبی از یک منطقه، توده هوای سرد و خشک بر آنجا حاکم می‌شود که غالباً منجر به یخبندان‌های گسترده‌ای به نام یخبندان‌های انجمادی می‌گردد. این نوع یخبندان قادر است به گیاهان در مقیاس مکانی وسیع خسارت زند و ممکن است به مدت طولانی در منطقه باقی بماند. یخبندان‌های زمستانه در مناطق معتدله و سرمای استثنایی در مناطق نیمه گرمسیری نتیجه ورود هوای قطبی است در فصل پاییز توده‌های هوای کم فشار از بخش‌های جنوبی اروپا به سوی دریای مدیترانه گسیل می‌یابد. این توده‌های هوا در حین حرکت خود به سمت شرق مدیترانه از روی ایران عبور کرده و مراکز کم فشار در ایران را تشکیل می‌دهند. حرکت این کم فشارها از مدیترانه به ایران معمولاً تا اوایل بهار ادامه دارد. برآیند عبور این توده‌ها در نیمه غربی رشته کوه زاگرس موجب ابری شدن هوا و بارش می‌گردد. در نتیجه عبور توده هوای قطبی اروپایی و یا حتی توده‌های هوای منشاء گرفته از قطب شمال، سرما به نواحی شمالی، شمال غربی و شمال شرقی کشور نفوذ می‌کند و باعث بارش برف می‌شود. جبهه‌ها یا توده‌هایی که به ایران وارد می‌شوند سرما و باد با خود همراه دارند. سرمای حادث شده از ورود توده‌های هوا در طی شب یا روز به سرمای انتقالی معروف است. سرمای انتقالی معمولاً پس از عبور از یک توده هوای کم فشار و یا یک جبهه هوای سرد توسعه یافته، ممکن است تا چند روز نیز دوام داشته باشد. یخبندان انتقالی یا جبهه‌ای در اثر عبور یک جبهه هوای سرد از یک منطقه یا حرکت افقی هوای سرد و جایگزین شدن آن با هوای گرم در منطقه به وجود می‌آید به طوری که دمای آن کمتر یا در حد دمای بحرانی برای

گیاهان خاص منطقه می‌باشد. در نتیجه این جایگزینی پوششی گیاهی و تمام اشیا سطح روی برگ‌هایی که در معرض آسمان هستند مشاهده می‌شود بلکه روی علف‌های هرز موجود در زیر سایه گیاهان نیز به خوبی قابل مشاهده است. در این مواقع معمولاً بادهای توفانی می‌وزد که سرعت آن معمولاً از 2/5 متر بر ثانیه تجاوز می‌کند. چند ساعت بعد از رسیدن جبه سرد به منطقه ممکن است ابرهایی نیز ظاهر شوند. ضخامت لایه هوای سرد در شرایط وقوع یخبندان جبهه ای ممکن است به یک مایل برسد. بنابراین از مشخصات بارز این گونه یخبندان، سرمای خشک و شدید، وجود آسمان ابری، وزش بادهای شدید در سطح زمین و حتی برفی بودن هوا است. علاوه بر آن در شرایط وقوع یخبندان جبهه‌ای وارونگی دمایی وجود نداشته و احتمال یخبندان حتی در ساعات روز وجود دارد. البته آسمان ممکن است در این شرایط ابری یا نیمه ابری باشد. در این شرایط اگر آسمان نیمه ابری باشد ستاره‌ها خیلی قابل رویت نیستند و ماه رنگ پریده به نظر می‌رسد و امکان دارد هاله ای اطراف آن را فرا گرفته باشد در این مناطق به دلیل شب‌های بسیار طولانی و روزهای کوتاه هوا مرتباً سرد و سردتر می‌شود.

§ یخبندان تشعشی

آسمان صاف و بدون ابر باعث تشدید تشعشع از سطح زمین به آسمان و در نتیجه پیدایش وارونگی و منفی شدن بیلان تشعشی در سطح زمین (هدر رفت شبانه گرمای زمین) می‌شود. وارونگی دما در چنین وضعیتی باعث سردتر شدن هوای لایه مجاور خاک از لایه هوای بالایی می‌گردد و چون آسمان صاف است و هیچ گونه تلاطمی از طریق وزش باد در هوا پیش نمی‌آید، وضعیت با ثباتی برای سرد شدن پدید می‌آید که معمولاً تا صبح و تا قبل از طلوع خورشید ادامه پیدا می‌کند. در این شرایط یخبندان تشعشی ایجاد می‌شود. یخ زدگی‌های انتقالی و تشعشی الگوهای دمایی بسیار متفاوتی را

در هر دو بعد قائم و افقی ایجاد می‌کنند در عمل ممکن است تنوع گسترده‌ای نسبت به الگوهای ایده‌آل دمایی ایجاد شود.

4-3-1. پیش‌بینی یخبندان

§ الف) پیش‌بینی همدیدی:

به طور کلی این روش شامل مراحل زیر است:

1- ابتدا بایستی توده هوایی که ممکن است در طی فاصله زمانی پیش‌بینی در منطقه مورد نظر جابجا شود معین می‌شود.

2- توده هوا در طول مسیر جابجایی تحت تاثیر مناطقی که بر فراز آن حرکت می‌کند قرار می‌گیرد لذا بایستی تصحیحی بر روی تغییرات درجه حرارت انتقالی اعمال شود.

3- در این مرحله باید هواشناسی تغییرات احتمالی رطوبت نسبی، نقطه شبنم، سمت و سرعت باد، ابری بودن و ارتفاع سطح زیرین ابر، نوع ابرها و اختصاصات عمومی هوا را در فاصله زمانی پیش‌بینی منظور نماید. لازم به ذکر می‌باشد که در سه مورد ذکر شده خود مباحث مفصلی را شامل می‌شود.

§ ب) پیش‌بینی غیرهمدیدی:

دقت پیش‌بینی‌های همدیدی را می‌توان با پیش‌بینی‌های غیرهمدیدی و روش‌های محلی تکمیل نمود. پیش‌بینی غیرهمدیدی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

• روش آماری

• روش تجربی

روش‌های پیش‌بینی آماری بر اساس فیزیک مراحل سرد شدن در شب انجام و شامل دو روش برون¹ و روش گروئن¹ می‌باشد.

¹ . Brunt

3-4-2. عملیات حفاظتی بعد از وقوع یخبندان

بعد از وقوع یخبندان با اقداماتی می‌توان تا حد زیادی گیاهان را از خسارات بیشتر و عواقب آن محافظت نمود. برای این منظور باید ابتدا و بلافاصله بعد از ایجاد خسارت یخبندان در باغ بافت‌های خشک شده و یخ زده را جمع‌آوری و از مزرعه خارج نمود و اگر این اقدام انجام نشود اغلب خسارت بعد از یخبندان گسترش یافته و بوته‌های سالم نیز در معرض فساد و بیماری قرار می‌گیرند.

توصیه می‌شود نسبت به جمع‌آوری گیاهان و چوب‌های خشک مزرعه اقدام و با کمک خمیرهای قارچ‌کش محل بریدگی‌ها و زخم درختان را ضد عفونی نمایند. در مورد باغات مرکبات اگر یخبندان زودرس پاییزه محصول را در معرض خطر قرار دهد می‌توان از آنها جهت آب میوه‌گیری، کنسرو و مربا استفاده کرد.

زیان‌های اقتصادی سرما و یخبندان به محصولات کشاورزی کشور به مراتب بیشتر از زیان‌های سایر پدیده‌های مخرب جوی و گهگاه فزون‌تر از خسارت‌هایی است که در اثر بیماری‌ها و آفات به گیاهان وارد می‌آید. بدین جهت محافظت گیاهان از سرما و یخبندان در کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. کارایی اقتصادی روش‌های مقابله با سرما و یخبندان بستگی به وقوع این پدیده و هزینه روش‌ها و ارزش محصولات کشاورزی دارد. به طور کلی روش‌های غیر فعال یا دراز مدت در کشور ما به سادگی قابل انجام است. در روش‌های کوتاه مدت یا فعال نیاز به صرف انرژی می‌باشد. روش‌های غیر فعال را می‌توان در زمان مناسب با هزینه کمتری به کار گرفت که بعضی از عملیات آن مانند کود دادن و پاشیدن مواد بالنفسه عملیات خوبی برای کشاورزی می‌باشد و برخی عملیات به‌زراعی بدون توجه به جنبه‌های حفاظتی گیاهان از سرمازدگی در بهبود وضع محصول ضروری می‌باشد. امتیاز دیگر روش‌های غیر فعال در این است که اثرات اقدامات حفاظتی آن روی هم مزید بر مقاومت بیشتر گیاه در مقابل سرمازدگی می‌شود. اثر روش‌های فعال را نباید در مقایسه با روش‌های غیر فعال کوچک شمرد. روش‌های فعال در صورتی که به طور صحیح به کار روند، با

صرفه و موثر خواهند بود. به طور کلی باید توجه داشت که روش‌های فعال می‌توانند افزایش‌دهنده اثر روش‌های غیر فعال باشند، بنابراین نباید تصور شود که این روش‌ها را می‌توان به جای یکدیگر به کار برد، بلکه ترکیب این دو حفاظت مطمئن‌تری را سبب می‌شود و توصیه می‌شود که این دو روش با هم به کار گرفته شوند.

3-4-3. آسیب یخبندان به گیاهان

آسیب به گیاه از طریق یخبندان به دلیل یخ زدگی بافت‌های گیاه صورت می‌گیرد. یخ زدگی فرآیندی فیزیکی است که بوسیله تشکیل هسته‌های یخ، شدت و مدت دمای شبانه که گیاهان در معرض آن قرار می‌گیرند و مرحله رشد گیاه متوقف می‌شود صورت می‌گیرد.

گیاهان سبز دارای آب زیادی هستند و در هنگام یخ زدگی، آب انبساط پیدا می‌کند و بافت‌های دیواره سلولی گیاه را می‌شکند. به دلیل وجود مواد شیمیایی در شیر گیاهی، بافت‌های گیاه در دمای پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس، که دمای یخ بستن آب است، یخ می‌بندند. زمانی که آب یخ بسته ذوب می‌شود و از سلول‌ها خارج می‌شود، پیامد شکستن سلول‌ها و تراوش آب، مرگ بافت‌ها و بروز نوع خاصی سوختگی در گیاهان است. گیاهان در هنگام بروز یخ زدگی عکس العمل‌های مختلفی نشان می‌دهد. در مورد گندم فشار یخبندان می‌تواند سبب آسیب به برگچه‌ها و مرگ جوانه‌ها شود. آسیب به رشد برگ بر محصول گیاه تأثیر نخواهد داشت زیرا گیاهان می‌توانند آن را جبران کنند، هرچند آسیب یخ زدگی در طی دراز شدن ساقه ممکن است به طور قابل توجهی محصول نهایی را کاهش دهد. آسیب به برگ در هر مرحله از رشد گیاه ممکن است بروز کند و برگ‌هایی که آسیب کمی دیده‌اند، زرد رنگ خواهند بود که نباید با فشارهای غذایی مختلف اشتباه کردند (یووانگ والیسون 1996). ساقه‌های آسیب دیده بی رنگ می‌شوند و اغلب در مجاورت شاخه‌ها تغییر می‌کنند. آسیب به سنبله‌ها و خوشه‌های جوان ممکن است سبب از بین رفتن کل خوشه شود. در مرحله برداشت، یخبندان ممکن است به برخی از قسمت‌های سنبله‌های مولد آسیب زند. آسیب به آسانی بعد از بروز

سنبله آشکار می‌شود چون رشد گل و سنبله متوقف می‌شود. در طی گل دهی، قسمت‌های تولیدی گیاه ممکن است در بعضی از سنبله‌ها آسیب ببینند، اگرچه در ظاهر آنها بدون تأثیر و تغییر بوده‌است، دانه تولید نمی‌کنند.

4-3-4. کنترل خسارت ناشی از یخبندان

یخبندان مخاطره ای اقلیمی است که باعث آسیب جدی به محصولات اقلیم‌های حاره‌ای و معتدل می‌شود. در استرالیا زیان‌های حاصل از یخبندان برای محصولات بسیار زیاد است. تنها در نیوسات ولز، بخش بزرگی از محصول غله، میوه و سبزیجات ایالت‌ها به دلیل سرمازدگی از بین می‌رود. در نتیجه یخبندان سنگین در اواخر سپتامبر و اوایل اکتبر، خسارت به محصول گندم بین 5 و 35 درصد متغیر است. با شناخت مناسب ویژگی‌های یخبندان، با استفاده از اطلاعات برای هشدار پیش از وقوع یخبندان و با پذیرفتن درجه‌های محافظت از یخبندان، می‌توان از نگرانی بیشتر اجتناب کرد. برای این کار باید قبل از کاشت محصول، برنامه ریزی انجام گیرد. یخبندان مخاطره جوی است و زمانی که دمای محیط به زیر نقطه انجماد آب برسد اتفاق می‌افتد.

یخبندان می‌تواند در دو نوع سیاه یا سفید باشد. یخبندان سفید زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت جو به شکل بلورهای کوچک بر روی سطوح جامد یخ ببندد و یخبندان سیاه زمانی رخ می‌دهد که یا بلورهای یخ نباشد و یا مقدار کمی تشکیل شده باشد زیرا هوا در جو پایینی، بسیار خشک است. با این حال اثر مخرب دماهای پایین بر روی پوشش گیاهی همانند یخبندان سفید است.

یخبندان در طی فرآیندهای فیزیکی تابش یا فرارفت سرما (انتقال افقی هوای سرد) تشکیل می‌شود. این دو را به ترتیب به عنوان یخبندان تابشی و یخبندان فرارفتی می‌نامند. یخبندان تابشی زمانی اتفاق می‌افتد که آسمان صاف و جو آرام (بادهای کمتر از 8 کیلومتر در ساعت) اجازه می‌دهند وارونگی دمایی گسترش یابد و دمای نزدیک سطح تا زیر نقطه انجماد افت کند. ضخامت لایه وارونگی دمایی از 10 تا 50 متر متفاوت است. اصطلاح وارونگی دمایی برگرفته از شرایط جوی وارونه شده نسبت به وضعیت روزهای عادی است که دمای

هوا با ارتفاع کاهش می‌یابد و گیاهان می‌توانند با موفقیت از یخبندان تابشی محافظت شوند. یخبندان فرارفتی زمانی اتفاق می‌افتد که یک توده هوای سرد ناگهان به منطقه نسبتاً گرمی وارد شود. در شرایط یخبندان فرارفتی ممکن است بادهای تا 7 کیلومتر در ساعت بوزند و ابر نیز وجود داشته باشد. توده هوای سرد فرارفتی ممکن است از 150 تا 1500 متر عمق داشته باشد. گیاهان می‌توانند در وسعت محدودی از یخبندان فرارفتی محافظت شوند.

4-4. سرمازدگی

گیاهان منطقه حاره با قرار گرفتن 2 الی 3 روز در معرض هوای نسبتاً سرد آسیب می‌بینند ولی گیاهان منطقه معتدله در برابر سرما در دوره طولانی مقاومت می‌کنند و آسیب نمی‌بینند. برنج، پنبه و لوبیای چشم بلبلی با سه روز قرار گرفتن در معرض دمای صفر درجه آسیب خواهند دید. ذرت خوشه‌ای و بادام زمینی با قرار گرفتن ناگهانی در معرض دماهای بسیار سرد آسیب می‌بینند اما اگر پس از مدت کوتاهی شرایط دمایی مطلوب حاصل شود، بهبود می‌یابند. دوره کوتاه مدت سرمای خفیف به غلات، ذرت خوشه‌ای و کدو حلوائی آسیب جدی نمی‌زند. گیاهان منطقه آب و هوای معتدل از قبیل گندم و سویا زمانی که در معرض سرمای طولانی مدت قرار بگیرند آسیب می‌بینند اما با بازگشت شرایط مطلوب بهبود می‌یابند. در اقلیم‌های معتدل به علت دمای کم، دو نوع آسیب رخ می‌دهد. این دو آسیب تاخیر رشد و بی حاصلی هستند. برای مثال محصول برنج به دلیل نارس بودن دانه کاهش می‌یابد که این امر به خاطر دماهای پایین در طی دوره عمل آمدن ایجاد شده است. اگر به دلیل دماهای کم در مرحله خاص آغازین، گل دهی به تاخیر افتد برای رسیدن کامل دانه‌ها پیش از وقوع یخبندان در پاییز، زمان کافی موجود نیست.

در نوع آسیب بی حاصلی، محصول برنج به خاطر ناباروری خوشه‌ها به دلیل دماهای کم در مرحله خوشه‌ای یا گل آوری کاهش می‌یابد. آسیب‌های مشاهده شده به ترتیب رشد، توقف رشد بساک، گرده نارس،

شکوفایی ناقص یا باز نشدن، باقی ماندن ذرات گرده در سلول بساک، ساطع نشدن یا کم بودن ذرات گرده بر روی کلاله و نقص در روش کلاله اند.

آسیب سرمازدگی برای میوه‌ها مهم است زیرا آنها اغلب در دماهای پایین ذخیره و حمل می‌شوند. علائم آسیب سرمازدگی بر میوه‌ها شامل ایجاد حفره روی پوست، ضایعه، تغییر رنگ، حساسیت به پوسیدن اجزا، و کوتاه شدن عمر ذخیره آنها در انبار است. میوه‌های سرمازده به طور طبیعی نمی‌رسند. دمای بحرانی که موجب آسیب سرمازدگی می‌شود برای محصولات حاره‌ای از قبیل موز، آووکادو و انبه، در دمای بین 8 تا 12 درجه سانتی گراد اتفاق می‌افتد و برای میوه‌های مناطق معتدل مانند سیب در دمای بین صفر تا 4 درجه رخ می‌دهد.

§ آسیب یخ زدگی

قسمت‌هایی از گیاه و یا کل آن ممکن است در نتیجه یخ زدگی واقعی بافت‌ها از بین برود و یا آسیب جبران ناپذیری ببینند. آسیب یخ زدگی به علت تشکیل بلورهای یخ، ابتدا در فضاهای بین سلولی و سپس داخل سلولها، حاصل می‌شود. یخ داخل سلول‌ها به وسیله آسیب مکانیکی متلاشی ساختن ساختار پروتوپلاسم و غشای پلاسما آسیب بیشتری را موجب می‌شود. یخ زدگی آب در فضای داخل سلولی باعث از بین رفتن آب از شیره سلول شده و افزایش آب زدایی موجب مرگ آن می‌شود.

زابو و همکارانش (1995) در پژوهشی بر روی آسیب یخ زدگی میوه‌ها در مجارستان، دریافتند که زردآلو نسبت به سرما نامقاوم‌ترین گونه میوه‌های هسته دار در آنجاست. در توت فرنگی، در حین مراحل رشد، گل‌ها در برابر یخبندان آسیب پذیرترند. کی و دارموند (1992) و کازلوسکیا و مایلیک (1998) دریافتند درجه آسیب جوانه‌های سیب و گلابی در نتیجه دمای پایین متغیر است. جوانه‌های پیوندی سیب نسبت به دیگر جوانه‌ها به دلیل دماهای پایین شدیدتر آسیب می‌بینند. در مورد گلابی آسیب برای جوانه‌های با سامانه ریشه اصلی نسبت به جوانه‌های با سامانه ریشه انشعابی شدیدتر است.

4-5. نقش آب و هوا

هوا مهمترین عاملی است که توزیع جغرافیایی و فراوانی دوره ای آفت‌های حشره گیاهی و انگل‌های حیوانات را تعیین می‌کند. هوا نیزان رشد و نمو، بقا، شایستگی و سطح فعالیت انفرادی حشرات، فنولوژی، پراکندگی، اندازه و دوام جمعیت حشرات، کوچ و گسترش آنها و آغاز شیوع حشره را کنترل می‌کند (پدگلی 1990، دراک و فارو 1988). تأثیر هوا ممکن است فوری، تجمعی، مستقیم و غیر مستقیم و با تاخیر زمانی وارد یا صادر شود. اثرات غیر مستقیم بر اثر چگونگی میزان و جمعیت انگل‌ها روی می‌دهد. تأثیر تاخیر زمانی عملی است که در مرحله بعدی به عنوان نتیجه هم هوای گذشته و هم هوای فعلی به وقوع پیوندد. تأثیرات صادر شده و وارد شده ناشی از آن است که حشرات خیلی متحرک هستند و ممکن است بر اثر جابجایی بادهای آورده شوند. در بین عناصر جوی دما، رطوبت و باد نقش‌های اصلی را در زندگی حشرات ایفا می‌کنند. عناصر کم اهمیت‌تر دیگر تابش خورشیدی و دوره روشنایی هستند. ما باید به خاطر داشته باشیم که در تفسیر نقش هوا در زندگی یک حشره، تمام عناصر هوایی وابسته به هم هستند بنابراین نقش اعمال شده به وسیله هر عنصر انفرادی به آسانی درک و تشریح نمی‌شود.

§ دما

هر نوع حشره یک دامنه دمایی دارد که در آن می‌تواند زنده بماند. این دامنه به عنوان منطقه قابل تحمل اطلاق می‌شود. در بین منطقه قابل تحمل دامنه‌های مطلوب مختلفی برای کارکردهای حیاتی متنوع وجود دارد. اگر مدت در معرض قرار گرفتن دمای بالاتر یا پایین‌تر از این محدوده قابل تحمل طولانی باشد معمولاً پیامد آن مرگ و از بین رفتن خواهد بود. بر اثر قرار گرفتن در حدهای منطقه قابل تحمل بعد از مدتی کوتاه خطر مرگ و از بین رفتن رخ خواهد داد.

دماهای واقعی که منطقه قابل تحمل را محدود می‌کند از گونه ای به گونه دیگر متفاوت است، اما دماهای حدی برای تمام حشرات وجود دارد. بیشتر حشرات دمای قابل تحمل ما بین 40 تا 50 درجه سلسیوس دارند

و حشره ای شناخته نشده که بتواند در دمای بیشتر از 63 درجه سلسیوس دوام آورد. بعضی از حشرات می‌توانند در شرایط فیزیولوژیکی خود را به مدت چندین ماه داغ، هوای خشک در یک وضعیت که تابستان خوابی نامیده می‌شود وفق دهند. حداقل دمای مطلق قابل تحمل برای هر حشره به خوبی مشخص نشده‌است، اما تقریباً پایین‌تر از 30- درجه سلسیوس است. اگر افت دما پایین‌تر از آستانه برای رشد و گسترش باشد بعضی از حشرات نمی‌توانند به مدت طولانی دوام آورند ولی برخی گونه‌ای دیگر می‌توانند در دماهای پایین بی‌حرکت باشند و فعالیت و رشد آنها متوقف می‌شود ولی به محض آنکه دوباره دما به بالای آستانه رود فعالیت و رشد آغاز می‌گردد. هنوز معمولاً دیگر گونه‌ها در زمستان در مرحله خاصی که سازگاری فیزیولوژیکی است و بنابراین در دوره‌های خیلی سرد می‌توانند دوام بیاورند.

بعضی از حشرات بومی منطقه معتدله یا حتی مناطق قطب شمال در فرآیندهای خیلی سرد قادرند زنده بمانند، که بافت و جریان سیال آنها قادر است در برابر یخ زدگی مقاومت کرده بدون آنکه آسیب ببینند. میانگین نقطه فوق‌سرد برای حشره آویخته در پوست نارون در زمستان تا 29- درجه سانتی‌گراد در نیمه زمستان پایین‌آمد. مدت زمان در معرض قرار گرفتن دمای حدی نیز در بقاء حشرات مهم است. نوعی شته گردوی امریکایی (همپیرا، افیدیده) اگر فقط برای یک ساعت در معرض هوا قرار گیرد به نسبت خوبی در دمای نزدیک به یخ زدگی می‌تواند زنده بماند اما اگر مجبور باشد فقط 5 ساعت در این دما سپری کند مرگ و میر زیادی صورت خواهد گرفت. در دماهای بالا بقاء حتی به کمتر از یک ساعت قرار گرفتن در برابر این دماها کاهش پیدا می‌کند. حشرات در دماهای بالاتر قادر به کارکرد بیشتر و انجام کارهایی بیشتر هستند. وقتی که آب و هوا گرم است حشرات تغذیه می‌شوند، رشد می‌کنند، تولید مثل کرده و پراکنده می‌شوند. اگرچه آنها تا یک دوره کوتاه زندگی می‌کنند.

دماهای بالاتر همیشه برای رشد حشرات مساعد نیستند و معمولاً دوره زندگی آنها را کاهش می‌دهد. اگر تمام عوامل دیگر به صورت طبیعی باقی بماند، حشرات برای مدت کوتاهی در دماهای بالاتر زندگی می‌کنند. یک

مثال برای این مورد زنبور طفیلی است (هیمنوپترا، براکانیدایی). نوسان دمایی از 15 تا 30 درجه سلسیوس طول دوره بلوغ زنبور را از چهل روز به ده روز کمتر یا بیشتر کاهش می‌دهد.

دمای پایین تحت شرایط خاص یک مزیت است. برای مثال، در دماهای پایین تر، تقاضاهای انرژی کمتری وجود دارد (هانتز، 1993). اگر عرضه منابعی از قبیل غذا کم هستند، حشرات می‌توانند بدون گرسنگی کشیدن به مدت طولانی زنده بمانند. تحت شرایط دمای خیلی پایین حشرات می‌توانند تا بازگشت شرایط گرم‌تر تداوم یابند. در مناطق معتدله که نوسان فصلی دمایی اغلب زیاد است، رشد به آرامی در اوایل بهار آغاز می‌شود، رشد به سرعت به عنوان گسترش فصلی تداوم و شاید در دمای تابستان کاهش یابد یا به تعویق افتد. در مناطق حاره و جنب حاره کمتر محدود است، اما تکامل محدود شده معمولاً برای بقا در فصل خشک به کار گرفته می‌شود. دوام از طریق فصل‌های نامساعد معمولاً فقط در مراحل رویشی خاصی ممکن است. همچنین دما بر فعالیت حشره تأثیر می‌گذارد. همانطور که دما افزایش می‌یابد حشرات با سرعت بیشتری جا به جا می‌شوند. بر اثر افزایش دما، در مسافت کوتاه، فعالیت پرواز تعدادی از گونه‌های حشرات در استرالیا بیشتر می‌شود. به وسیله مشاهدات راداری، تخمین زده شده‌است که پروازهای روزانه حشرات بالغ کروتوسیتس ترمینی فرا به طور عمده در طول روز، زمانی که خورشید نا پیداست. ملخ‌ها اغلب در هنگام صعود یک هوای گرم همرفتی متمرکز می‌شوند. ملخ‌های بالغ در دماهای بین 16 و 27 درجه سلسیوس خیلی فعال هستند و وقتی که دما زیاد است بیشتر حرکت می‌کنند. پرواز و فعالیت عمومی زنبور ونوس تیسیمما در دماهای پایین تر از 10 تا 12 درجه سلسیوس محدود می‌شود. باکتری استراتیل ترونی در مکان‌های گرم به عنوان عوامل کنترل کننده غیر موثر نسبت به مگس‌ها و دیگر حشرات بی تحرک هستند مگر اینکه شرایط دما به مزرعه برسد. مشاهدات میدانی نشان داده است که حشره ابودوسیما سالامینا در دمای پایین تر از 20 درجه سلسیوس تغذیه را متوقف می‌کند و مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که در این دما توانایی پرواز حشره اپیفاز پت ویتانا در حداکثر است. گونه‌های ماده اپیفاز پت ویتانا در رطوبت نسبی شصت درصد طولانی تر پرواز

می کنند. تخمگذاری حشره برگ سوراخ کن، نوعی حشره آفت بومی جنگل های اکالیپتوس غرب استرالیا در دمای 15 تا 20 درجه سلسیوس خیلی زیاد است.

عوامل مهم هواشناسی موثر بر مهاجرت نیمرخ های عمودی دما، سرعت باد و وجود همگرایی است. دما ممکن است زمان و ارتفاع پرواز و بنابراین سرعت و برای حرکت باد همچنین مدت پرواز را تعیین کند. حشرات بالغ کروتوسیتس ترمینی فرا پروازهای طولانی شبانه را فقط اگر دما بیشتر از 20 درجه سانتی گراد و باران در مرحله خاصی از رشدشان باریده باشد آغاز می کنند. مدت و فاصله پرواز حشره بالغ ایفاز پت ویتانا وقتی که کرم حشره (لارو) در دمای 25 تا 28 درجه سانتی گراد نسبت به دمای پایین تر از 15 درجه سانتی گراد رسیده باشد خیلی بیشتر است. مدت پرواز ممکن است برخی اوقات به وسیله ذخایر فیزیولوژیکی حشره مهاجر تعیین شود که ممکن است به کیفیت و دمای پایین تر از آستانه برای پرواز، نوسان دما و مواجهه با بارندگی که بتواند سبب شفته شدن حشره های در حال پرواز شود منجر به خاتمه مهاجرت می شوند. دما همچنین بر رفتار حشرات تأثیر می گذارد. حشرات ممکن است به طور کامل، هم در دمای بالا و هم پایین غیر فعال باقی بمانند یا به طور فعال در امتداد یک شیب دمایی حرکت کنند تا با منطقه ای بهتر مواجه شوند. تأثیر دما بر پراکندگی و تولید مثل خیلی مهم است. اگر اوضاع برای پراکنش مغایر باشد جمعیت های محلی به دلیل کاهش زاد و ولد افزایش نمی یابد و نیز به دلیل مهاجرت کاهش نمی یابند. اگر دما برای باروری به مدت چندین روز مناسب نباشد برخی حشرات بالغ ممکن است بدون اینکه نسلی از خود باقی گذارند بمیرند و بقیه به دلیل شرایط سنی ممکن است کمتر بارور شوند.

§ رطوبت

مقدار رطوبت در مکان یک حشره به طور مستقیم تعیین می کند که آیا زندگی آن انفرادی است یا نه. همچنین رطوبت به طور غیر مستقیم بر جمعیت های حشرات از طریق اثرش بر رشد گیاه تأثیر می گذارد. همه اشکال رطوبت محیطی (رطوبت جوی، باران، برف، تگرگ، شبنم، رطوبت خاک و آب سطحی) بر میزان آب حشرات

تأثیر می‌گذارند. رطوبت در مکان یک حشره ممکن است بعضی تأثیرات غیر مستقیم داشته باشد. بعضی انگل‌ها اگر رطوبت نسبی پایین یا زیاد باشد میزبان‌هایی را برای تخمگذاری جست و جو نمی‌کنند. حساسیت و استعداد حشرات به امراض قارچی، باکتری و ویروسی با رطوبت محیطی نیز تغییر می‌کند. به نظر می‌آید شرایط رطوبتی موجب انتشار بعضی از میکروب‌های امراض حشرات شود و نیز بر بقاء و سمی بودن آنها اثر می‌گذارد.

باران ممکن است به عنوان یک عامل اصلی و مستقیم مرگ و میر عمل کند. تخم‌های حشره و شفیره کوچک حشرات ممکن است به طور دائم از گیاهان میزبان آنها بر اثر بارش سنگین شسته شود. بارش ممکن است خاک را اشباع کند و حشراتی که قادر به فرار نیستند غرق کند. خیلی از حشرات در دوره‌های بارش، غذا خوردن را متوقف می‌کنند و ممکن است تا پایان دوره بارش منطقه را ترک کنند. انگل‌های کوچک در شرایط مرطوب به سختی به اطراف حرکت دارند. یک دوره طولانی مدت بارش به ویژه زمانی که دما برای رشد مناسب باشد ممکن است زمان لازم برای رشد باشد یا به وسیله گرسنگی سبب مرگ و میر شود. بارش شدید یا زیاد ممکن است به طور مستقیم از طریق برخورد به زمین، اشباع یا سیلاب یا با فراهم آوردن شرایط مساعد برای بیماری سبب مرگ و میر بسیار شود. باران شدید شته‌های گیاهان میزبان را می‌شوید (از بین می‌برد) و سوسک‌ها و ساس‌ها ممکن است به وسیله توفان‌های شدید از بین روند. فراوانی حشرات با نوسان‌های فصلی بارش تغییر می‌کند. بعضی گونه‌های حشرات در فصل خشک فراوانند، در صورتی که زیاد شدن برخی گونه‌ها در دوره فصل بارانی است. فقدان بارش ممکن است سبب خشکی و مرگ و میر حشرات شود. در استرالیا شروع شرایط خشک و گرم تابستان جمعیت شته و امراض ویروس گونه‌های گیاه را کاهش می‌دهد. در جنگل‌های اکالیپتوس شمال استرالیا حشره خورنده شیر (همپیترا - سایلودیا) در اواخر فصل خشک از هر زمان دیگری از سال خیلی متداول است. در صورتی که ملخ‌های بی برگ کننده در طی فصل بارانی بیشترند. تصور می‌شود که حشره‌های شیرخوار، غذا را از شیر تولید شده به وسیله رویش مجدد

درختان در برابر آتش سوزی‌هایی که در این جنگل‌ها در اواخر فصل خشک صورت می‌گیرد دریافت می‌کنند. از طرف دیگر ملخ‌های برگ‌خوار از تولید به نسبت زیاد برگ‌های تازه‌ها در طی بارش‌ها سود می‌برند.

باران ممکن است در زمانی که می‌بارد تأثیر زیادی نداشته باشد اما ممکن است فعالیت حشره را در چند ماه بعد تقویت کند. این پدیده با شیوع فصلی گروه کرم‌های اسپودوپترا اگزمتپا آفریقایی که می‌توانند به تعداد زیادی برسند و آفت خطرناک غلات و مراتع شوند به خوبی ارائه می‌شود.

در کنیا، ضیوع آفات با بارندگی شش تا هشت ماه قبل از شروع فصل کرم‌ها ارتباط منفی دارد. از همبستگی بالا بین بارش و پراکنش بعدی کرم‌ها استفاده شده‌است تا مدل پیش‌بینی برای کرم‌ها طراحی شود و یک پیش‌بینی دقیقی از شیوع کرم‌ها فراهم آید.

همچنین باران در تغییر قابلیت یک میزبان برای حشرات و انتقال امراض به وسیله باد یک نقش ایفا می‌کند. گیاهان و ریشه‌های خیس شده آنها توسط باران ممکن است در برابر حشرات یا میکروب‌های ناقل بیماری آسیب‌پذیر باشند، به ویژه گوسفندان در برابر دوره متناوب بارش و عواملی مانند پوسیدن پشم و سم و کرم گوشت‌آسی‌پذیرند. امراض واگیر حیوانی آکابن که سبب تلفات زاد و ولد گاوها می‌شود زمانی اتفاق می‌افتد که بادهای خارج از جهت طبیعی دامن می‌وزند. در منطقه‌ای که زمستان‌ها شدید است، امراض بومی است و گاوها قبل از اینکه باردار شوند مصونیت می‌یابند. درختان جاره به وسیله بارش کم در طی زمستان قبلی تحت فشار قرار گرفته‌اند و مستعد ابتلا به بیماری پرتیدا گلی فوپا هستند.

§ باد

باد عامل مهم پرورش محیط حشرات است و بر جمعیت آنها به چند شیوه تأثیر می‌گذارد. باد جزء مولفه حیاتی وسیع الگوهای هوا است که به طرف جلو و به صورت همگرا به مناطق حرکت می‌کند. سامانه‌های کم فشار و پرفشار در نواحی معتدله مسیرهای مهاجرت حشرات را تعیین می‌کند در صورتی که بادهای تجاری و

موسمی مسیر حرکت حشرات را در نواحی حاره و جنب حاره تعیین می‌کنند. باد سبب جابجایی حشرات می‌شود و بنابراین بر تغییرات جمعیتی و با تأثیر بر جابجایی تعداد آنها به داخل و خارج یک ناحیه موثر است. باد ممکن است آنها را تا مسافت قابل ملاحظه‌ای در مکان‌ها و مناطق جدید جابجا کند. بسیاری از حشرات و میکروبها به طور معمول امراض را تا صدها کیلومتر منتشر می‌کنند. آنها این کار را به وسیله عمل باد به عنوان یک منبع انرژی انجام می‌دهند. در استرالیا، بادهای شمالی یا شمال غربی که از منطقه همگرایی حاره‌ای می‌وزند موجب شیوع ویروس انسفالینیس نوع ژاپنی شده‌است. فراگیری بیماری آکایون، عضویت شایع موسوم به بلوتانگ انتقالی توسط باد به شدت گسترده است. این بادهای اغلب شمار زیادی سی‌تر مینی‌فرا، نی‌سی یرس و نینیتور، انواع پروانه‌های بید و موسکا و توسیما در سراسر مناطق کشاورزی استرالیای جنوب شرقی طی بهار و تابستان به همراه می‌آورند. در جنوب غربی استرالیا تحرکات مشابه‌ای از جمعیت حشرات به همراه بادهای در حال وزش از جانب شمال شرقی صورت می‌گیرد. این تحرکات نیز در جهات دیگر رخ می‌دهد و این وضع ممکن است در احیای جمعیت حشرات در مناطقی از جزیره که یورش‌های عظیم از آنجا آغاز می‌شود با اهمیت تلقی گردد. شیوع عفونت‌های زراعی و دام‌ها ثبت شده‌است. در کشورهای جنوب شرقی و شرق آسیا جهت و شدت باد اکثر مهاجرت‌های جمعیتی حشرات آفت برنج را تعیین می‌کند. از میان 2600 خط سیر ضبط شده ادوار بادهای که از 10 پایگاه جمع‌آوری شده، تنها 5 درصد از اینها منابعی را برای اسکان پیدا کردند و بالغ بر 90 درصد بقیه طی 40 ساعت یا کمتر به پایان مسیر رسیدند. حدود 80 درصد خط سیرها در مسیر بادهای موسمی شایع و بادهای استوایی شکل می‌گرفتند که منجر به جابجایی حشرات از جنوب به سمت اقلیم‌هایی با زمستان‌های طولانی می‌شد. سیلکون‌های حاره‌ای در پاییز خط سیرهایی را شکل می‌دهند که هم به لحاظ جهت و هم به لحاظ گستردگی با آن دسته در مسیر بادهای غالب شکل می‌گیرد فرق دارد. مویید این امر است که تراکم فراوانی مناطق آلوده به آفت برنج در آن وقت سال حاصل یک رشته تحرکات در جهات مختلف است. نتایج حکایت از آن دارد که مهاجرت‌ها در تمامی مدت سال در مناطق

حاره‌ای و جنب حاره‌ای ادامه دارد و نشان می‌دهد که ممکن است راهی برای حفظ توانایی مهاجرت در مسافت‌های طولانی در برخی جمعیت‌های آفت‌های برنج باشد. در مناطق همگرایی جوی تعدادی از حشرات هستند که آنقدر بالا می‌روند که تا سقف پروازیشان صعود کند و آنگاه فرود بیایند و به تغذیه شان برسند و تولید مثل کنند. به طور معمول همین مناطق همگرایی منشا بارانند. مناطق حاره‌ای نیمه خشک دنیا به ویژه تحت تأثیر چنین الگوهای آب و هوایی هستند. بارانی که با چنین سامانه‌ی همراه است منجر به رشد فوق العاده گیاهی می‌شود که جمعیت زیاد و لارو و حشرات نسل جدید از آنها تغذیه می‌کنند. آفت‌هایی نظیر ملخ‌های بیابانی، شیسوسرا، گریگرا و کرم اسپوروترا اگزمتپا دو نمونه معمول از این پدیده‌ها هستند که حضورشان به ویژه در آفریقا قابل توجه است. حشراتی که پراکنش آنها به حرکت باد بستگی دارد، دور افتادن از مقصد برایشان بسیار خطرناک است. سرعت باد تا حد زیادی به جابجایی و میزبان یابی کمک می‌کند. بادهای تند با انتقال آنها به سرزمین‌های نامناسب که کاملاً متفاوت از طبیعت محل اسکان آنها است برایشان کشنده است. بنابراین بعضی از انواع فقط با بادهایی با سرعت معین به پرواز در می‌آیند. بیشتر حشرات وقتی که سرعت باد از سرعت معمولی آنها بیشتر است پرواز نمی‌کنند برای اینکه کنترل حرکت خود را از دست می‌دهند. برخی از حشرات به ویژه شته‌ها متکی به گرمایش روزند (جریان همرفتی) تا آنها در هوا پرواز کنند. به هر صورت بسیاری از حشرات هستند که فراتر از توان خود در حد فاصل هوای تاریک و روشن شبانه تن به جریان باد تند و مداوم در ارتفاع 100 تا 2000 متری می‌سپارند. لاروها هم مانند حشرات بالغ می‌توانند تا مسافت‌های قابل ملاحظه ای جابجا شوند به خصوص اگر به دلیل محدودیت منابع غذایی بخواهند از جایی فرار کنند. در اروپا و آفریقای شمالی پروانه‌های بید بالغ کرم ابریشم که لیمانتریادیسپار، بدون بالند (به جز نژاد آسیایی) و جمعیت حشره به طور عمده وقتی پراکنده می‌شود که لارو ستاره‌دار آن به عنوان نخستین مرحله از بادکنک‌هایی برای گرد آمدن در منطقه‌ای جدید استفاده می‌کنند. یکی از خصوصیات مهم باد توانایی آن در آن انتقال پیام‌های شیمیایی به حشرات است از کانون‌هایی که دارای منابع غذایی اند.

این پیام‌ها شامل اطلاعاتی درباره مسافت و محلی است که بتوانند به منابع غذایی گیاهی خاص دسترسی داشته باشند یا جفت‌هایی درخور بیابند، یک سامانه پر گونه شیمیایی زبانه‌ای شکل کار هدایت بی وقفه به سمت منابع غذایی را فراهم می‌سازد. سپس حشرات در راستای این ذرات شیمیایی متراکم به عنوان علائم راهنما می‌توانند به دقت به سمت منبع غذایی و اسکانشان پرواز کنند.

§ نور

در واقع نور یک عامل آب و هوایی به حساب نمی‌آید بلکه با انوار خورشیدی دما ارتباط دارد. به همین دلیل به عنوان مولفه‌ای از هوا تلقی می‌شود. تغییرات دوره‌ای نور (تغییرات نوری طی یک دوره 24 یاعته شبانه روز) بر فرآیندی که به طور مستقیم با بقای حشرات ارتباط دارد به طور فوق العاده‌ای اثر می‌گذارد. شدت نور بر رفتار حشرات خیلی اثر گذار است. بسیاری از گونه‌ها طی ساعات کاملاً آفتابی روز فعالند و در شب آرام باقی می‌مانند. برخی از حشرات در اثنای نور خفیف یا تاریک و روشن صبحدم فعالند. طولانی بودن روزها برای حشرات علائم یا نشانه‌ای برای ورود به شرایط بالقوه سخت تابستان، سرمای زمستان و و خشکسالی است تا بدانند که باید به استراحت پردازند. در پاره‌ای موارد لاروها بر اثر تجربه روزهای طولانی به اطلاعاتی در مورد طولانی شدن فصول می‌رسند. توانایی رشد و بزرگ شدن حشرات را قادر می‌سازد تا بر حسب شرایط مناسب از زمان بهره ببرند. در مورد کتیورهنیوس شارپیانوس شپشک وحشی لوبیای ژاپنی، طول مدت مراحل مختلف در چرخه زندگی از تخم تا بالغ شدن بر حسب نورگرایی و دمای ثابت تغییر می‌کند. تمامی چرخه رشد در مدتی بین 75 - 80 روز کامل می‌شود، زمانی که حشره 15 - 16 ساعت در روز و شب از روشنایی برخوردار است. این دوره در عین حال بر حسب کوتاه شدن ساعت برخورداری از روشنایی رسیدن به دوره نوبالغی میسر نمی‌شود مگر ساعات طولانی تر نور و روشنایی باز گردد. هیل و گیت‌هاوس (1992) تاثیرات نور و روشنایی را در مورد بسیاری از آفت حشرات مورد مطالعه قرار داده و اشاره کرده که

توانایی مهاجرت حشرات ممکن است بیشتر به هنگام رشد تحت تأثیر چرخه نور و روشنایی قرار داشته باشد تا دما.

4-6. آب و هوا و انگل‌های جانوری

کرم‌ها، مگس‌ها، شپش‌ها و ساس‌ها انگل‌های مهم گاو، گوسفند، خوک و ماکیان‌ها هستند. امراض ایجاد شده یا انتقال یافته به وسیله انگل‌ها یک مانع بزرگ در توسعه مهم بهره برداری اقتصادی چهارپایان را تشکیل می‌دهند. بعضی از این انگل‌ها برای سلامت انسان‌ها هم اهمیت دارند. انگل‌ها و بسیاری از بیماری‌های انگلی تحت تأثیر آب و هوا هستند. گسترش امراض توسط حشرات زمانی که شرایط اقلیمی، دما و به ویژه رطوبت زیاد مناسب انتقال و توزیع باشد تقویت می‌شود. خیلی از انگل‌ها و بیماری‌های انگلی در گاو‌ها و گوسفندان در تابستان‌های گرم و مرطوب به اوج خود می‌رسند. و در فصول خشک نایابند. انگل‌های داخلی هم به طور مشابهی تحت تأثیر آب و هوا هستند. جهت بادهای غالب در شیوع خیلی از بیماری‌ها به ویژه در ارتباط با آلودگی مراتع و آب شرب به وسیله دود حاصل از کارخانه‌ها و معادن و گسترش انتقال امراض توسط حشرات مهم است.

§ انگل‌های کرم روده

انگل‌های کرم روده ای گوسفند و گاو به کرم‌های نواری معدی، کرم‌های کوچک جگر و پهن روده ای طبقه بندی می‌شوند. به بیان دیگر، اینها کرم‌های گرد، قلابی و کدو هستند. آب و هوا عامل مهم تعیین گسترش آزاد زندگی انگل‌هاست و بر انواع مختلف آنها به طرق مختلف موثر است. آب و هوا همچنین بر بقای انگل‌ها برای مثال همان طور که دما از گرم به سرد تغییر می‌کند و سطوح خاک و رطوبت گیاه که از مرطوب به خشک متفاوتند، تأثیر گذار است. اثرات متفاوت آب و هوا برای انواع مختلف کرم‌های گود توضیح داده می‌شود که چرخه‌های زندگی متداول در نواحی است که باران تابستانی دارند و استراتژی‌های زندگی متداول در نواحی با باران زمستانی است. بیشتر کرم‌های انگلی در معرض یک

دوره رشد در بیرون میزبان، قبل از عفونی شدن برای میزبان دیگر هستند در طول این مدت در بیرون نرخ رشد و شانس زنده ماندن آنها به وسیله عوامل محیطی و آب و هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. میزان مراحل رشد بیرونی میزبان با افزایش دما بیشتر می‌شود. رطوبت برای بقا لازم است و از دست رفتن آب زیاد بدن اغلب کشنده است. در بخش‌های مرطوب تر نواحی حاره، مراحل رشد میزبان به ندرت در معرض اثرات عوامل طبیعی مخرب مانند اتلاف آب بدن است. دماها معمولاً در طول سال در حد بهینه است. تحت این شرایط درصد بقای شکل‌های بیرونی انگل بالا است، آنها به سرعت به مرحله عفونی و بزرگ شدن می‌رسند و اجتماعاتی را تشکیل می‌دهند حتی جایی که تناوت طولانی فصل‌های خشک با دوره خیلی کوتاه فصل‌های مرطوب، به وجود می‌آید مراحل بیرونی رشد انگل‌های داخلی می‌توان از شرایط گرم و مرطوب همراه با گذراندن مراحل بلوغ که پس از آن در داخل میزبان رشد می‌کند به خوبی محافظت شود و سالم به فصل خشک بعدی منتقل می‌شود، بهره ببرد.

§ نماتودها (کرم‌های گرد)

کرم‌های گرد یا نماتودها به طور معمول باعث ایجاد مشکل اصلی برای دام‌ها در نواحی حاره‌ای است. سطح زندگی انگل در چراگاه حیوانات به گستردگی مراحل زندگی آزاد بر مرتع بستگی دارد. آب و هوا و مدیریت مرتع به مراحل زندگی آزاد کرم‌های گرد معده - روده‌ای اثر دارد. کرم‌های گرد یا نماتودها به اکسیژن، گرما و رطوبت برای رشد و کامل شدن چرخه زندگی شان نیاز دارند. آنها به اتلاف آب بدن حساسند. در نواحی که فصل خشک طولانی و شدید است، مراتع اغلب قبل از شروع بارندگی‌ها به مدت طولانی عاری از عفونت هستند. در این چنین نواحی عفونت کرم به وسیله حیوانات عفونی شده ناقل به مکانی دیگر از فصل مرطوب به خشک منتقل می‌شود. در استرالیا مهمترین انگل در ناحیه بارش تابستانی هامونوچوپیس کونتورتوس است در حالی که در ناحیه باران زمستانی مهمترین آنها گونه‌های اوسترتاژیا و یا گونه‌های تریکوسترونژیلوس و چاپرتیا است.

§ انگل‌های معده - روده‌ای گوسفند

چگونگی ارتباط بین آب و هوا و انگل‌های معده - روده ای به خوبی اثبات می‌شود. دما با سطح عفونی مرتع دارای همبستگی منفی است (به جز تریکوسترونزیلوس) و باران دارای همبستگی مثبت با عفونت مرتع است. تعدادی از لاروهای نماتودهای معده - روده ای در هر کیلوگرم علف چراگاه‌های مکزیکی در فصل‌های خشک به طور معنی داری کمتر از فصل بارش بودند. آزمایش بر روی الگوی آلودگی و تاثیر برخی عوامل اقلیمی بر گسترش اوین تری چسترونگی اس گوسفندی در مراتع خشک اسپانیای مرکزی دو گونه آلودگی مرتع را از اواسط زمستان تا اوایل بهار و از اواسط پاییز تا اوایل زمستان آشکار کرد.

در آب و هوای مدیترانه‌ای استرالیای غربی با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های مرطوب و سرد شیوع تری‌چوستروگی لس، ویتروکس، تی‌کولوبریفورمیس و تی‌رگاتوس در گوسفندان با شرایط آب و هوای منطقه به طور نزدیکی مربوط است. تی‌کولوبریفورمیس رابطه مستقیمی با میانگین دمای پاییز، زمستان و بهار دارد. اظهارهایی در مورد رابطه بین مقدار بارندگی یک منطقه و شیوع تی‌کولوبریفورمیس موجود است. شیوع تی‌رگاتوس با دمای هیچ یک از فصول مربوط نبوده‌است. اما به صورت منفی به میانگین میزان بارندگی سالانه و طول فصل رشد ناحیه بستگی داشته‌است.

§ کرم‌های کبد

آلودگی کرم‌های کبد در تمام گونه‌های حیوانات اهلی از جمله ماکیان یافت می‌شود اما قربانی اصلی این آلودگی‌ها گاوها و گوسفندانند. کرم‌های کبد در مراتع حیوانی و مراتع گوسفندی جهان شایع می‌باشند. کرم‌های کبد معمولاً از حلزون آبی به عنوان میزبان واسطه استفاده می‌کنند. آلودگی با چراگاه چهارپایان در زمین ممکن است به وسیله حلزون‌های مهاجر در رابطه باشد. سطح هجوم جانوران با کرم‌های کبدی اغلب به دنبا باران‌های سنگین و سیل آسا و آبیاری افزایش می‌یابد، گرچه این مسئله در مناطقی که هجوم جانوران

محدود است به عنوان مثال انشعابات نهرها و یا دریاچه‌هایی که بر روی آنها سد بسته شده‌است در دوران خشکی، زمانی که حیوانات نزدیک این مناطق می‌چرند، بیشتر و سنگین‌تر است.

§ مگس‌ها

مگس‌هایی که نیش می‌زنند و خون بدن را می‌مکند از طریق مکیدن خون بر روی آنها تاثیر می‌گذارند. به این دلیل که کرم‌های حشره و شفیره‌های این پشه‌ها برای تغییرات زندگی خود به آب نیاز دارند در طی فصول بارانی در مقایسه با فصل خشک تعداد آنها بیشتر است. مگس‌های اسب متعلق به خانواده خرمنگس هستند. اغذیه کننده‌های بی‌قراری هستند و ممکن در یک فاصله زمانی کوتاه تعداد زیادی از حیوانات را بگزینند. بنابراین آنها انتقال دهندگان موثر امراض مختلف ویروسی، باکتری و تک یاخته‌ای هستند. مگس استوماکنیز کالستیرنس مکند خون در زمان شیردهی و در مکان‌هایی که اسب نگهداری می‌شوند به شمار می‌رود. این مگس بیماری را به صورتی مکانیکی انتقال می‌دهد. مگس خانگی (مگس اهلی) آلودگی‌های مختلف باکتری و ویروس را بر اثر تغذیه از فضولات انسانی و دیگر حیوانات انتقال می‌دهد. مگس معروف به تسه‌تسه به دلیل نقش آن در انتقال بیماری تریپانوسومیاز (بی‌خوابی) گاو و دیگر حیوانات در آفریقا مهم است. این مگس همچنین سبب بیماری خواب در انسانها می‌شود. مناطق وسیع حاره آفریقا با مگس‌های تسه‌تسه آلوده می‌شوند و در عمل به دلیل بیماری بی‌خوابی دامپروری موفق نخواهد بود. گونه‌های خیلی مختلف تسه‌تسه وجود دارند و نیازهای مختلف زیستی خاصی دارند. به طور کلی گونه‌های رودخانه‌ای به محیط‌های سرد، مرطوب همراه با کناره‌های ساحلی درخت‌زار نیاز دارند. به عبارت دیگر گونه‌های ساوانی در سرزمین‌های خشک و درخت‌زارهای ردیفی مستقر می‌شوند در بررسی مختلف پراکندگی مگس تسه‌تسه به طور قوی تحت تاثیر شرایط محیطی از قبیل آب و هوا و پوشش گیاهی قرار می‌گیرد. رفتار گونه‌های مگس تسه‌تسه گلو سیناپالیدپس و جی‌مورسیتنس در زیمبابوه مطالعه شده‌است. نمونه‌های رفتاری مگس تسه‌تسه از قبیل پناهگاه، طعمه دام‌گذاری، اهداف، جابجایی مقایسه شدند. نتایج حاکی از آن است که در طی فصل گرم،

پناهگاه‌های خنک‌تر از جنگ زارهای رودخانه‌ای اطراف در طول روز بودند و مگس تسه‌تسه دو درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از متوسط روزانه در صفحه استیونسن در جنگل را تجربه کرد. در مقایسه با اطلاعات به دست آمده از طعمه گذاری، پناهگاه‌ها نسبت بالاتری از مگس تسه‌تسه‌ها را داشتند زیرا دمای کشته 40 درجه سانتی‌گراد در پناهگاه بالاتر نمی‌رود. تعداد تسه‌تسه‌ها در طی فصل خیلی گرم تا 90 درصد کاهش می‌یابد. این کاهش در تعداد به دلیل اثرات مستقیم مرگ و میر ناشی از دما بر مگس‌های بالغ نیست اما ممکن است در شرایط ناهنجار فصل گرم نرخ مرگ و میرهای مگس‌های نوزاد دو برابر شود و مرگ و میر مگس‌های بالغ بر اثر متغیر و کاهش دوره شفیره افزایش یابد.

§ پشه‌ها

پشه‌ها به صورت گسترده‌ای در جهان پراکنده‌اند. اهمیت آنها به دلیل انتقال تب «دره ریفت» (تورم کبدی همه گیر در دام‌ها) در گوسفندان و سایر حیوانات، بیماری اسب‌های آفریقایی، مالاریا، بیماری کرم‌های رشته‌های لنفاوی، تب زرد، تورم مغزی اسب سانان غربی، ربروفلاریاب حاد (نوعی کرم در قلب سگ) است. در مناطق نیمه خشک جنب حاره‌ای، امراض حاد معمولاً پس از باران‌های تابستان و بهار حادث می‌شود. ارتباط تنگاتنگ بین ال‌نینو و جمعیت فصلی پشه‌ها و امراض مرتبط با پشه‌ها وجود دارد. (بوما و وان درکی، 1996)

§ شپش‌ها

شپش‌ها انگل‌هایی کوچک و بسیار میزبان‌پسند هستند. شپش‌ها حشرات پستی شکمی پهن، بدون بال و دارای پاهایی سازگار برای چسبیدن به موها و پر هستند. هجوم شپش‌ها در اواخر زمستان و اوایل بهار در میان گاوها، گوسفندان، بزها و اسب‌ها شایع است. تابش، دما و بارندگی همگی اثرات زیادی بر تعداد شپش‌ها دارند. شپش در میان گوسفندان انگل مهمی است و دور از گوسفند نمی‌تواند برای بیش از چند ساعت در زیر دما و نور زیاد زنده بماند. با وجود این مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که شپش‌ها دور از گوسفندان می‌توانند به مدت 11 روز در دمای 25 درجه سانتی‌گراد زنده بمانند. در انبارهای پشم چینی در زمستان و

اوایل بهار، شپش ممکن است به ترتیب ۱۴ تا ۱۶ روز زنده بماند (کرافورد، جیمز و ماداک ۲۰۰۱). پشم چینی تاثیر بسیار مهمی بر شپش‌ها دارد، از این نظر که به صورت فیزیکی شپش‌ها به همراه پشم چیده شده و دور می‌شوند و شپش‌های باقیمانده در معرض شرایط سخت اقلیمی قرار می‌گیرند. یک تا دو ماه پس از پشم چینی تعداد شپش‌ها به حداقل ممکن می‌رسد. همچنین باران شدید و مداوم تعداد زیادی از شپش‌ها را می‌کشد. زمانی که دما از اواخر پاییز تا اوایل زمستان کاهش می‌یابد، تعداد شپش‌ها افزایش یافته و در طول تابستان تعداد آنها کاهش می‌یابد. با این وجود، این الگو تحت تاثیر زمان پشم چینی قرار می‌گیرد.

4-7. برخی از حشرات مهم آفات زراعی

§ شته‌ها

عوامل آب و هوایی به ویژه دما و باران، نقش عمده‌ای در تکثیر جمعیت شته‌ها در تمامی اقلیم‌های آب و هوایی که در آنها امکان تولیدات زارعی فراهم است دارد. شته‌ها به تغییرات آب و هوا خیلی حساسند. مشاهدات میدانی، تجربیات در مراکز مربوط به آب و هوا و مدل‌های شبیه سازی شده کامپیوتری نیز این مسئله را تایید می‌کند. اسکیروین، پری، هرینگتن (۱۹۹۶) از مدلی برای ارزیابی تحرکات جمعیتی شته‌ها در درجات مختلف بهره گرفت‌ه‌اند. این الگو پیش بینی می‌کند که افزایش دما در غیاب حشره خواران منجر به افزایش شته‌ها می‌شود. در صورتی که حضور حشرات صیاد از شمار آنها طبق برآورد می‌کاهد. درجات حرارت کمتر از ۲۰ و بالاتر از ۲۵ عمل تولید مثل شان را کند می‌کند در حالی که افزایش از ۲۰ - ۲۲ درجه سانتی گراد نرخ طبیعی رشد آنها را افزایش می‌دهد. درجه حرارتی برابر با حداکثر ۴۵ درجه سانتی گراد در فصول غیر بارانی بر طبق مشاهدات، کشنده انواع گونه‌های شته نیشکر است

آنچه که از مناطق حاره‌ای بر می‌آید نشان می‌دهد که شته‌ها به میزان زیادی قابلیت سازگاری با آب و هوا از خود نشان می‌دهند. این در حالی است که آنها جمعیت شان را از طریق انضباط درست رفتاری به هنگام رشد، تکثیر، بقا و پراکنش در طول تاریخ زندگی تنظیم می‌کنند. در ایالات شمال شرقی هند گونه‌های شته‌ها

هر دو نوع همه چیز خوارها و غیر همه چیز خوارها، حاکی از تغییرات در فراوانی آنها به لحاظ زمان و فضا در پاسخ به متغیر درجه حرارت در فصول مختلف است، که موجبات تحولات کیفی در میزبان آنها را فراهم می‌سازد. بر خلاف انواع تک خواران از گرمای داغ تابستان دشت‌ها و سرزمین‌های بلند فراری اند و در دمای ملایم دامنه‌ها پرامنده می‌شوند. این سه گونه به خاطر رشد، تکثیر و بقای بلوغ در 20 درجه سانتی گراد خیلی خوب عمل می‌کنند.

تحقیقات درباره شته‌ها در مزارع پنبه نشان داد که کاهش حرارت تا 25 درجه سانتی گراد، هنگامی که پنبه در مرحله قد کشیدن بود ممکن است سبب افزایش سریع جمعیت شته‌ها شود. دمای حداقل، خنکی عصر، ساعات داغ آفتاب و نزول باران طی هفته‌های 45 و 52 در شرایط جوی معمولی اثر کاهنده بر جمعیت شته‌ها دارد. اگر در دمای حداقل و رطوبت عصر تغییری ایجاد شود افزایش قابل ملاحظه‌ای در جمعیت آنها مشاهده می‌شود و در ساعات آفتابی روز با بارش پراکنده با کاهش قابل ملاحظه آنها مواجهیم. میزان هجوم شته‌ها در این هفته‌ها فوق العاده بالا است. نزول باران به هنگام مراحل تشکیل غوزه یکی از آن متغیرهایی است که در کنترل جمعیت شته‌ها جنبه غالبی دارد. زمانی که محصول در مراحل رسیدن است، کاهش حداکثر دما و باران بر جمعیت شته‌ها در چهارمین هفته بر اساس استاندارد شرایط جوی اثر می‌گذارد. در بین دو عامل بارش و دما معلوم شده که باران عامل غالبی است، حتی کاهش حداکثری دما در هفته دوم به تنهایی موجب افزایش هجوم شته‌ها در چهارمین هفته می‌شود. هوای ابری نیز نقش مهمی در جمعیت شته‌ها طی نسل اول دارد. در محیط‌هایی با آب و هوای مدیترانه‌ای چندین شرایط آب و هوایی با تحرکات جمعیتی شته‌های غلات در فصل تابستان خیلی ارتباط دارد. در مناطق شمال شرقی اسپانیا، تحرک جمعیتی گونه‌های دوپالونیفوم پادیحال و سیتیویون آوناف، گونه‌هایی که اغلب یافت می‌شوند نه فقط تا سرحد مرگ تحت تأثیر افت دما قرار می‌گیرند بلکه عوامل دیگری هم دخیل هستند. هوای خشک و سرد به دلیل تأثیرات فنولوژیک و کیفی بر گیاه میزبان، نرخ رشد شته‌ها را کاهش می‌دهد. در سامانه چرخه زارعی و مراتع سرزمین‌های خشک در مناطق

بارانی 300 - 450 میلی متر در جنوب شرقی استرالیا (آب و هوای مدیترانه‌ای). شته‌ها در فصل گرم و خشک روی تنه گیاهان مشاهده نمی‌شوند، بلکه ظهور آنها مقارن با ماه‌های آوریل تا نوامبر است وقتی که هوا خنک و مرطوب است. به هر حال باران‌های اواخر تابستان و اوائل پاییز عامل عمده تعیین کننده در پیش بینی جمعیت شته‌ها در باقلای مصری است. این بارش‌ها موجب رویش علف‌هایی می‌شود که شته‌ها از آنها تغذیه می‌کنند تا بعد به نباتات مزارع منتقل شوند. در این مرحله می‌شود گفت باران کمی هست یا اصلاً نیست که شیره پرورده علف‌ها را زیاد کند. به همین دلیل انتقال شته به نباتات زارعی با تاخیر صورت می‌گیرد. تک ری (1999) یک مدل کامپیوتری ابداع کرد که داده‌های هواشناسی جمعیت شته‌ها و خسارات وارده در یک پایگاه ویژه را به هم آمیخته بودند تا زمان ورود شته‌ها به گیاه باقلای مصری در استرالیای غربی را پیش بینی کنند. مطالعات انجام گرفته در بریتانیا، درباره آب و هوای اقلیم‌های جهان، حاکی از آن است که دمای هوا نقش مهمی در مهاجرت فنولوژیک شته‌ها ایفا می‌کند. نخستین مرحله مهاجرت و همین‌طور در فواصل طولانی بین مراحل مهاجرت نزدیک به هم می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات جوی به تشدید هجوم پیوسته انواع بسیاری از شته‌ها و بیماری‌های ویروسی انتقالی توسط آنها منجر می‌شود.

§ کرم‌های شب پره

هجوم شب پره‌ها در بسیاری از قسمت‌های جهان نشان داده‌است که بارش عامل اولیه تأثیر گذار در چنین گروه‌های آفتی است. به هر حال دما و دسترسی به سامانه‌های گردش جوی، مهمترین شاخص‌های حاکم بر وفور این گونه آفت‌هاست.

یافته‌های مطالعات انجام گرفته در آفریقا نشان می‌دهد که آغاز اولین هجوم یک اپیدمی، با تخمگذاری متمرکز و بسیار شدیدی که در اثر همگرایی باد در یک توفان شدید حاصل می‌شود به وجود می‌آید. منابع این حشرات به نظر می‌رسد که گروه‌هایی با تراکم پایین باشند که توانسته‌اند خودشان را از فصلی به فصل دیگر در جاهایی که بارش‌های نامنظم اتفاق افتاده نجات دهند. برخی نواحی در تانزانیا و کنیا به ویژه مناطق بسیار

مستعد برای شیوع‌های زود هنگام هستند که جزء مناطق بحرانی بالقوه برای آغاز گسترش متوالی حشرات در سراسر آفریقای شرقی است. این مناطق دارای بارندگی کم و اتفاقی هستند و در نزدیکی اولین تپه ماهورهای نزدیک ساحل واقع شده‌اند. بارندگی کم پیش از گسترش توفان، احتمال وقوع شیوع حشرات را افزایش می‌دهد. گسترش پیوسته آنها از طریق باد کوه به دره که باعث تمرکز پروازی حشرات می‌شود و همین طور به وسیله تابش خورشید در طی زمان تخمگذاری، روند رو به افزایش می‌گیرد. هوای مرطوب پایدار از سرعت گسترش آنها می‌کاهد، فصل‌هایی که با شیوع زیاد حشرات در آنها اتفاق می‌افتد اغلب دارای باران‌های شدیدی بوده که از یک دوره خشک در فصل‌های بارانی جدا می‌شود.

§ ملخ‌ها

حساسیت دمایی، توزیع جغرافیایی ملخ‌ها، به همراه گسترگی گونه‌های خاص و محدود به مناطق گرمتر را تعیین می‌کند. برای همه گونه‌هایی که وابسته به گرما هستند، تنوع در حساسیت به گرما به عنوان عاملی پیش بینی کننده در توزیع آنها به شمار می‌رود. پاسخ‌های تولید مثل و باروری در دماهای مختلف ملخ‌ها، بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته در آزمایشگاه نشان می‌دهد که نرخ رشد و توسعه برای هرگونه با توجه به دما افزایش می‌یابد. رشد و تکامل وزن شفویک ملخ بالغ و میزان تخمگذاری با توجه به افزایش دما بیشتر می‌شود.

بررسی تنوع زندگی در بسیاری از گروه‌های ملخ کرتیپوس پروئوس در اطراف جزایر بریتانیا آشکار کرده که بین تاریخ حیات و آب و هوا در مناطق گونه‌های اولیه ملخ‌ها رابطه وجود دارد. ملخ‌های مناطق خنک تر، در هنگام تخمگذاری سنگین‌تر می‌شوند در حالی که ملخ‌های مناطق شمالی تر دارای رشد جسمانی سریع تر و زودتر به بلوغ جسمانی می‌رسند. ملخ‌های بالغ در مناطق گرمتر آفتابی تر یا به طور کلی در مناطق جنوبی بزرگترند. مطالعه در دینامیک جمعیت ملخ‌ها در وایومینگ نشان داده است که آب و هوا از ماه دسامبر تا ژوئن نقش قابل توجه تری نسبت به دینامیک جمعیت در بهار دارد. به هر حال موقعی که دما و بارش در طی

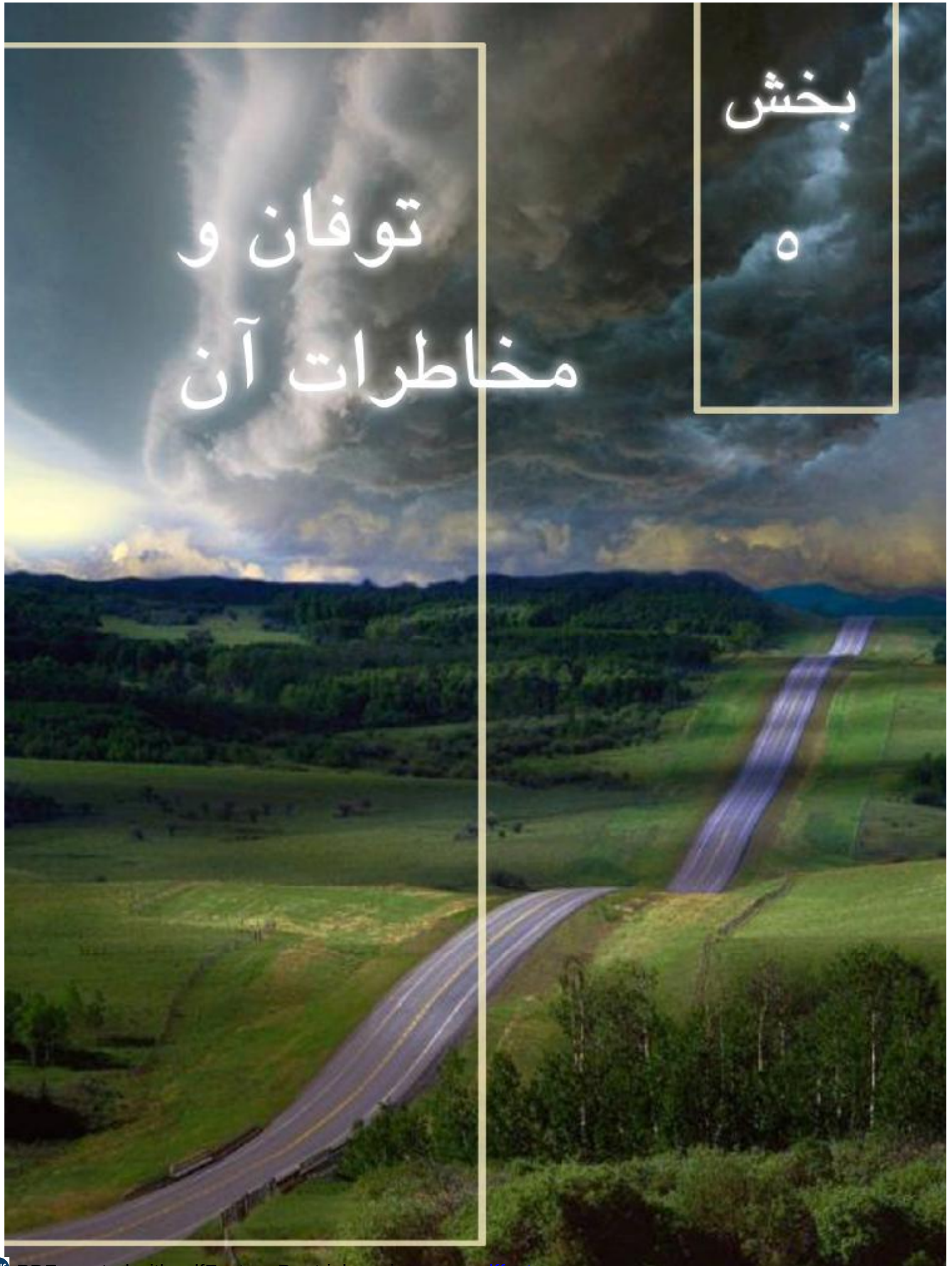
فصل تخمگذاری و بلوغ زودرس ملخ‌ها (آوریل تا مه) متغیرهای کنترلی هستند، از پیش بینی جمعیت بیشتری حکایت دارد. شرایط خشکسالی طولانی جمعیت ملخ‌ها را متوقف می‌کند. کمپ و سیگلا نیور (1994) با ردیابی گونه‌های مختلف ملخ در مناطق مختلف مونتانا طی دوره 1992 - 1986 که شامل یک دوره خشکسالی شدید نیز بوده (1988) به نتایجی دست یافتند. کاهش در گونه‌های ملخ در نواحی شرقی و جنوب مرکزی مونتانا، جایی که خشکسالی طی بیست سال گذشته مدام افزوده می‌شده به شدت قابل مشاهده بوده‌است. در نواحی شمال مرکزی، جایی که همچنین خشکسالی 1998 را نیز تجربه کرده بود اما دوره و روند خشکسالی آن طولانی تر نبوده، کاهش در بعد از دوره خشکسالی در گونه‌ها مشاهده نشده‌است. ملخ‌های سر مخروطی مشکی، در محیط‌های گرم و خشک زندگی می‌کنند. تغییر جنسی (کمتر یا بیشتر شدن یک گونه نر یا ماده نسبت به دیگری) نشان می‌دهد که ماده‌های بزرگتر در مواجهه با کمبود آب نسبت به گرما مقاومت بیشتری دارند هر دو گونه قادرند تا دمای درونی بدن خود را نسبت به دمای محیط با استفاده از خنک شدن از طریق تبخیر، کاهش دهند. گونه‌های نر آب نسبتاً بیشتری را از طریق تبخیر از دست دادند، مدفوع بیشتری بر جای گذاشتند و ممکن است از لحاظ دسترسی به آب در مضیقه بیشتری بوده اند. به نظر می‌رسید که ماده‌ها اعتنایی به ذخایر آبی بدن خود نداشته اند، که خود موید این نظریه معروف است که جسم بزرگ در بیابان برای یک حشره یک امتیاز است.



بخش

ه

توفان و مخاطرات آن



مقدمه

هوا معمولاً در دو راستای افقی و قائم حرکت می‌کند. باد عبارت است از حرکت افقی هوا که جهت و سرعت آن توسط ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود. وزش باد در اثر ساز و کارهای ترمودینامیکی جو صورت می‌گیرد که در اثر آن گرما، رطوبت و سایر خواص جوی از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر منتقل می‌شود. وزش باد از حالت آرام تا توفان شدید و هاریکن متغیر است که می‌تواند آثار بسیار مخربی را با خود همراه داشته باشد.

حرکت دیگر هوا حرکت در راستای قائم است که باعث جابجایی هوا به سمت ارتفاعات بالاتر می‌شود که اگرچه در مقایسه با حرکت افقی سرعت آن ناچیز است اما در شکل‌گیری ابرها و بارش و توفان‌های تندی فوق‌العاده حائز اهمیت می‌باشد.

جدول 5-1. دسته بندی انواع باد در ارتفاع استاندارد 10 متری (بر اساس مقیاس بوفورت)

مقیاس	باد (مایل بر ساعت یا نات*)	دسته بندی WMO	اثر
0	کمتر از 1 نات	آرام	آرام، دود به طور قائم از دودکش بالا می‌رود
1	3-1	نسیم ضعیف	حرکت دود از دودکش و بادنما بی حرکت جهت باد را نشان می‌دهند
2	6-4	نسیم ملایم و سبک	باد به صورت می‌خورد باد نما حرکت می‌کند، برگ درختان تکان می‌خورند
3	10-7	نسیم آرام و منظم	برگ درختان و ترکه‌ها دائماً تکان می‌خورند، و پرچم‌ها به جنبش در می‌آیند و فنجان‌های معمولی بادنما حرکت می‌کنند
4	16-11	نسیم متوسط	غبار، برگ‌ها و کاغذها از زمین بلند می‌شوند و شاخه‌های کوچک درختان تکان می‌خورند
5	21-17	نسیم	حرکت شاخه‌های کوچک برگ دار درختان، شاخه‌های بزرگ‌تر را به حرکت در می‌آورند، سیم‌های برق سوت می‌کشند

اثر	دسته بندی WMO	باد (مایل بر ساعت یا نات*)	مقیاس
شاخه‌های بزرگ درختان حرکت می‌کنند. سیم برق‌ها سوت می‌کشند	نسیم قوی	27-22	6
کل درخت حرکت می‌کند، به سختی می‌توان در مقابل باد راه رفت	باد	33-28	7
کل درختان به حرکت در می‌آیند، شاخه‌ها می‌شکنند به سختی می‌توان در مقابل باد راه رفت	باد نسبتاً قوی	40-34	8
خسارت به ساختمان‌های ضعیف، کنده شدن ورقه سقف‌ها	باد قوی و توفان	47-41	9
شکستن و ریشه‌کن شدن درختان و خسارات قابل توجه به ساختمان‌ها	توفان شدید	55-48	10
تخریب ساختمان‌ها و خسارات کلی به اموال و جانداران. این باد بندرت دیده می‌شود.	توفان سهمگین	63-56	11
تخریب ساختمان‌ها و خسارات گسترده به اموال و جانداران	هاریکن	بیش از 64	12

* یک نات تقریباً برابر 54/ متر بر ثانیه است

5-1. شرایط ایجاد توفان

بیشتر پدیده‌های آب‌وهوایی شدید در درون توفان‌ها شکل می‌گیرند. یک توفان اصولاً از ترکیبی از هوای گرم مرطوب و یک نیروی بالابرنده هوا نظیر جبهه سرد و گرم یا حضورکوه به وجود می‌آید. برای تشکیل توفان باید هوای گرم و مرطوب وجود داشته و توده هوا ناپایدار باشد همچنین به نوعی باید مکانیسم بالا روی هوا وجود داشته باشد.

5-2. مشخصه‌های توفان تندی

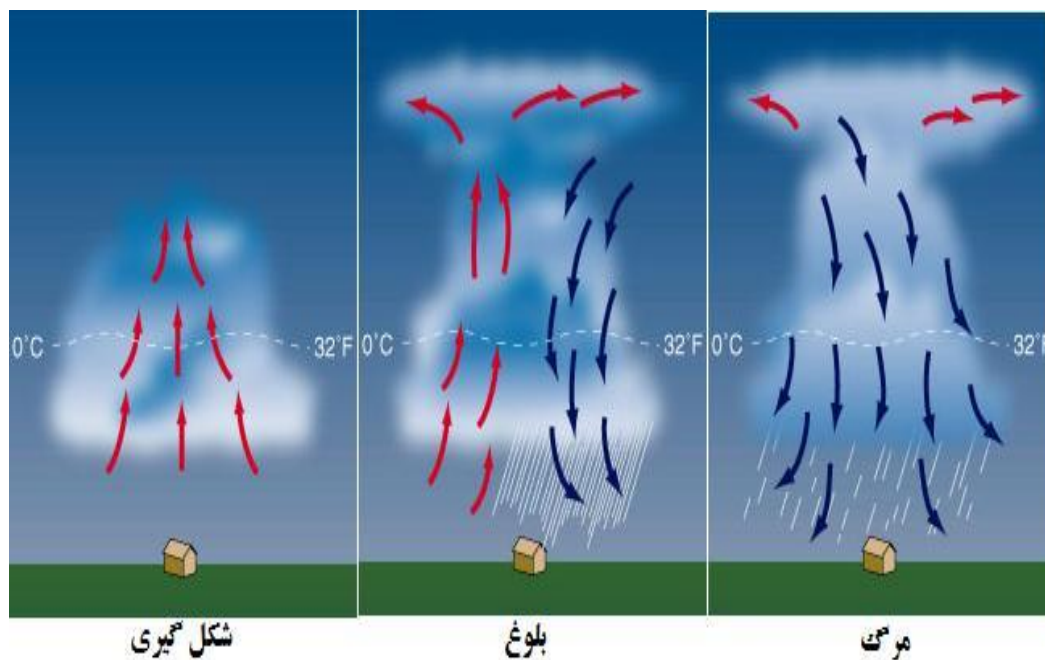
توفان‌های تندری یا رعدوبرقی، توفان‌هایی هستند که شامل برق‌ورعد هستند. منشأ این توفان‌ها می‌تواند محلی باشد، اما در نواحی وسیعی در امتداد مسیر توده‌های هوایی فعال، شامل چرخندها و واچرخندها انتقال می‌یابند.

برخی مواقع این توفان‌ها دارای جست‌باد (گاستی) همراه با بارش شدید باران و تگرگ می‌شوند. خود توفان‌ها ممکن است شامل یک یا چند سلول ابر کومولونیمبوس به صورت خوشه‌ای یا یک خط از توفان رعدوبرقی که ممکن است در چند صد کیلومتر توسعه پیدا کنند، باشند.

توفان‌های تندری پراکنده که در فصل گرم سال شکل می‌گیرند را توفان‌های تندری معمولی یا توفان‌های تندری توده هوایی گویند؛ زیرا آنها در توده هوای گرم و مرطوب و به دور از وضعیت هوایی جبهه‌ای شکل می‌گیرند. عمر این توفان‌ها به‌طور معمول کوتاه (هر سلول تندری با عمر حدود یک ساعت) توفان‌های تندری شدید می‌توانند بادهای قوی، سیل، تگرگ‌های خسارت‌زا و حتی دیوباد (تورنادو) را به‌وجود آورند. دوره زندگی این توفان‌ها به دوره شکل‌گیری، دوره بلوغ و دوره مرگ تقسیم می‌شود. در خلال مرحله بلوغ شدیدترین وضعیت فعالیت ابر شکل می‌گیرد (1).

یک توفان ابرسلولی¹، یک توفان تندری چرخان عظیم است که در آن، جریان‌های بالارو و پایین‌رو کاملاً ساختار یافته‌اند. جریان‌های بالارو گاهی به 90 نات (حدود 45 متر بر ثانیه) می‌رسد این سلول ابر با بادهای مخرب سطحی و دیوباد و بارش و تگرگ شدید همراه است.

¹ . Supercell Storm



شکل 5-1. مراحل شکل‌گیری، بلوغ و مرگ ابر کومولونیمبوس.

3-5. توفان و دیوباد (تورنادو)

توفان بادی است که تقریباً با سرعت بیش از 60 کیلومتر بر ساعت می‌وزد و در این آستانه است که خسارات آن شروع می‌شود. هرچه سرعت باد بیشتر می‌شود بر میزان خسارت نیز افزوده می‌شود. بیشترین خسارات از ناحیه بادهای ناشی از سامانه‌های حاره‌ای و هاریکن‌ها ناشی می‌شود. در تصاویر زیر به ترتیب وقوع توفان شدید، تورنادو و تصویر ماهواره‌ای هاریکن را در نواحی حاره نشان می‌دهد.



شكل 5-2. وقوع توفان شديد



شكل 5-3. وقوع تورنادو



شکل 5-4- تصویر ماهواره ای از هاریکن

5-3-1. گرد و خاک

به طور معمول باد شدید و توفان با وقوع گرد و خاک بخصوص در نواحی خشک و صحرایی و نیمه‌صحرایی همراه است هرچه سرعت باد بیشتر باشد ذرات و شن‌های بزرگتری به هوا بر می‌خیزد و تا ارتفاعات بالاتری برده می‌شود. این گرد و خاک سپس بر روی شهرهای نزدیک ریخته می‌شود و باعث خسارات به زیادی در این مناطق می‌شود و به صورت غبار در شهرهای دورتر باعث تشدید آلودگی هوا و کاهش دید می‌گردد.

5-4. شرایط استان اصفهان در ارتباط با توفان

استان اصفهان در معرض سامانه‌های سودانی و مدیترانه‌ای است که می‌توانند در شرایط ناپایداری باعث وقوع توفان‌های تندری شده بویژه در مواقعی که این دو سامانه با یکدیگر ادغام شوند، می‌توانند این پدیده را تشدید کنند. همچنین این استان شرایط لازم برای وقوع ناپایداری‌های همرفتی را دارد. این ناپایداری‌ها باعث وزش تندبادهای لحظه ای و توفان‌های شدید موقت و گرد و خاک خواهد شد. رگبارهای موقت، رعد و برق

و بارش تگرگ از جمله اثرات این نوع ناپایداری خواهد شد. از طرفی شرایط کویری این استان متأثر از کویر مرکزی است. کویر مرکزی وسیع ترین کویر ایران، از دامنه های جنوبی البرز تا مرکز ایران گسترش دارد. طول آن 800 کیلومتر و عرض آن در حدود 600 کیلومتر می باشد و نیز بیابانها و کویرهایی نظیر کویر سیاه کوه، کویر روح مرغوم، کویر زرین و باتلاق گاوخونی در حاشیه جنوبی دشت وجود دارند. این مناطق در تابستان به شدت خشک و گرم می گردند، لذا هوای مجاور سطح زمین گرم و منبسط شده و با کاهش چگالی، هوا به طرف بالا صعود می نماید و در نتیجه هوای با فشار زیادتر از کوه های اطراف به طرف کویر ریزش کرده تا جایگزین هوای صعود کرده گردند بدین ترتیب بادهای کویری می وزند. بادهای کویری عمدتاً داغ بوده و غالب اوقات با توفان شن همراهند. توفان، این شن ها را بر روی شهرهای کویری و کنار کویری استان می ریزد. (شکل 5-21)



شکل 5-5. وقوع توفان گرد و خاک



شکل 5-6. توفان شن در منطقه کویری ایران

5-5. راهکارهای کاهش خسارات ناشی از توفان و گرد و خاک

- § باید برنامه ریزی‌های کلان شهری انجام گرفته نظیر استحکام ساختمانها و سازه‌ها و...
- § در زمان وقوع حتی المقدور از مناطقی که بیشتر در معرض خسارت هستند نظیر ساختمانها و سازه‌های سست و درختان پوسیده احتراز شود
- § به هشدارهای هواشناسی توجه شود.
- § آماده سازی جامعه و حفاظت در برابر توفان
- § در موقع بروز گرد و خاک از تردد زیاد شهری احتراز شود

5-6. تعریف رعد و برق (صاعقه)

یکی از بلایای جوی و اقلیمی، صاعقه یا رعد و برق می‌باشد. پدیده رعد و برق در قرون اخیر کشف شد و تا 1600 میلادی نظریه ارسطو در این مورد مطرح و غالب بوده‌است. وی معتقد بود که اتمسفر دارای دو

نوع هوای خشک و مرطوب است و رعد، صدای حاصل از برخورد هوای خشک با ابرهای مجاور می‌باشد.

وی برق و نور را حاصل از شعله‌ور شدن و سوختن هوای خشک با شعله ضعیف و نازک تعریف می‌کرد.

شاید بتوان صاعقه (آذرخش، برق یا آتشفشان) را جزء اولین پدیده‌های هواشناسی دانست که توجه انسان را

به خود جلب نموده است. صاعقه یک تخلیه الکتریکی هوایی با یک انفجار (رعد) و نور (برق) می‌باشد که

بین ابر و زمین یا بین دو قطعه ابر به وجود می‌آید. صاعقه را می‌توان جرقه عظیمی دانست که در اثر تخلیه

ناگهانی الکتریسیته در جو به وجود می‌آید.

نوری خیره کننده و صدایی مهیب و کوبنده؛ معمولاً اینها تنها شاخصه‌هایی هستند که ما از صاعقه می

شناسیم. اسم‌هایی که ساکنان مناطق مختلف روی این پدیده گذاشته اند نیز اغلب بر گرفته از همین دو

محصول صاعقه است؛ شیرازی‌ها می‌گویند «غره تراق»، تهرانی‌ها «رعد و برق»، افغانی‌ها «تانا» و اروپاییان

«تندر» صدایش می‌کنند.

صاعقه یکی از قدرتمندترین، خطرناکترین و عجیب ترین پدیده‌های طبیعی است. پدیده ای با میلیاردها

وات انرژی و اثراتی متعدد و باورنکردنی مانند تولید هزاران درجه حرارت، تولید گازهای مسموم، ایجاد

امواج نیرومند و ...

در امریکا سالانه حدود 1000 نفر اصابت صاعقه و 100 نفر مرگ گزارش می‌شود. یعنی میزان مرگ آن

10% است. هنگام توفان یا حرکت بادهای بزرگ، بار الکتریکی زیادی در ابرها ذخیره می‌شود و به اصطلاح

ابرها باردار می‌شوند. بدین ترتیب ابر تبدیل به یک منبع انرژی بسیار عظیم می‌شود که بر فراز آسمان در

حرکت است. این ذخیره انرژی آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا ابر از انرژی الکتریکی اشباع شده و در اولین

فرصت ممکن، انرژی خود را تخلیه می‌کند. معمولاً بهترین محل برای این تخلیه زمین است زیرا زمین آنقدر

بزرگ است که هرگز از الکتریسیته اشباع نمی‌شود. بنابراین ابر ابتدا هوای اطراف خود را با «یونیزه» کردن

مستعد عبور جریان برق کرده، سپس انرژی خود را از میان هوای یونیزه شده عبور داده و در زمین تخلیه

می‌کند. صاعقه ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که آنها را در هیچ رخداد طبیعی دیگری نمی‌توان یافت. ویژگی‌هایی که عمدتاً از الکتریسیته خاص صاعقه نشأت می‌گیرند، عبارتند از: ولتاژ صاعقه، جریان صاعقه، قدرت صاعقه، سرعت صاعقه و دفعات تکرار صاعقه.

ولتاژ صاعقه: ولتاژ صاعقه معمولاً بین 10 تا 20 میلیون ولت در نوسان است و بعضاً تا 100.000.000 ولت هم افزایش پیدا می‌کند. بزرگی این رقم را وقتی بهتر درک می‌کنید که آن را با برق شهر (220 ولت) مقایسه کنید. به عبارت دیگر ولتاژ صاعقه آنقدر زیاد است که می‌تواند بر مقاومت بسیار زیاد هوا در برابر عبور جریان برق، غلبه کرده و از آن بگذرد.

جریان صاعقه: این جریان در حدود 10.000 آمپر شدت دارد. اما این مقدار همیشگی نیست و گاه تا 200 هزار آمپر هم می‌رسد (کنتور منزل شما حداکثر 25 آمپر را از خود عبور می‌دهد).

قدرت صاعقه: با توجه به مطالب بالا می‌توان نتیجه گرفت که صاعقه به طور معمول حدود 100 میلیارد وات انرژی تولید می‌کند و می‌تواند این مقدار را تا 16000 میلیارد وات نیز بالا ببرد. نیرویی که در هیچ کجای دیگر یافت نمی‌شود.

سرعت صاعقه: صاعقه با تمام نیروی عظیمش تنها در یک لحظه خود را از ابرهای آسمانی به زمین می‌رساند. مشاهدات و محاسبات دقیق سازمان فضایی آمریکا (ناسا) نشان می‌دهد که تخلیه الکتریکی ابرها معمولاً در مدت زمانی کمتر از چند صدم تا چند هزارم ثانیه رخ می‌دهند. صاعقه گاه می‌تواند تا 40 هزار کیلومتر در ثانیه سرعت بگیرد، یعنی می‌تواند در یک ثانیه 20 بار مسیر رفت و برگشت تهران - مشهد را طی کند.

دفعات تکرار صاعقه: وقتی در منطقه‌ای صاعقه ای روی می‌دهد، این احتمال هست که صاعقه چندین بار دیگر نیز به آن حوالی برخورد کند اما نمی‌توان تعداد دقیق آن را تعیین کرد. با این وجود می‌توان گفت در مناطق کوهپایه‌ای مرتفع، احتمال برخورد پی در پی صاعقه بیش از دیگر مناطق است. همچنین برخی از نقاط کره زمین صاعقه خیزتر از جاهای دیگر هستند؛ امروزه ماهواره‌های هواشناسی با عکس

برداری‌های دقیق و مداوم از تمام کره زمین دفعات بروز صاعقه را در نواحی مختلف شمارش می‌کنند. این شمارش نشان می‌دهد که مناطق قطبی با میانگین 3 بار صاعقه در ساعت، کمترین و رشته کوه آلپ با 1000 صاعقه در ساعت، بیشترین آمار بروز صاعقه را دارد. مناطق هیمالیایی هم از جمله سرزمین‌های صاعقه خیز جهان محسوب می‌شوند. همچنین کوه‌های البرز در ایران و کوه‌های هندوکش در افغانستان نیز از مناطق پر صاعقه جهان هستند.

از دیگر خصوصیات صاعقه، زاینده بودن آن است؛ به این معنی که صاعقه می‌تواند نور، صدا، حرارت، موج، گاز، برق زمینی (ولتاژ گام)، خلاء و ... تولید کند که همه اینها تاثیرات چشم گیری بر محیط اطراف خود دارند.

حرارت صاعقه: عبور جریان برق از هر جسمی حرارت تولید می‌کند، حال هرچه مقدار جریان برق و مقاومت آن جسم در برابر عبور جریان برق بیشتر باشد، حرارت تولید شده هم بیشتر است. صاعقه نیز هنگام شکافتن هوا و پس از آن، هنگام برخورد با زمین حرارت تولید می‌کند که با توجه به جریان هزاران آمپری صاعقه، مقدار این گرما بسیار زیاد است؛ صاعقه در زمان برخورد با زمین 200.000 درجه سانتی گراد گرما تولید می‌کند. این مقدار حرارت می‌تواند یک آجر نسوز را ذوب کند. البته این رقم همیشه یکسان نیست و با توجه به جنس خاک، میزان رطوبت آن و سایر عواملی که مقاومت زمین را در برابر جریان برق، کم یا زیاد می‌کند، متفاوت است. زمین در برابر جریان عادی برق بسیار مقاوم و کاملاً عایق (نارسانا) است و تنها جریان‌های فوق العاده زیادی مانند صاعقه می‌توانند از زمین عبور کنند. حرارت حاصل از صاعقه می‌تواند انسانی را در یک لحظه به ذغال تبدیل کند یا مشتی از خاک را با ذوب کردن به سنگ تبدیل کند و یا درخت تنومندی را به آتش بکشد.

نور صاعقه: صاعقه یک قوس الکتریکی یا به عبارت دیگر یک جرقه بسیار بزرگ است و با شکافتن مولکولهای هوا نور تولید می‌کند. نوری که صاعقه تولید می‌کند از فاصله 100 کیلومتری قابل رؤیت است.

این نور می‌تواند تا شعاع چند کیلومتری اطراف خود را روشن کرده و کسانی را که از نزدیک آن را ببینند به طور موقت یا دائم کور کند. اگر چه در آذرخش نور تولید شده اولیه سفید است ولی ما آنرا به رنگهای مختلف می‌بینیم چرا که برق در حین عبور از هوا تغییر کرده و به رنگهای مختلفی در می‌آید. طیفی از رنگهای قرمز، زرد، سبز، آبی، صورتی، بنفش و نارنجی حاصل عبور برق آسمان در شرایط جوی متفاوت است که با توجه به وجود بخار آب، ذرات گرد و خاک، آلودگی، باران و تگرگ به رنگهای متفاوتی دیده می‌شود. جالب است بدانید هیچ دو آذرخشی رنگ مشابه ندارند و حتی شاخه‌های مختلف آن نیز رنگ متفاوتی دارند. اگر دقت کرده باشید وقتی در هوای گرم آذرخش زده می‌شود رنگ آن بیشتر آبی یا سفید است و هر چه هوای اطراف آن سردتر باشد بیشتر به رنگهای نارنجی و قرمز دیده می‌شود. همچنین آذرخش در حین عبور هوای اطراف خود را گرم می‌کند و با توجه به نوع گاز رنگهای مختلفی تولید می‌شود.

صدای صاعقه: صدا از پیامدهای همیشگی صاعقه است. این صدا بر اثر شکافته شدن هوا ایجاد می‌شود و در حقیقت صدای انفجار ناشی از برخورد صاعقه است. صدای صاعقه همیشه چند ثانیه پس از دیده شدن برق آن به گوش می‌رسد؛ علت این مساله بیشتر بودن سرعت نور به نسبت سرعت صوت است. یعنی هر چند صدا و نور صاعقه همزمان تولید می‌شوند اما ما اول نور صاعقه (برق) را می‌بینیم بعد صدای آن (رعد) را می‌شنویم. سرعت نور 360 هزار کیلومتر در ثانیه و سرعت صوت 330 متر در ثانیه است.

برای تخمین فاصله صاعقه می‌توان از روش زیر استفاده نمود: چنانچه زمان بین دیدن نور تا شنیدن صدای صاعقه بر حسب ثانیه را بر عدد 3 تقسیم شود، عدد حاصل فاصله محل صاعقه تا شخص بیننده برق بر حسب کیلومتر می‌باشد.

موج ناشی از صاعقه: همانطور که گفته شد صاعقه را می توان نوعی انفجار نیز محسوب کرد، خصوصاً وقتی به زمین برخورد می کند. بنابراین صاعقه موج انفجار تولید می کند، موجی که گاه می تواند انسانی را به هوا پرتاب کند.

گاز ناشی از صاعقه: شاید یکی از عجیب ترین پیامدهای صاعقه، تولید گاز باشد و بیشتر تعجب می کنید وقتی که بدانید این گاز ازون است. همان گازی که با قرار گرفتن در لایه های بالایی جو، سدی در برابر تشعشعات زیانبار کیهانی ایجاد می کند. ازون در حقیقت همان اکسیژن است ولی به جای 2 اتم، دارای 3 اتم اکسیژن است مولکول اکسیژن به علت مشکلات پیوندی نمی تواند به راحتی به صورت 3 اتمی در آید و به همین دلیل مقدار گاز ازون در طبیعت بسیار محدود است اما صاعقه این کار را به زور و اجبار انجام می دهد و اتم های اکسیژن را سه به سه به هم پیوند می زند و ازون تولید می کند. ازون بر خلاف اکسیژن یک گاز سمی است و تنفس آن می تواند خطرناک باشد.

فاصله از منبع تشکیل یک صاعقه: سرعت نور 300000 کیلومتر بر ثانیه است، در حالیکه سرعت صوت فقط یک سوم کیلومتر در ثانیه می باشد. این اختلاف سرعت روش ساده ای را جهت تعیین فاصله صاعقه از شخص، فراهم می آورد. هر 3 ثانیه فاصله بین درخشش برق و صدای رعد، برابر 1 کیلومتر فاصله، از محل توفان رعد و برق است. شخص باید از زمان دیدن برق صاعقه، شروع به شمردن ثانیه ها کند. تا زمان شنیدن صدای رعد، هر 3 ثانیه برابر با مسافت یک کیلومتر است. اگر این فاصله تا 30 ثانیه طول کشید، به این معنا است که فاصله شخص از صاعقه، 10 کیلومتر می باشد. البته شخص مورد نظر در خطر حمله صاعقه قرار دارد و باید هر چه سریعتر به دنبال پناهگاه بگردد. باید توجه شود که صدای رعد در هوای آرام بهتر به گوش می رسد. رطوبت زیاد هوا، اغتشاشات و حرکات عمودی ابر مانع به وضوح شنیدن صدای رعد می شوند.

باید همواره بخاطر داشت که صاعقه معمولاً کوتاهترین مسیر را به سوی زمین جستجو کرده و مرتفع ترین هدف را برای اصابت و تکمیل مدار الکتریکی بین ابر و زمین انتخاب می‌کند به طوری که نوک ساختمان‌های مرتفع و یا تک درخت‌های بلند در محیط‌های باز، را بیشتر مورد حمله قرار می‌گیرند.

قانون 30-30: راه خوب برای در امان ماندن از رعد و برق قانون 30-30 است. بر اساس این قانون اگر فاصله بین دیدن و شنیدن رعد کمتر از 30 ثانیه باشد، شما در خطرید و باید به داخل خانه یا مکان سرپوشیده بروید.

§ برق زمینی (ولتاژ گام)

برق زمینی یا «ولتاژ گام» یکی دیگر از عواقب خطرناک صاعقه است؛ برق زمینی، جریانی است که پس از وقوع صاعقه، برای لحظاتی در زمین باقی می‌ماند تا جذب زمین شده یا تبدیل به گرما شود. ولتاژ گام در زمین حرکت می‌کند اما مسیر حرکت مشخصی ندارد. معمولاً قسمت عمده برق زمینی در اعماق فرو می‌رود اما اگر سطح زمین مرطوب، دارای بستر سنگی یا پوشید از خاک مناسب یا علفزار باشد، ترجیح می‌دهد که روی سطح زمین و در جهات مختلف، حرکت کند، این پدیده را ولتاژ گام می‌نامند زیرا با وارد کردن برق از راه گامهای شخص (پاهای او) باعث برق گرفتگی او می‌شود. ولتاژ گام تا شعاع چندین متر در اطراف محل اصابت صاعقه پراکنده شده و اشخاصی که در مسیر حرکت او قرار گرفته باشند را دچار برق گرفتگی می‌کند. اینکه ولتاژ گام دقیقاً چقدر برد دارد قابل محاسبه نیست و به میزان رسانایی خاک آن محل بستگی دارد ولی به ندرت دیده شده برق زمینی بیشتر از 100 متر در سطح زمین پیش برود.

مکانیسم و نحوه تولید رعد و برق: دو مکانیسم کلی برای تولید ابرهای تولید کننده صاعقه وجود دارد:

- انتقال هوا¹: هوا در سطح زمین در اثر تابش خورشید گرم شده و در دامنه کوه صعود کرده، به تدریج سرد شده و ابر توفان را تولید می‌شود. معمولاً در بعدازظهر بهار و تابستان دیده شده ناحیه کوچکی را پوشانده و ظرف چند ساعت از بین می‌رود و هوا آرام می‌شود.
- تصادم توده‌های هوا² توده‌های عظیم هوا با هم برخورد کرده و ابرهای توفان را تولید می‌کنند. روز و شب ندارد و منطقه وسیعی را می‌پوشاند و سبب تغییرات عمده آب و هوا می‌شود.
- هنگامی که ابرهای توفان را تشکیل شد به خاطر حرکت ابر و اصطکاک و همچنین حرکت مداوم قطرات آب و کریستال‌های یخ، در داخل ابر بار الکتریکی تولید می‌شود. بار مثبت در بالای ابر و بار منفی در پایین ابر قرار می‌گیرد. زمین مجاور هم بار مثبت می‌گیرد. در این وضعیت شرایط برای تخلیه الکتریکی فراهم است.

5-6-1. تشکیل رعد و برق

این پدیده یک تخلیه الکتریکی شدید و بسیار سریع در هواست و همین تخلیه الکتریکی است که نور و صدا تولید می‌کند؛ یک جریان الکتریسته از ابر به پایین و به سمت زمین جریان پیدا کرده یا از یک بخش ابر به بخش دیگر یا از یک ابر به ابر دیگر جریان می‌یابد، که این بار معمولاً مثبت و روی سطح زمین بار منفی القا می‌کند و به این ترتیب مجموعه ابر، هوا و زمین به یک خازن بسیار بزرگ تبدیل می‌شود که لحظه به لحظه بار آن بیشتر می‌شود و بنابراین اختلاف پتانسیل دو قطب آن افزایش پیدا می‌کند، که میدان الکتریکی حاصل از چنین اختلاف پتانسیلی می‌تواند هوا را، با اینکه در حالت عادی نارسااست، در یک مسیر خاص یونیزه کرده، آن را به رسانا تبدیل کند.

با استفاده از اصول اولیه الکترومغناطیس می‌توان تخمین زد که جریان ناشی از برق در ولتاژ 10 میلیون ولت، می‌تواند گرمایی در حدود 10 میلیون ژول ایجاد کند؛ این گرما باعث می‌شود دمای هوا در مسیر آذرخش به

¹ - Orographic

² - Colliding Air Mass

30 هزار درجه سانتی‌گراد برسد، که این تغییر ناگهانی دما (از حدود 300 کلوین به 300 هزار کلوین) حجم هوا را 100 برابر می‌کند و این یعنی یک انفجار واقعی انبساط سریع و شدید هوا، که یک موج ضربتی¹ در هوای اطراف ایجاد می‌کند و امواجی را با فشار بین 10 تا 30 اتمسفر به وجود می‌آورد، که با سرعت صوت و به شکل تندر یا رعد به گوش ما می‌رسد، اما گرمای ایجاد شده غیر از انبساط بلاهای دیگری هم سر مولکول‌های هوا می‌آورد، جریان شدیدی که از هوا می‌گذرد، آن را گرم می‌کند و به تابش و می‌دارد و تابشی است که یک مسیر نورانی بین ابر و زمین ایجاد می‌کند.



شکل 5-7. وقوع رعد و برق و صاعقه‌های پی در پی

5-6-2. توفان رعد و برق²

توفان رعد و برق یکی از پدیده‌های الکتریکی جو بوده و توسط ابرهای کومولونیمبوس (کومه ای باران زا) تولید شده و همیشه با رعد و برق همراه است. این توفان دوره کوتاهی داشته و عموماً با تند بادهای لحظه ای

¹. shock wave

². Thunder Storm

(بادهای گاستی) بارندگی‌های سنگین و در بعضی اوقات با تگرگ همراه است. در صورت بارش شدید و تندر حتماً شاهد رعد و برق خواهیم بود. اثر خطرناک رعد و برق زمانی است که غرش رعد هنوز وجود ندارد و زمانی که غرش رعد شنیده شد، اثر صاعقه به پایان رسیده است. با اینکه اکثر مجروحین بواسطه برخورد صاعقه کشته نمی‌شوند، لیکن اغلب در دراز مدت علائم ضعف و ناتوانی از خود نشان می‌دهند. در پی تندر، خطرات دیگری از جمله توفان، بادهای سهمگین، تگرگ و بروز سیل‌های ناگهانی، هم احتمال وقوع دارد. تندرهای خشک که باران به همراه ندارد نیز بسیار شایع است. در تندرهای بارانی، باران حاصل از آن بخار می‌شود، اما رعد و برق می‌تواند به زمین رسیده باعث بروز آتش‌سوزی‌های سهمگین شود.

§ تشکیل رعد و برق در ابرهای کومولونیمبوس

رعد و برق نتیجه فعالیت الکتریکی در یک ابر کومولونیمبوس می‌باشد.

کومولونیمبوس نامی است برای یک ابر بلند، تاریک و توفانی همراه با رعد و برق و تگرگ و باران که از ترکیب کلمات لاتین کومولوس به معنی توده و نیمبوس به معنی توفان همراه با باران به وجود آمده‌است. در اثر تابش خورشید، توده هوا به دلیل حرارت، گرم و سبک شده و از میان هوای سرد مجاور بالا می‌رود و این مسئله شرط لازم برای توسعه ابرهای کومولونیمبوس، تا ارتفاع 12 الی 20 کیلومتری از طریق اشباع مقادیر زیاد بخار آب موجود در توده هوا می‌شود. در واقع سه شرط اصلی تشکیل ابرهای کومولونیمبوس و در نتیجه توفانهای رعد و برق ناپایداری، رطوبت و عوامل صعود توده هوا می‌باشد.

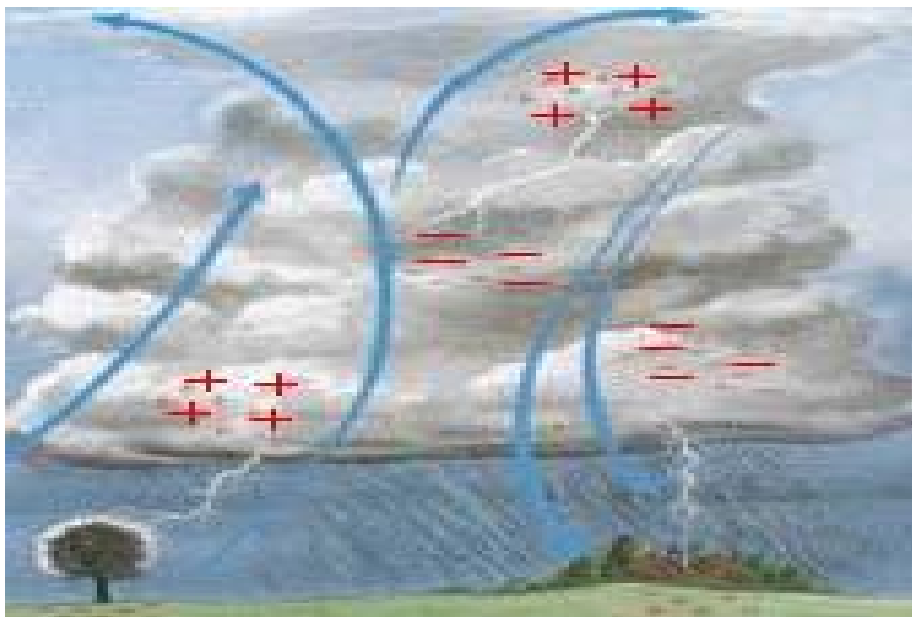
هر قدر ناپایداری هوا شدید تر باشد، حرکت قائم هوا در داخل و در زیر ابر سریعتر است. منظور از ناپایداری آن است که توده هوای بالا رونده در هر ارتفاعی، از هوای اطراف خود گرم و سبکتر باشد که در این صورت همچنان به صعود خود ادامه خواهد داد. از طرفی هر چه رطوبت موجود بیشتر باشد ارتفاعی که در آن ابر تشکیل می‌شود کمتر است. به محض آنکه ابر تشکیل شد، با سرعتی که باز هم به درجه ناپایداری جو بستگی دارد حرکت کرده، ارتفاع سطح تحتانی ابر ثابت می ماند در حالی که قله آن آنقدر بالا می‌رود که

به تروپوپاوز می‌رسد. درحقیقت ابرهای کومولونیمبوس به علت پایداری، اصطکاک و سایر عوامل ناشناخته ای که آن‌ها به دلایلی مانند: غیر قابل دسترس بودن، آشفتگی شدید میدانهای الکتریکی قوی و زمان بسیار کوتاه، دقیقاً مشخص نشده‌است، تشکیل می‌گردد.

آزمایشات نشان داده است که در حین یخ زدن قطره آب، یونهای مثبت در مناطق سردتر و یونهای منفی در مناطق گرمتر آن تجمع می‌یابند. در نهایت ابر کومولونیمبوس ضمن تشکیل شامل، دو لایه جدا از هم بارهای الکتریکی می‌شود. قسمت بالای ابر، بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند و قسمت پائین ابر به طور سراسری دارای بار الکتریکی منفی (به همراه بسته‌های کوچک بار مثبت) می‌شود. بار الکتریکی مثبت بالای ابر، یک هوای منفی به هوای اطراف ابر القاء می‌کند. همچنین تجمع بار الکتریکی منفی در قسمت زیرین ابر، باعث القاء بار مثبت در زمین می‌شود. در حالی که در مواقع عادی معمولاً زمین نسبت به هوا، دارای بار الکتریکی منفی و با اختلاف پتانسیل حدود 100 ولت در متر است. بار مثبتی که در زمین القاء می‌شود، همزمان حرکت ابر را تعقیب می‌کند. این یونهای مثبت از اجسام مرتفع بالا رفته و سعی در برقراری یک جریان الکتریکی دارند. وقتی اختلاف پتانسیل بین این مناطق به حدی برسد که بر عایق بودن هوا غلبه کند (حدود 10 میلیون ولت در کیلومتر)، «تخلیه الکتریکی» یا «واباری آذرخشی» صورت می‌گیرد. در واقع هدف صاعقه، یکنواخت کردن این اختلاف پتانسیل‌ها توسط تولید یک جریان منفی از یک منطقه با بار منفی، به سوی یک منطقه با بار مثبت یا برعکس می‌باشد.

هر صاعقه که ما آن را در عرض چند دهم ثانیه مشاهده می‌کنیم، در واقع از چند ضربه یا حمله خیلی سریع تشکیل شده‌است. هر صاعقه با یک ضربه اولیه یا پیشرو شروع می‌شود. این ضربه، هوای مسیر خود را که از ابر به سوی زمین می‌باشد، یونیزه کرده و کانالی تشکیل می‌دهد که الکترونهای متحرک پایه ابر به درون آن می‌ریزند تا کم کم مسیر خود را به سمت زمین دنبال کنند. این ضربه «صاعقه نامرئی» می‌باشد و با نزدیک شدن به زمین منشعب و شاخه شاخه می‌شود. اولین انشعاب پیشرو که به زمین می‌رسد و توسط بارهای مثبت

زمین جذب می‌شود، مدار الکتریکی بین ابر و زمین را کامل می‌کند و سپس ضربه برگشتی در همان کانال به سمت پایه ابر برمی‌گردد. این ضربه در واقع همان برق درخشانی است که توسط چشمان بیننده قابل مشاهده است. هر صاعقه از چندین حمله رفت و برگشتی جداگانه تشکیل شده است. اجزاء تشکیل دهنده صاعقه دارای دو مولفه «برق» و «رعد» می‌باشد. جریانات الکتریکی رها شده از تخلیه الکتریکی در مسیر حرکت خود با سرعت 140000 km/s ، ستون هوایی به قطر چند سانتی متر را تقریباً تا 30000 درجه سانتی گراد گرم می‌کنند. این گرمای شدید به همراه تحریک اتم‌های مسیر و یونیزه شدن آنها، درخشندگی قابل ملاحظه ای را به نام «برق» ایجاد می‌کند. انبساط سریع و مهیب هوایی بدین طریق بسیار گرم می‌شود و بلافاصله انقباض پر قدرت آن، باعث ایجاد صدای وحشتناکی به نام «رعد» می‌شود. این صدا در اثر انعکاس از ابرهای مجاور تشکیل شده و چندین بار طنین انداز می‌شود.



شکل 5-8. مکانیزم تشکیل رعد و برق در ابرهای کومولونیمبوس

بر اساس مطالعات به عمل آمده توسط متخصصین تعداد رعد و برق در هر لحظه در سراسر دنیا بین 1500 تا 2000 بار می‌باشد. به عبارت دیگر حدود 6000 جرقه الکتریکی در هر دقیقه در دنیا زده می‌شود. شدت جریان الکتریکی در رعد و برق ممکن است بین 10000 تا 40000 آمپر باشد. تخلیه بار الکتریکی می‌تواند

قلب انسان را از کار بیاندازد، شش‌ها را پاره کند و سبب سوختگی‌های جدی در بدن شود. هوایی که نور برق از میان آن می‌گذرد به شدت گرم می‌شود.

اغلب فلزاتی که به عنوان وسایل زینتی به کار می‌روند مانند گردنبند و دست بند نیز می‌تواند هنگام رعد و برق خطرناک باشند. در موقعی که رعد و برق شدید رخ می‌دهد بهترین کار برای حفظ سلامتی این است که هر نوع وسیله فلزی که در دست دارید را فوراً رها کنید و از ریسک کردن پرهیزید. این پدیده یک تخلیه الکتریکی شدید و بسیار سریع در هواست و همین تخلیه الکتریکی است که نور و صدا تولید می‌کند.

5-6-3. انواع رعد و برق

بر حسب موقعیت مناطقی با بار الکتریکی مخالف در هر تخلیه الکتریکی انواع صاعقه وجود دارد که عبارتند از:

§ رعد و برق درون ابری:

عمومی ترین نوع رعد و برق است. این برق بین مراکز بارهای منفی و بارهای مثبت و در داخل توفان‌های همراه با رعد و برق سفر می‌کند. در این حالت نور صاعقه به صورت یک روشنایی عمومی در سراسر پایه ابر مشاهده می‌شود.

§ رعد و برق ابر به زمین:

به تخلیه الکتریکی بین پایه ابر با بار الکتریکی منفی به زمین، «صاعقه ابر به زمین» یا «صاعقه چنگالی»¹ گویند که شبیه ریشه درختان می‌باشد. معمولاً هنگامی که به واسطه برخی از عوامل مانند باد شدید، بخش فوقانی ابر آذرخشی که دارای بار الکتریکی مثبت بود از بین رفته، تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین ایجاد می‌شود، بنابراین صاعقه‌های مناطق معتدله و سردسیر خطرناک تر می‌باشند.

¹ . Fork Lightning



شکل 5-9. رعد و برق ابر به زمین

§ رعد و برق ابر به ابر:

ایجاد صاعقه بین دو یا چند ابر با بار الکتریکی مخالف را «صاعقه ابر به ابر» می نامند که به نام «صاعقه پهن» یا «صاعقه داغ»¹ نیز معروف می باشد که بیشتر هواپیماها را مورد اصابت قرار می دهد. این نوع رعد و برق بسیار کم اتفاق می افتد.



شکل 5-10. رعد و برق ابر به ابر

¹ . Sheet or Heat Lightning

§ رعد و برق ورقه‌ای:

این برق در داخل یک ابر به وجود می‌آید و مثل یک ورقه نور می‌دهد.

§ رعد و برق نواری:

این برق موقعی به وجود می‌آید که از پهلوی به یک آذرخش ابر به زمین باد می‌وزد و آنها به صورت دو آذرخش همانند کنار هم ظاهر می‌شوند.

§ رعد و برق دانه تسبیحی:

رعد و برق زنجیره‌ای هم نامیده می‌شود. این موقعی است که آذرخش به صورت قطعه قطعه ظاهر می‌شود و این به خاطر روشنایی متفاوت یا به خاطر بخش‌هایی از آذرخش است که بوسیله ابرها پوشانده می‌شوند.

§ رعد و برق توپی:

به ندرت دیده می‌شود. این نور به شکل و اندازه میوه گریفروت است و تنها چند ثانیه به طول می‌انجامد.



شکل 5-11. رعد و برق توپی

§ رعد و برق از آسمان آبی:

یک برق آذرخش از یک توفان رعد و برقی دور دست است که به نظر می رسد از آسمان آبی شفاف آمده، اما در واقع از سر یا گوشه یک توفان رعد و برقی که چند کیلومتر دورتر می باشد، آمده است.

§ رعد و برق های مثبت و منفی :

صاعقه هایی که از تجمع بار منفی در پایه ابر تندری تشکیل می شوند، «صاعقه های منفی» نام دارند. اما صاعقه هایی که از تجمع بار مثبت در قسمت فوقانی ابر سیروس سندانی، در مقابل بار منفی هوای اطراف تشکیل می شوند «صاعقه مثبت» نام دارد که بسیار خطرناک تر بوده و تا فاصله 10 مایلی که معمولاً مردم به آن فاصله اهمیتی نمی دهند، اصابت می کند. مدت این صاعقه طولانی بوده و به راحتی باعث شعله ور شدن آتش می شود، لذا اغلب موجب آتش سوزی جنگلها می گردد. لازم به ذکر است که از هر 30 صاعقه فقط یک صاعقه مثبت می باشد.

5-6-4. فواید رعد و برق

§ آبیاری

برقها معمولاً حرارت فوق العاده زیاد گاه در حدود 15 هزار درجه سانتیگراد تولید می کنند و این حرارت کافی است که مقدار زیادی از هوای اطراف را بسوزاند و در نتیجه فشار هوا فوراً کم شود و می دانیم در فشار کم، ابرها می بارند و به همین دلیل غالباً بعد از جهش برق رگبارهایی شروع می شود و دانه های درشت باران فرو می ریزند. از اینرو برق در واقع یکی از وظایفش آبیاری است.

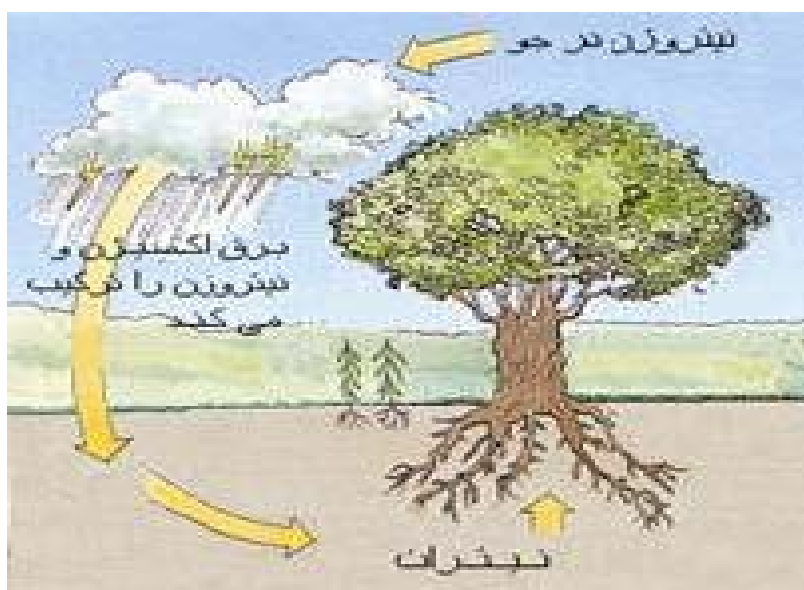
§ سمپاشی از طریق تولید ازون

پس از رعد و برق تنفس با آسودگی بیشتری صورت می گیرد. هوا پاکیزه و مملو از تازگی است. علت این است که رعد و برق، باعث تولید گاز ازون در جو می شود و همین گاز است که هوا را تازه تر می نماید. به محض انجام تخلیه الکتریکی (چه بین ابر و زمین یا بین دو ابر) مقداری از اکسیژن هوا متراکم و به ازون تبدیل می شود که غذای مطبوعی برای گیاهان و سم کشنده ای برای میکروبها و موجودات ذره بینی مهیا

می‌سازد. این ازون همچنین با مواد آلوده‌کننده هوا و گازهای بدبو ترکیب شده، آنها را از بین برده و هوا را پاک می‌کند و در واقع عمل سمپاشی انجام می‌دهد. هر سال که رعد و برق کم باشد آفات گیاهی بیشتر است.

§ تغذیه و کود رسانی

برق بخشی از نیتروژن جو را با هم ترکیب می‌دهد و به اکسید نیتروژن تبدیل می‌کند. اکسید نیتروژن بعداً با آب باران ترکیب می‌شود و اسید ضعیفی را تشکیل می‌دهد و بر زمین سقوط می‌کنند و به نیترات تبدیل می‌شود و نیترات نیز تغذیه‌ای برای گیاهان می‌شود. یکی از دانشمندان محاسبه کرده که هر سال حدود 100 میلیون تن نیترات از این طریق تولید می‌شود و رشد گیاهان را تسریع می‌کند.



شکل 5-12. تاثیر برق در تغذیه گیاهان

5-6-5. اقدامات قبل از وقوع رعد و برق

- 1- درختان و شاخه‌های پوسیده و خشکی را که در طول یک توفان احتمال سقوط دارند و ممکن است، باعث ایجاد خسارات مالی و جانی شوند را قطع نمایید.
- 2- بعد از دیدن رعد و برق تا شنیدن غرش آسمان حداکثر تا 30 می‌توانید بشمرید به داخل بروید تا 30 دقیقه بعد از شنیدن صدای آخرین غرش نیز داخل خانه بمانید.

- 3- از درب و پنجره و بخاری دیواری، شوفاژ و دیگر هادی‌های الکتریسیته دور شوید.
- 4- به منظور جلوگیری از خطر آتش سوزی ناشی از صاعقه نسبت به نصب برق گیر در ساختمانهای بلند اقدام کنید.
- 5- اشیاء بیرون خانه که ممکن است به اطراف پرتاب شده و باعث ایجاد صدمه شوند را در محل مناسب قرار دهید.
- 6- پشت‌دری‌ها و درهای بیرونی را چفت کنید، سایبان‌ها و پرده‌ها را بکشید.
- 7- برای کسب خبر از مقامات محلی از رادیو باتری استفاده کنید.
- 8- از قرار گرفتن در مجاورت برق‌گیرهای طبیعی مثل درختان بلند و تنها در فضای باز خودداری کنید.
- 9- از قرار گرفتن در ارتفاعات بالای تپه‌ها، روی مراتع، ساحل و روی یک قایق شناور خودداری کنید.
- 10- بیمه‌های آتش سوزی خسارات ناشی از صاعقه را تحت پوشش قرار می‌دهد با استفاده از اینگونه بیمه‌ها می‌توان تا حدی خسارات را جبران نمود.

5-6-6. اقدامات حین وقوع رعد و برق

- 1- فعالیت‌های بیرون خانه را متوقف کنید.
- 2- در زمان وقوع رعد و برق از منزل خارج نشوید.
- 3- در صورتی که در اتومبیل هستید، در محل مطمئن توقف کنید و موتور را خاموش نموده و آنتن ماشین را پائین بکشید.
- 4- داخل ساختمان و یا خودروی سقف‌دار بمانید.
- 5- بدنه فولادی یک خودروی سقف‌دار بشرطی که فلز آن را لمس نکنید از شما بخوبی محافظت می‌کند
- 6- از درختان، تپه‌ها، دیرکها، سیم برق هوایی، لوله‌های فلزی و آب دور شوید.

7- اگر در حال شناکردن هستید، فوراً از آب بیرون بیایید و یا اگر روی قایق سوارید، سریعاً به سمت ساحل برگردید.

8- هنگام صاعقه می‌توانید، به داخل ساختمان یا ایستگاه ترن زیرزمینی بروید.

9- دوش و حمام نگیرید چون ممکن است لوازم حمام باعث انتقال جریان الکتریسته شوند.

10- تنها در مواقع اضطراری آنهم در صورت امکان از یک تلفن بی‌سیم استفاده کنید.

11- دوشاخه تمام وسایل برقی مثل رایانه را از برق خارج کنید.

12- هواکش را خاموش کنید.

13- از قرارگرفتن در آلودگی یا ساختمان‌های تنها در فضای باز خودداری کنید.

14- از نزدیک شدن به وسایل فلزی مثل تراکتور، تجهیزات کشاورزی، موتورسیکلت و دوچرخه پرهیز نمایید.

15- در محوطه جنگل سرپناهی در کنار درختان کوتاه و تنومند بیایید و هرگز زیر درختان بلند نروید.

16- در فضای باز به حالت خمیده در دره‌های تنگ و عمیق پناه بگیرید.

17- مراقب سیل‌های ناگهانی باشید.

18- به یاد داشته باشید که چنانچه در هنگام رعد و برق موهایتان سیخ شد، نشانه نزدیکی برخورد جریان رعد

و برق است، به صورت چمباتمه روی زمین بنشینید.

19- دست‌ها را روی گوش‌ها و سر را بین زانوها قرار دهید.

20- تماس خود را با زمین به حداقل برسانید.

21- به هیچ وجه روی زمین دراز نکشید.

5-6-7. اقدامات بعد از وقوع رعد و برق

1- در صورت مواجهه با فرد مصدوم، فوراً وضعیت تنفس (در صورت قطع تنفس مصدوم، سریعاً تنفس

مصنوعی به او دهید) و نبض (در صورت عدم لمس نبض کاروتید در مصدوم، احیای قلبی - ریوی را

انجام دهید) را کنترل نمایید.

2- محل ورود و خروج جریان الکتریسته را برای یافتن علائم سوختگی بررسی و پانسمان کنید.

3- مراقب آسیب‌های وارده به سامانه عصبی، شکستگی استخوان‌ها و از دست دادن بینایی و شنوایی در

مصدوم را بررسی نمایید.

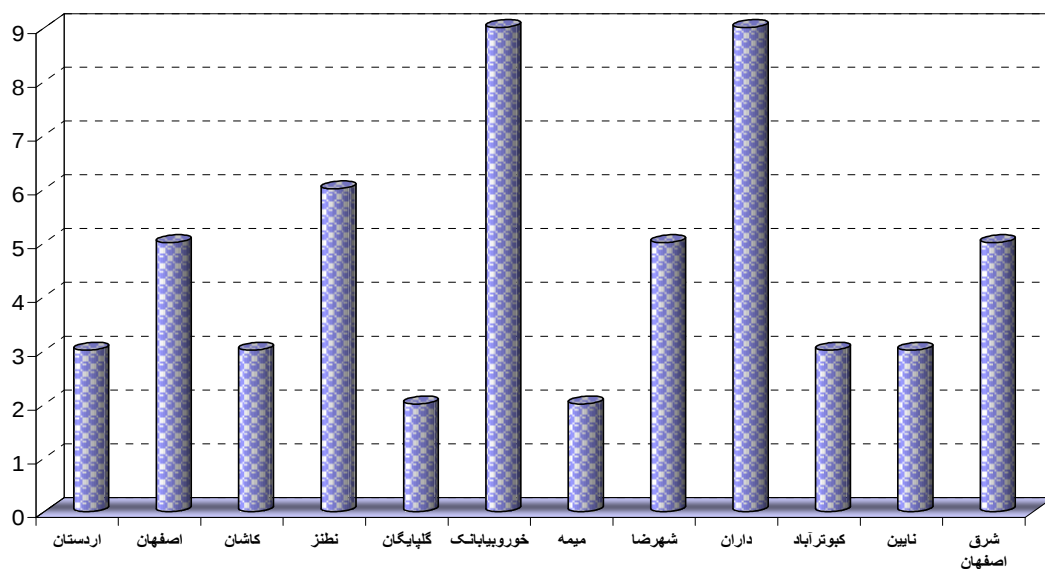
5-6-8. رعد و برق در استان اصفهان

بر اساس بررسی‌های آماری بلندمدت، میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با پدیده رعد و برق در شهر

اصفهان 5 روز، اردستان 3، کاشان 3، شهرضا 5، داران 9، خورویبابانک 9، شرق اصفهان 5، میمه 2، گلپایگان

2، ناین 2، نطنز 6 و منطقه کبوترآباد 3 روز در طول سال می‌باشد. بیشترین فراوانی وقوع رعد و برق در شهر

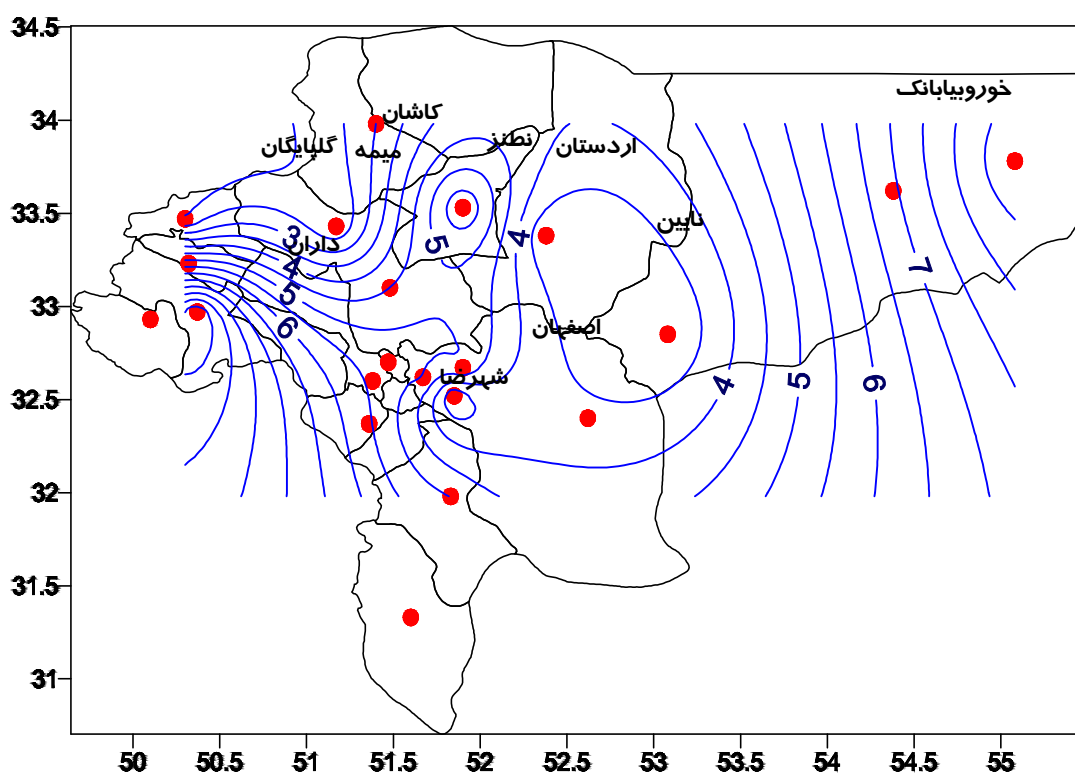
داران و خور و بیابانک و کمترین فراوانی وقوع در میمه روی داده است.



شکل 5-13. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با رعد و برق در استان اصفهان

جدول ۵-۲. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این پژوهش

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع بر حسب متر	سال آماری
اصفهان	51° 40'	32° 37'	1550/4	1951-2007
شرق اصفهان (فرودگاه شهید بهشتی)	51° 52'	32° 40'	1543	1976-2007
کیو ترآباد	51° 51'	32° 31'	1545	1987-2007
اردستان	52° 23'	33° 23'	1252/4	1992-2007
کاشان	51° 27'	33° 59'	982/3	1966-2007
نطنز	51° 54'	33° 32'	1684/9	1992-2007
گلپایگان	50° 17'	33° 28'	1870	1992-2007
خوروبیابانک	55° 5'	33° 47'	845	1986-2007
میमे	51° 10'	33° 26'	1980	1999-2007
شهرضا	51° 50'	31° 59'	1845/2	1993-2007
داران	50° 22'	32° 58'	2290	1989-2007
نابین	53° 05'	32° 51'	1549	1992-2007



شکل ۵-۱۴. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه بارند و برق در استان اصفهان

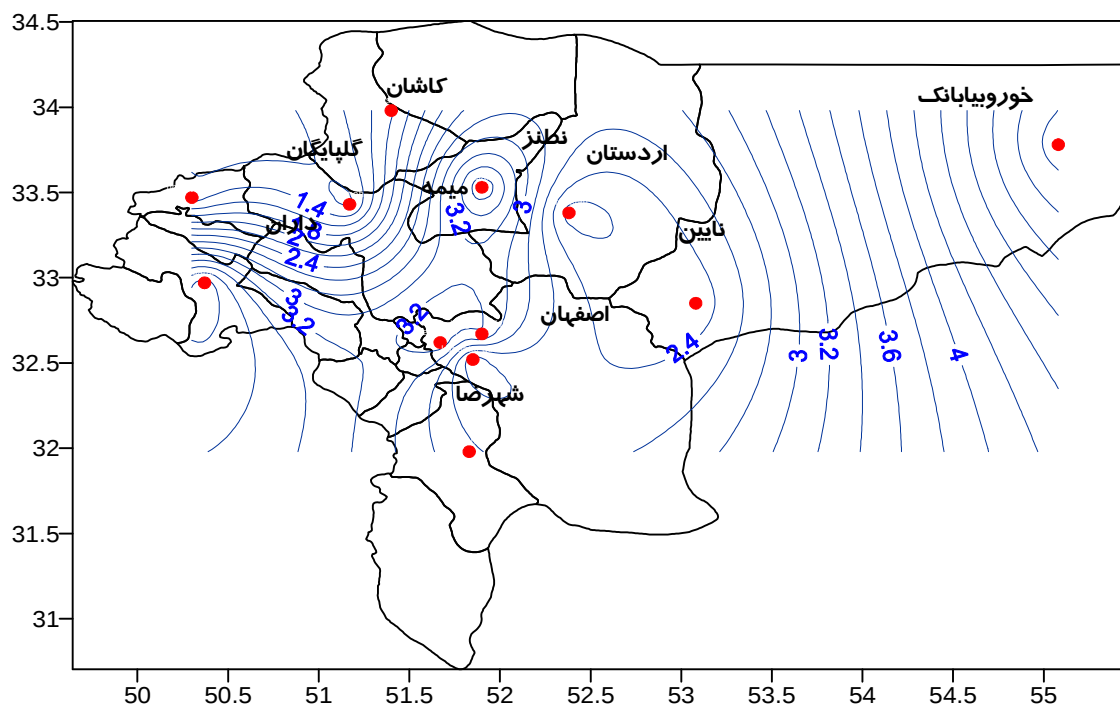
جدول 3-5 نشان می‌دهد که بالاترین فراوانی وقوع رعد و برق در استان اصفهان در بهار بخصوص ماه‌های

اردیبهشت و فروردین روی می‌دهد که به ترتیب خور و بیابانک و نطنز بالاترین فراوانی را در این دو ماه دارا

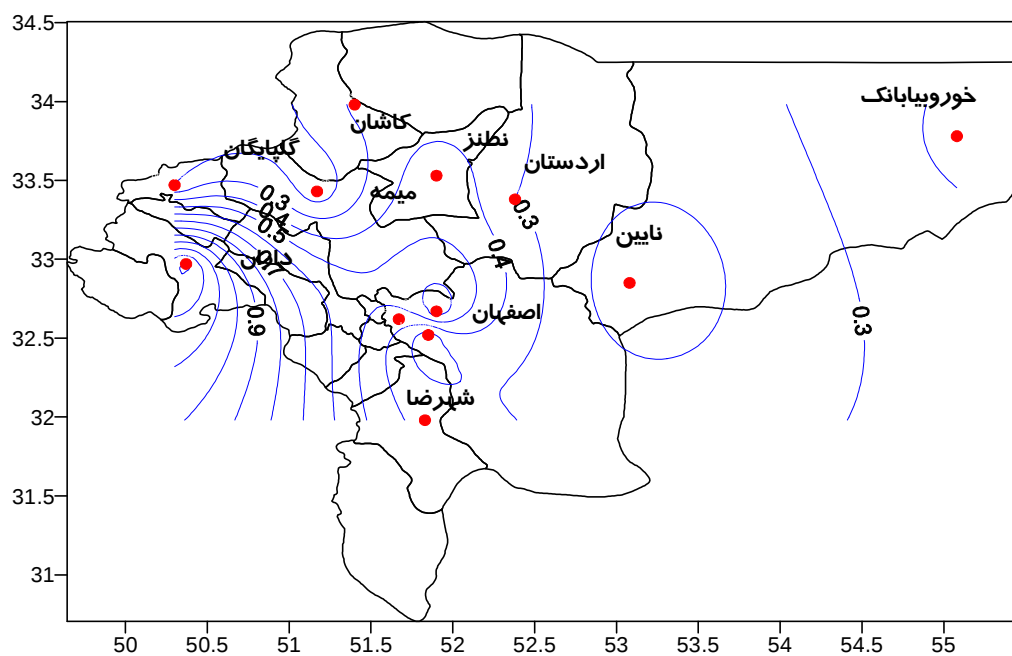
بوده‌اند.

جدول 3-5. توزیع فراوانی وقوع روزهای همراه با رعد و برق در ماه‌های مختلف سال در هر شهرستان

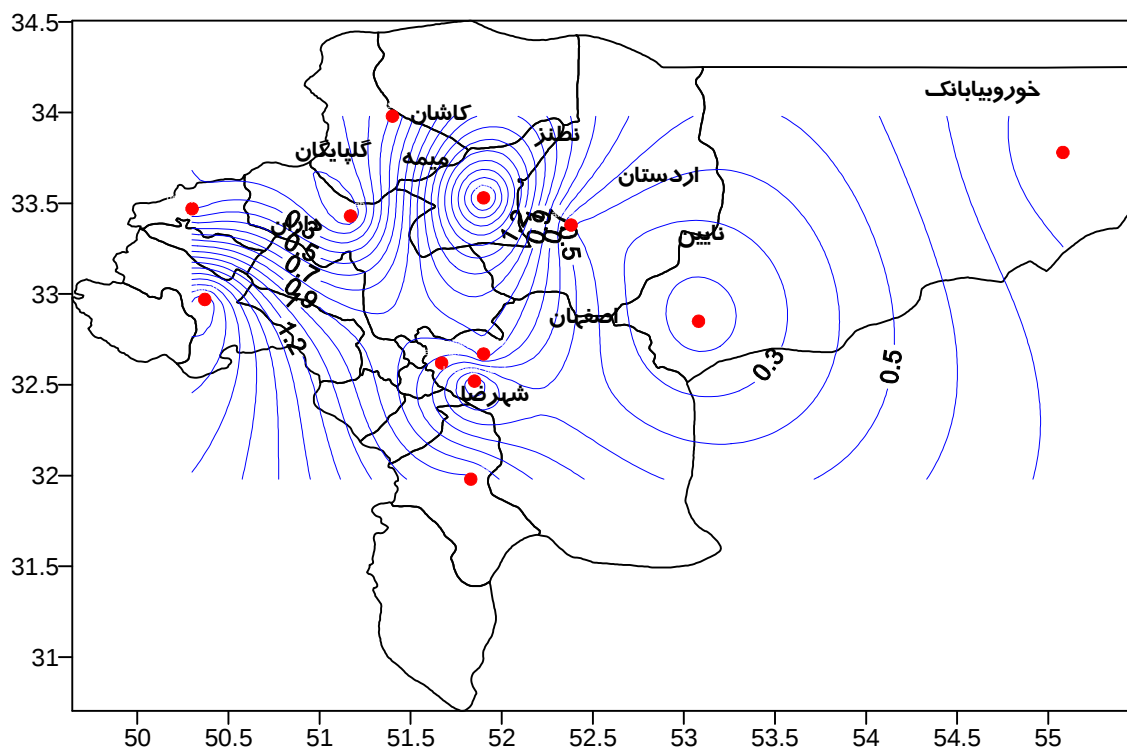
ماه ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
اصفهان	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
شرق اصفهان	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
کیوترباد	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
اردستان	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
کاشان	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
شهرضا	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
داران	1	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1
خوروبیابانک	2	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
میمه	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
گلپایگان	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ناین	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
نطنز	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1



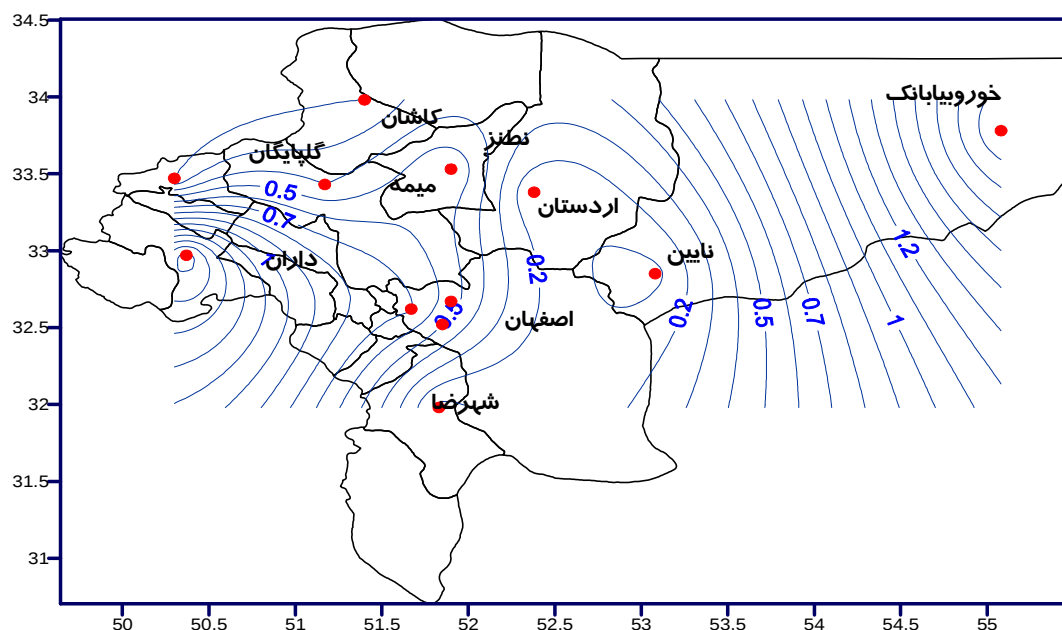
شکل 5-15. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با رعد و برق در فصل تابستان در استان اصفهان



شکل 5-16. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه بارعد و برق در فصل پاییز در استان اصفهان



شکل 5-17. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه بارعد و برق در فصل زمستان در استان اصفهان



شکل 5-18. نقشه میانگین سالانه تعداد روزهای همراه بارعد و برق در کل سال در استان اصفهان

5-6-9. رعد و برق اسرارآمیز

رعد و برق اسرارآمیز کاتاتومبو که با گویش محلی آن را «لامپاگو دل کاتاتومبو» می نامند یک پدیده منحصر به فرد در دنیاست. در این منطقه 140 تا 160 شب سال و هر شب به مدت 10 ساعت و هر ساعت به تعداد حداقل 280 بار رعد و برق می زند. این رعد و برقها بر فراز مرداب روی می دهند و بزرگ ترین ژنراتور دنیا با بیشترین فرکانس محسوب می شوند ولی موجب یک میلیون و صد و هفتاد و شش هزار قطعی برق تا شعاع 400 کیلومتری منطقه می شوند. این رعد و برقها از دیرباز یکی از علائم سودمند برای جهت یابی کشتی ها بوده اند. برخورد بادهایی که از سوی رشته کوه «آند» به این منطقه می رسند سبب پیدایش توفان های نسبتاً همیشگی می شوند و رعد و برقها حاصل تخلیه الکتریکی گازهای یونیزه شده بویژه «متان» که در نتیجه تجزیه مواد آلی موجود در مرداب به وجود می آید هستند. این گازها که از هوا سبک تر هستند بالا می روند و با ابرها برخورد می کنند و سبب پیدایش رعد و برق و شدت یافتن توفان می شوند. برخی محیط شناسان ونزوئلا درصدد هستند این منطقه را تحت حمایت یونسکو قرار دهند زیرا این پدیده ویژه بزرگ ترین منبع از نوع خود برای بازسازی لایه اوزون سیاره زمین است.

آتش سنتِ اِلْمو^۱: این پدیده هنگامی به وقوع می‌پیوندد که پتانسیل الکتریکی در اجسام مرتفع و بخصوص فلزات، ایجاد نوعی هاله کند. به عنوان مثال تمرکز این الکتریسیته ساکن در روی کشتی‌ها باعث جهیدن برق از تمام قسمتهای نوک تیز کشتی مانند دکل‌ها می‌گردد، به طوریکه در شب در این قسمتها، نور آبی یا صورتی رنگی که به نام «آتش سنتِ اِلْمو» معروف است دیده می‌شود. این پدیده مانند رعد و برق یکی دیگر از رفتارهای الکتریسیته در جو می‌باشد. از آنجا که بار مثبت القاء شده به زمین، می‌خواهد جذب بار منفی هوای بالا شود، از دکل‌ها و ارتفاعات بالا رفته و در نوک آن متراکم می‌گردد. وقتی اختلاف پتانسیل به حد کافی رسید، تخلیه الکتریکی کوچکی به نام سنتِ اِلْمو صورت می‌گیرد.



شکل 5-19. نمونه ای از آتش سنت اِلْمو

5-7. صاعقه

نحوه زدن برق آسمانی بین نقاط در داخل یک ابر، از ابر به هوای صاف، از ابر به ابر همجوار از ابر به زمین می‌باشد که از ابر به زمین را صاعقه می‌گویند.

¹ . St . Elmo's Fire

دو نوع صاعقه وجود دارد :

§ صاعقه منفی: شروع صاعقه در یک کانال نامریی و ضربه جریان الکتریکی برگشتی قوی است.

§ صاعقه مثبت: این صاعقه که در شکل (5-20) نشان داده شده است، بسیار خطرناکتر از صاعقه منفی

است و از بخش سندان بالایی ابر بار مثبت جریان می‌یابد. تنها 5% صاعقه‌ها مثبت هستند و در شرایط

توفان رعد و برقی شدید اتفاق می‌افتند. این صاعقه بعد از عبور ابر و چندین کیلومتر دورتر در

خارج ابر جایی که استخری از بار منفی روی سطح زمین وجود دارد با زمین برخورد می‌کند. دلیل

شکل‌گیری صاعقه مثبت دقیقاً مشخص نیست ولی قدرت آن 8 برابر صاعقه منفی است و زمان

ماندگاری آن 10 برابر طولانی‌تر است و مقدار عظیمی امواج رادیویی با فرکانس خیلی پایین تولید

می‌کند. باور عمومی بر این است که صاعقه مثبت مسئول بسیاری از آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها و

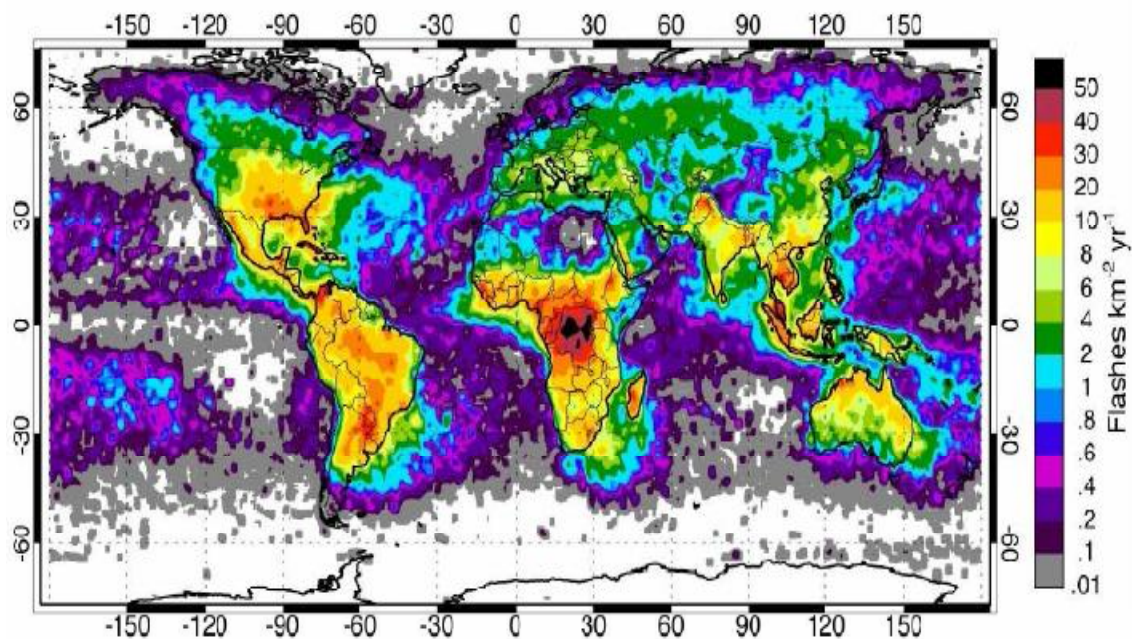
صدمه به شبکه‌های الکترونیکی است.



شکل 5-20. صاعقه مثبت

به طور متوسط در هر ثانیه در سراسر زمین حدود 1800 وقوع فلاش آذرخش ناشی از توفان تندی ثبت

می‌شود در شکل 8 متوسط سالیانه رعد و برق در نقاط مختلف زمین آورده شده است.



شکل 5-21. توزیع جهانی آذرخش

§ برخی خسارات ناشی از صاعقه

عبور جریان برق از هر جسمی حرارت تولید می‌کند، حال هرچه مقدار جریان برق و مقاومت آن جسم در برابر عبور جریان برق بیشتر باشد، حرارت تولید شده هم بیشتر است. آذرخش و صاعقه نیز هنگام عبور از هوا گرمای معادل 30000 درجه سانتیگراد (5 برابر دمای سطح خورشید) تولید و باعث انبساط ناگهانی هوا می‌شود که صدای مهیبی که رعد نامیده می‌شود را تولید می‌کند. پس از آن، هنگام برخورد با زمین و اشیای آن با توجه به جریان هزاران آمپری صاعقه، گرما بسیار زیاد تولید می‌کند. صاعقه در زمان برخورد با زمین دمای حدود 200.000 درجه سانتی گراد و گرمای شدیدی را تولید می‌کند. این مقدار حرارت می‌تواند یک آجر نسوز را ذوب کند. حرارت حاصل از صاعقه می‌تواند انسانی را در یک لحظه به ذغال تبدیل کند یا مشتی از خاک را با ذوب کردن به سنگ تبدیل کند و یا درخت تنومندی را به آتش بکشد.

یکی از پیامدهای آذرخش و صاعقه، تولید گاز است و بد نیست بدانید این گاز عمدتاً «ازن» است. این ازن، ازون تروپوسفری و آلاینده است. ازون یک گاز سمی است و تنفس آن می‌تواند خطرناک باشد.

در شکل (5-22) و (5-23) برخی از خسارات ناشی از صاعقه را بر روی دام، گیاه، انسان و تأسیسات نشان داده است.



شکل 5-22. برخی خسارات ناشی از صاعقه



شکل 5-23. برخی خسارات ناشی از صاعقه

اصولاً بشر تا قبل از تجربه شخصی حدوث سانحه، کمتر به دنبال علت وقوع آنها بوده‌است اما خسارات زیاد و مکرر ناشی از اثرات اولیه (ضربه‌های مستقیم) و ثانویه (میدان‌های الکترومغناطیسی) صاعقه امروز به

حدی رسیده است که توجه و راهکارهای جدی را می‌طلبد. شاید اولین دلیل بروز این حوادث، عدم آگاهی از روش‌های صحیح حفاظت باشد، که داشتن یک صاعقه‌گیر در خارج ساختمان (که تنها از وقوع جرقه و تخریب فیزیکی ساختمان جلوگیری می‌کند) می‌تواند کلیه تجهیزات برقی و الکترونیکی داخل ساختمان را نیز حفاظت نماید، در صورتی که چنین نیست. طی ده سال گذشته استانداردهای جهانی به ما این امکان را داده‌اند که طراحی‌های مناسبی با رعایت اصول و قوانین EMC انجام دهیم.

انسان و دام به سه روش توسط صاعقه تحت تاثیر قرار می‌گیرند:

- برخورد مستقیم: جرقه مستقیماً به فرد برخورد می‌کند.
- جریان زمینی: جرقه در فاصله ای دورتر به زمین برخورد کرده و از طریق زمین به بدن فرد می‌رسد.
- جریان القایی: هوای اطراف باردار است و شرایط برای تخلیه الکتریکی بسیار آماده است.
- آسیب‌های ناشی از صاعقه: با توجه به اینکه صاعقه یک جریان مستقیم و کوتاه مدت است، آسیب‌های ناشی از اصابت آن با آسیب‌های ناشی از برق گرفتگی خانگی کاملاً متفاوت است.

5-7-1. صاعقه در چه فصلی از سال بیشتر رخ می‌دهد؟

بیشتر احتمال وقوع صاعقه در تابستان می‌باشد که متأسفانه مصادف با زمان اوج فعالیت‌های مردم در فضای آزاد است. از آنجاییکه در این فصل، فعالیت‌هایی نظیر: قایقرانی، شنا، کوهنوردی و... رواج بیشتری دارد، احتمال وقوع خطر نیز بالا می‌رود. همچنین از آنجا که افزایش دمای سطح زمین موجب ناپایداری بیشتر می‌شود، احتمال وقوع اغلب توفانهای هوا در عصر و اوایل غروب بیشتر است. لازم به ذکر است که در ایران، صاعقه اغلب در مناطق کوهستانی که معمولاً در معرض توفان‌های شدید می‌باشد و همچنین در فصل بهار روی می‌دهد. احتمال وقوع رعد و برق در پائیز و زمستان کمتر است.

توفان و رعد و برق، یک پدیده خطرناک در مسیر پرواز هواپیماهاست. خطراتی که از جانب صاعقه، هواپیماها را تهدید می‌کند، عبارتند از: کشیده شدن سریع هواپیما به بالا، افتادن سریع شان به پائین، خسارات احتمالی ناشی از برق زدگی و صدماتی که الکتریسیته جو به دستگاه‌های رادیویی هواپیما ممکن است وارد سازد. صاعقه می‌تواند تا فاصله 10 مایلی از محل بارندگی یا توفان را مورد حمله قرار دهد. یعنی از هر جایی که بتوانید صدای آن را بشنوید، باید احساس خطر نمود و باید به خاطر داشت که اولین حمله صاعقه به اندازه آخرین آن کشنده است. صاعقه می‌تواند منجر به مرگ یا عدم توانایی‌های دائمی فرد صاعقه زده شود. به طور متوسط 20% از افراد صاعقه زده تلف شده و از میان نجات یافتگان از خطر مرگ 70% آنها از عوارض جدی و بلند مدت آن رنج خواهند برد.

5-7-2. برخورد با صاعقه و خطرات آن

انسان به سه روش توسط صاعقه تحت تاثیر قرار می‌گیرد:

- 1- برخورد مستقیم: جرقه مستقیماً به فرد برخورد می‌کند.
- 2- جریان زمینی: جرقه در فاصله ای دورتر به زمین برخورد کرده و از طریق زمین به بدن فرد می‌رسد.
- 3- جریان القایی: هوای اطراف باردار است و شرایط برای تخلیه الکتریکی بسیار آماده است.

§ آسیب‌های ناشی از صاعقه

با توجه به اینکه صاعقه یک جریان مستقیم و کوتاه مدت است، آسیب‌های ناشی از اصابت آن با آسیب‌های ناشی از برق گرفتگی خانگی کاملاً متفاوت است.

- 1- سوختگی خیلی کم است.
- 2- آسیب احشای شکمی نادر است.
- 3- وقفه دستگاه تنفسی و سپس قلبی علت اصلی مرگ است.
- 4- آسیب‌های روانی شایع است (تغییرات شخصیتی، کم خوابی، اختلالات حافظه، افسردگی و...)

5- اختلالات سامانه عصبی مرکزی (تشنج، فلج گذرا یا دایم، سردرد و ...)

6- افزایش فشار خون

7- آب مروارید

8- پارگی پرده گوش ناشی از رعد

مکان‌های خطرناک عبارتند از:

1- نوک قله‌ها

2- گرده‌ها و یال‌های بلند و خط الراس‌ها

3- درختان بلند و منفرد

4- زمین‌های خیس، علفزار و پوشیده از برف خطرناک

5- غارهای کوچک، فرو رفتگی‌های سطح زمین

6- در پناه و کنار صخره‌های بلند

7- مکان‌های خیلی باز و مسطح

8- فنس‌ها و نرده‌های فلزی

مکان‌های نسبتاً امن عبارتند از:

1- دره‌های کم عمق و پایین تر از اطراف

2- خاک و سنگ خشک

3- کوتاه ترین درختان در بین انبوه درختان

4- غارهای عمیق

5- ماشین‌های رو بسته

هنگامی که در معرض توفان و برخورد احتمالی صاعقه قرار داریم و رسیدن به محل امن امکان پذیر نیست می بایست سریعاً اشیای فلزی را از خود دور کرده کوله پشتی و یا زیرانداز و یا هر چیز عایق دیگری را در زیر پاهای خود قرار داده و به وضعیت چمباتمه قرار گیریم و سعی کنیم حداقل تماس را با زمین داشته باشیم.

اگر در پای درخت یا شی مرتفع قرار داریم امن ترین فاصله از آن جا در حدود ارتفاع آن شی در روی زمین است به طوری که فاصله ما تا آن شی حداکثر کمی کمتر از ارتفاع آن باشد.

زمانی که در معرض جریان القایی قرار می گیریم، در حقیقت شرایط برای بروز صاعقه بسیار محیا و احتمال آن زیاد است. در این حالت اشیای فلزی وز وز کرده و شبیه زنگ صدا می کنند. همچنین هاله ای آبی رنگ دور آنها پدیدار می شود. موی افراد حالت سیخ سیخ پیدا می کند و دستگاه های صوتی پارازیت دار می شوند. در این حالت می بایست هر چه سریع تر به دنبال محل امن رفت.

در پایان بر این نکته تاکید می شود که می بایست هر چه سریع تر اقدامات احیا فرد مصدوم به خصوص تنفس مصنوعی را شروع نمود زیرا عامل اصلی مرگ این افراد وقفه تنفسی است. همچنین لازم به ذکر است که فرد مصدوم هیچ گونه بار الکتریکی نداشته و لمس او بی خطر است.

5-7-3. راهکارهای مربوط به کاهش خسارات ناشی از صاعقه

§ مکان های خطرناک :

- نوک قله ها
- گرده ها و یال های بلند و خط الراس ها
- درختان بلند و منفرد
- زمین های خیس، علفزار و پوشیده از برف
- غارهای کوچک فرو رفتگی های سطح زمین

- در پناه و کنار صخره‌های بلند
- مکان‌های خیلی باز و مسطح
- فنس‌ها و نرده‌های فلزی

§ مکان‌های نسبتاً امن:

- خانه و مناطق سر بسته و بویژه دارای سامانه برقگیر
- ماشین‌های رو بسته
- دره‌های کم عمق و پایین تر از اطراف
- خاک و سنگ خشک
- کوتاه ترین درختان در بین انبوه درختان
- غارهای عمیق

§ اقدامات حین وقوع رعد و برق

- فعالیت‌های بیرون خانه را متوقف کنید.
- در زمان وقوع رعد و برق از منزل خارج نشوید.
- در صورتی که در اتومبیل هستید، در محل مطمئن توقف کنید و موتور را خاموش کنید و آنتن ماشین را پائین بکشید.
- داخل ساختمان و یا خودروی سقف‌دار بمانید.
- بدنه فولادی یک خودروی سقف‌دار بشرطی که فلز آن را لمس نکنید از شما بخوبی محافظت می‌کند
- از درختان، تپه‌ها، دیرک‌ها، سیم برق هوایی، لوله‌های فلزی و آب دور شوید.

- اگر در حال شناکردن هستید، فوراً از آب بیرون بیایید، و یا روی قایق سوارید، سریعاً به سمت ساحل برگردید.
- هنگام صاعقه می‌توانید، به داخل ساختمان یا ایستگاه ترن زیرزمینی بروید .
- دوش و حمام نگیرید چون ممکن است لوازم حمام باعث انتقال جریان الکتریسته شوند
- تنها در مواقع اضطراری آنهم در صورت امکان از یک تلفن بی‌سیم استفاده کنید
- دوشاخه تمام وسایل برقی مثل رایانه را از برق خارج کنید.
- هواکش را خاموش کنید.
- از قرارگرفتن در آلونک یا ساختمان‌های تنها در فضای باز پرهیز کنید.
- همچنین پرهیز از نزدیک شدن به هر وسیله فلزی مثل تراکتور، تجهیزات کشاورزی، موتورسیکلت و دوچرخه
- در محوطه جنگل سرپناهی در کنار درختان کوتاه و تنومند بیابید و هرگز زیر درختان بلند نروید.
- درفضای باز به حالت خمیده در دره‌های تنگ و عمیق پناه بگیرید.
- مراقب سیل‌های ناگهانی باشید.
- به یاد داشته باشید که چنانچه در هنگام رعد و برق موهایتان سیخ شد، نشانه نزدیکی برخورد جریان رعدوبرق است، به صورت چمباتمه روی زمین بنشینید.
- دست‌ها را روی گوش‌ها و سر را بین زانوها قراردهید.
- تماس خود را با زمین به حداقل برسانید.
- به هیچ وجه روی زمین دراز نکشید.
- هنگامی که در معرض توفان و برخورد احتمالی صاعقه قرار دارید و رسیدن به محل امن امکان پذیر نیست می‌بایست سریعاً اشیای فلزی را از خود دور کنید. فلزاتی که به عنوان وسایل زینتی

- به کار می‌روند مانند گردنبند و دست بند نیز می‌تواند هنگام رعد و برق خطرناک باشند. در موقعی که رعد و برق شدید رخ می‌دهد بهترین کار برای حفظ سلامتی این است که هر نوع وسیله فلزی که در دست دارید را فوراً رها کنید. کوله پشتی و یا زیرانداز و یا هر چیز عایق دیگری را در زیر پاهای خود قرار داده و سعی می‌کنید حداقل تماس را با زمین داشته باشید.
- باید در مناطقی که خطر آتش سوزی وجود دارد مثل پمپ بنزین‌ها و مخازن آتش‌زا تمهیدات لازم اندیشیده شود.
- آماده سازی جامعه و حفاظت در برابر رعد و برق و نیز هشدار در حین وقوع رعد و برق

8-5. بارش شدید و سیل

از آنجا که از مشخصه‌های توفان‌ها وجود ابرهای کومولونیمبوسی است که محتوی آب بسیار فراوان بوده و بارش آن رگباری و شدید است. این بارش ناگهانی باعث شده که آب فرصت نفوذ در زمین را پیدا نکرده و به صورت سیل جاری شود. بخصوص در مواقعی که زمین‌های پست در جوار دامنه‌های ناهمواری‌ها باشد قدرت تخریب سیل بسیار شدیدتر می‌شود. در سیل اخیر پاکستان خسارات جانی و مالی شدیدی به مردم این کشور وارد شد. شکل 5-24 تصویر مربوط به سیل پاکستان در سال 1389 می‌باشد.

§ راهکارهای کاهش خسارات ناشی از سیل

- برنامه ریزی‌های کلان شهری انجام گرفته نظیر سیل بند و... انجام گیرد.
- مهندسی ساختمان‌ها و منازل و اماکن باید حداقل آسیب پذیری را در برابر سیل داشته باشند.
- حتی المقدور از مناطقی که بیشتر در معرض سیل هستند احتراز شود.
- از دریا، سواحل رودها و مناطق پست دوری گزید.
- به هشدارهای هواشناسی توجه شود.

• آماده سازی جامعه و حفاظت در برابر سیل



شکل 5-24. تصویری از سیل پاکستان

5-7. توربولانس

گاهی سامانه‌های توفانی باعث وزش بادهایی در نزدیکی سطح زمین شده که دارای انحرافات نامنظم و سریع در جهت و سرعت باد شده و شاهد حرکات پیچکی در سطح زمین می شویم. به عبارتی هوا دارای توربولانس می‌شود که شدت آن به شرایط ترمودینامیکی و دینامیکی هوا مربوط می‌شود. این توربولانس یکی از مسائل پروازی و سلامت بوده که می‌تواند مشکل ساز شده و سلامت هواپیما و مسافری را به خطر انداخته که باید از آن احتراز شود.



شکل 5-25. تصویر نمایشگر توربولانس جوی

بخش

۶

مخاطرات آلودگی هوا

مقدمه

جو زمین یا هوا بیشتر از گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده‌است لیکن گازهای دیگری نیز در جو حضور دارند که درصد حجمی آنها متغیر می‌باشد. در جدول 6-1 میزان برخی از این ترکیبات درج شده‌است.

جدول 6-1. رابطه شیمیایی و درصد حجمی ترکیبات موجود در جو

ساختار	رابطه شیمیایی	درصد حجمی
نیتروژن	N ₂	78/08
اکسیژن	O ₂	20/95
هیدروژن	H ₂	0/00005
اوزون	O ₃	0/0006
بخار آب	H ₂ O	0-4
دی اکسید کربن	CO ₂	0/036
متان	CH ₄	0/00017
مونوکسید کربن	CO	0/00002
دی اکسید نیتروژن	NO ₂	0/00001
دی اکسید گوگرد	SO ₂	0/00001
ذرات	PM	0/00001

ماخذ: رولیو-1368

برخی از گازهای جزئی جو از جمله بخار آب، دی اکسید کربن، اوزون، متان و کلروفلوروکربن با جذب تابش و بازتابش گرما سبب افزایش دمای جو می‌شوند لذا آنها را گازهای گلخانه‌ای¹ گویند.

6-1. آلاینده‌های جوی

آلاینده‌ها عناصری هستند که وجود آنها در جو در شرایط و مقادیر معین سبب صدمه به انسان، حیوان، نبات و حیات میکروبی است. آلاینده‌های شیمیایی در لایه تروپوسفر همراه با آلاینده‌های ناشی

¹.Greenhouse gases

از فعالیت‌های بشری نسبت ترکیبات هوا را تغییر داده و روی هوای محلی، منطقه‌ای و اقلیم جهانی تأثیر می‌گذارند. در شهرها آلاینده‌های متعددی تولید می‌شود که مجموع آنها مه دود شهری را تشکیل می‌دهند و همان ابر تیره رنگی است که اغلب صبح‌ها بر فراز شهر اصفهان مشاهده می‌شود. عمده ترین آلاینده‌های تشکیل دهنده مه دود شهری عبارتند از: منواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ازون و غبار. در تشکیل مه دود عناصر آب و هوایی مثل تابش، دما، رطوبت، پایداری جو، وارونگی دما، سمت و سرعت باد موثرند. اگر هوا پایدار بوده و ارتفاع لایه وارونگی دما پائین باشد آلاینده‌ها متراکم شده و غلظت آلودگی بالا می‌رود. اگر جو ناپایدار باشد و باد بوزد، مواد زاید از جو شهری خارج شده و پس از صعود به سمت لایه‌های بالاتر با هوای آن لایه‌ها مخلوط شده و رقیق می‌گردند (بوتکین و کالر، 1371). در شکل 6-1 لایه‌های جوی و ضخامت آنها نشان داده شده است.



شکل 6-1- لایه‌های جوی

آلاینده‌ها با توجه به شکل فیزیکی به سه گروه مایع، جامد و گاز دسته بندی می‌شوند. آلاینده‌های گازی موجود در جو طیف وسیعی دارند و منبع انتشار آنها طبیعی یا ناشی از فعالیت‌های بشری باشد. معمولاً آلاینده‌های گازی به سه دسته کلی به شرح زیر طبقه بندی می‌شوند:

§ **آلاینده‌های اولیه:** توسط فعالیت‌های طبیعی یا مصنوعی و در مقیاس وسیع مستقیماً به تروپوسفر گسیل می‌شوند، مانند: ذرات ریز گردوغبار، دی اکسیدگوگرد، منواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربنها.

§ **آلاینده‌های ثانویه:** از برهم کنش آلاینده‌های اولیه با دیگر آلاینده‌ها در برابر نور خورشید در تروپوسفر ایجاد می‌شوند، مانند: اوزون، پراکسی استیل نیترات و آلدئیدها (فرمالئید، آکرولین).

§ **آلاینده‌های سمی:** حضور این مواد با هر غلظتی در محیط خطرناک است. این آلاینده‌ها منابع محدودی دارند و مقدارشان در جو ناچیز است مانند: آزبست، بریلیوم، جیوه، آرسنیک، کادمیوم، بنزن، پلوتونیوم، منگنز و غیره.

نحوه انتشار آلاینده از منبع و شرایط جوی، تعیین کننده نحوه پراکنش و میزان تأثیر آلاینده گازی می‌باشد. یک آلاینده گازی پس از خروج از منبع با توجه به وضعیت جوی سه برهم کنش خواهد داشت:

§ **تفرق و پخش:** در لایه‌های عمودی و افقی صورت گرفته و به پایداری جو، تلاطم و سمت و سرعت باد در ارتفاعات مختلف بستگی دارد.

§ **دگرگونی و تبدیل:** عکس العمل‌های شیمیایی آلاینده با رطوبت و دیگر مواد موجود در جو است.

§ **جابه جایی:** آلاینده پس از خروج از منبع پس از طی مسافتی دچار جذب یا نهشت می‌شود. میزان آلودگی جو به منابع انتشار بستگی دارد، ولی همه انواع آلاینده‌ها اثرات منفی یکسانی ندارند. انتشار طبیعی دی‌اکسیدکربن و ترکیبات ازت، جهت تداوم بقا جانداران حائز اهمیت هستند، لیکن هنگامی که غلظت آنها از حد مجاز عبور می‌کند در زمره آلاینده‌ها قرار می‌گیرند. ذرات موجود درجو دائماً در حال آمیزش و جابه جایی می‌باشند، لذا جو یک فضای رقیق کننده مطلوب برای

آلاینده‌ها محسوب می‌شود. جو برای پراکنش آلاینده‌ها ظرفیت خاصی دارد و پس از برون ریزی آلاینده از کانون انتشار کنترل موثری بر آن نمی‌توان اعمال نمود لذا کنترل آلودگی هوا یک فناوری پیشگیرانه و نه یک فن آوری اصلاحی و ترمیمی را می‌طلبد. برخی آلاینده‌های گازی موجود در هوای شهر اصفهان به شرح زیر می‌باشند:

§ هیدروکربن‌ها

ترکیبات آلی دارای هیدروژن و کربن که اصلی‌ترین مواد شیمیایی موجود در بنزین و سایر فرآورده‌های نفتی هستند. به دو گروه آلیفاتیک و آروماتیک تقسیم می‌شوند:

(الف) هیدروکربن آلیفاتیک: شامل آلکانها، الکنها و الکین‌ها می‌باشد.

- آلکان: هیدروکربنهای اشباع شده نظیر متان که در واکنشهای فتوشیمیایی جو شرکت نمی‌کنند.
- آلکن(اولفین): در واکنشهای فتوشیمیایی جو بسیار فعالند، در حضور نور خورشید با اکسید نیتروژن در غلظت زیاد واکنش داده و آلاینده‌های ثانوی مثل پراکسی استیل نترات¹ و ازون² ایجاد می‌کنند. این گروه در مطالعات آلودگی هوا اهمیت زیادی دارند، اتیلن جزء این گروه است و در هوای شهرهای بزرگ وجود دارد.
- آلیفاتیک(آلکین): تمایل زیادی به انجام واکنش دارند ولی مقدارشان در جو ناچیز است لذا در مطالعات آلودگی هوا اهمیت چندانی ندارند.

(ب) هیدروکربنهای آروماتیک: از لحاظ بیوشیمیایی و بیولوژیکی فعال و از بنزین مشتق شده اند. در مطالعات آلودگی هوا مهمند زیرا تعدادی از ترکیبات آروماتیک سرطان‌زا بوده و افزایش سرطان ریه در نواحی شهری به هیدروکربنهای خارج شده از آگروز خودروها نسبت داده شده است.

¹ . Praxi Acetile Nitrat = PAN

² . Ozone = O₃

در دهه ۱۹۷۰ استاندارد هیدروکربنها به عنوان ابزاری جهت دست یابی به استاندارد اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی تدوین گردید. تحقیقات آژانس حفاظت محیط زیست امریکا نشان داد که اگر حداکثر غلظت هیدروکربنهای غیر متان به مدت دو ساعت $0/3 \text{ ppm}^1$ باشد منجر به تولید حداکثر غلظت اکسیدکننده به میزان $0/1 \text{ ppm}$ می‌شود. بر این اساس مقدار مجاز هیدروکربن غیر متان (متوسط ۳ ساعته از ۶ تا ۹ صبح) حداکثر $0/24 \text{ ppm}$ تعیین گردید. البته غلظت هیدروکربنها نباید بیش از یکبار در سال از این رقم تجاوز کند. چون متان در واکنش‌های فتوشیمیایی موثر نیست لذا استاندارد غیرمتان به اجرا گذاشته شد. در سال ۱۹۸۲ استاندارد هیدروکربنها توسط آژانس حفاظت محیط زیست امریکا بازنگری شد، زیرا برای دستیابی به استاندارد ازون، وضع استاندارد جداگانه برای هر یک از هیدروکربنها ضروری می‌باشد. برای کاهش تولید اکسید کننده‌های فتوشیمیایی، هیدروکربنهای با فعالیت کمتر جایگزین هیدروکربنهای فعالتر شده‌اند.

§ منواکسیدکربن

گاز بی رنگ، بی بو و بی مزه، در شرایط عادی از لحاظ شیمیایی بی اثر و طول عمر متوسط آن در جو حدود ۲/۵ ماه است. در سال ۱۹۷۷ جرم کلی منواکسیدکربن موجود در جو ۵۳ درصد کل آلاینده‌های هوا بوده که منبع عمده انتشار آنها فعالیت‌های انسانی بوده‌است. غلظت منواکسیدکربن در نواحی متراکم شهری به دلیل ترافیک سنگین و حرکت کند خودروها بسیار زیاد است. منواکسیدکربن در غلظتهای بالا تمایل زیادی به جذب هموگلوبین دارد و در متابولیسم تنفسی انسان اختلال جدی ایجاد می‌نماید. منواکسیدکربن با هموگلوبین خون واکنش داده و کربوکسی هموگلوبین^۲ ایجاد می‌نماید و کارایی خون برای حمل اکسیژن را کاهش می‌دهد. چون تمایل هموگلوبین به جذب منواکسیدکربن ۲۰۰ برابر بیش از

^۱ - Part Per Million □ □ □ mg/m^3

^۲ - $\text{COHb} = \frac{\text{COHb}}{\text{Hb}} \times 100$ CoHb : $\text{COHb} = \frac{\text{COHb}}{\text{Hb}} \times 100$

تمایل به جذب اکسیژن است، حتی غلظت‌های اندک منواکسیدکربن می‌تواند انتقال اکسیژن را با مشکل مواجه سازد. جذب منواکسیدکربن در بدن با افزایش غلظت، زمان تماس و فعالیت انجام شده بیشتر می‌شود. در برخی چهار راه‌ها غلظت منواکسیدکربن گاهی به 55 ppm می‌رسد که حضور در چنین مکانی به مدت یک ساعت مقدار کربوکسی هموگلوبین خون را به 2/3 درصد می‌رساند. این مقدار بر سامانه اعصاب اثر گذاشته، قدرت تشخیص فواصل زمانی و تشخیص شفافیت تصاویر را مشکل می‌سازد.

منابع انتشار منواکسیدکربن طبیعی یا مصنوعی هستند. در اثر اکسیداسیون گاز متان حاصل از زوال گیاهان سالانه 3/5 میلیون تن منواکسیدکربن وارد طبیعت می‌شود. منبع دیگر تولید این ماده متابولیسم انسانی است، بازدم شخص در حال استراحت تقریباً حاوی 1 ppm منواکسیدکربن است. چهار فعالیت عمده انسانی تولید کننده منواکسیدکربن عبارتند از: حمل و نقل، احتراق سوخت در منابع ساکن به منظور تولید انرژی و حرارت، فرآیندهای صنعتی و دفع مواد زاید جامد.

اداره کنترل آلودگی هوای آمریکا در سال 1970 در راستای اجرای قانون هوای پاک، معیارهای منواکسیدکربن در کیفیت هوا را انتشار داد. این معیارها به توصیف اثرات منواکسیدکربن بر انسانها و محیط‌زیست در غلظتها و زمانهای مختلف می‌پردازند. با در نظر گرفتن این معیارها، غلظت متوسط 8 ساعته منواکسیدکربن 9 ppm و غلظت متوسط یک ساعته آن 35 ppm می‌باشد که هیچ یک از دو مقدار در طول یک سال نباید بیش از یک بار نقض شود. نخستین اقدام برای کنترل منواکسیدکربن زمانی آغاز می‌شود که غلظت 8 ساعته آن به 30 ppm برسد و اگر این مقدار به 40 ppm برسد عملیات شدید کنترلی شامل متوقف نمودن فعالیت کارخانه‌جات، محدود نمودن حمل و نقل شهری و جاده‌ای صورت می‌گیرد (کیفیت هوا، 1970).

§ اکسیدهای گوگرد

در مطالعات آلودگی هوا دی‌اکسیدگوگرد و تری اکسیدگوگرد اهمیت بیشتری دارند. دی‌اکسیدگوگرد گازی است بی رنگ، غیر قابل انفجار که بویی خفه کننده دارد. آستانه چشایی آن 0/3 ppm و آستانه بویایی آن 0/5 ppm و جرم مولکولی آن 64/06 گرم می‌باشد که تقریباً دو برابر هوا وزن دارد و در آب با دمای 20 درجه سلسیوس حلالیت خوبی دارد (کیفیت هوا، 1970). دی‌اکسیدگوگرد به طور متوسط بین 2-4 روز در هوا باقی مانده و در طول این مدت در حدود 1000 کیلومترمسافت می‌پیماید. لذا توزیع دی‌اکسیدگوگرد می‌تواند جنبه بین المللی داشته باشد. در جو پایدار، دی‌اکسیدگوگرد یک عامل اکسیدکننده یا احیا کننده است که با عناصر موجود در جو واکنش فتوشیمیایی داده و تری اکسیدگوگرد، قطرات اسیدسولفوریک یا نمک‌های آن را ایجاد می‌نماید (Air Quality، 1970). در رابطه 1-2 دی‌اکسیدگوگرد با آب واکنش داده و اسیدسولفورو ایجاد می‌شده که این اسید ضعیف با رنگ‌ها واکنش می‌دهد.

جدول 6-2. اثرات دی‌اکسیدگوگرد بر سلامت انسان

غلظت بر حسب ppm	مدت زمان تماس	اثرات
0-0/6		هیچ اثر قابل ملاحظه ای دیده نمی‌شود.
0/15-0/25	روز 1/4	در قلب و سامانه تنفسی ایجاد واکنش می‌کند.
1-2	دقیقه 3-10	در قلب و سامانه تنفسی واکنش‌هایی مشاهده می‌شود.
1-5		بروز ناراحتی و گرفتگی قفسه سینه
5	ساعت 1	افزایش مقاومت شش در برابر عبور جریان هوا و خفگی
10	ساعت 1	افسردگی حاد، خونریزی بینی
بیشتر از 20		اختلال در مجرای گوارشی، همراه با سوزش چشمها
400-500		در مدت زمانهای کوتاه خطرناک است.

بیش از 80 درصد دی‌اکسیدگوگرد موجود درجو ناشی از فعالیت‌های انسانی است. احتراق سوخت در منابع ساکن به منظور تولید انرژی و حرارت، فرآیندهای صنعتی، احتراق سوخت‌های جامد و فسیلی از

منابع انتشار اکسیدهای گوگرد می‌باشد. حمل و نقل، مقدار کمی اکسیدهای گوگرد را وارد جو می‌نماید زیرا میزان گوگرد موجود در بنزین در حدود 0/03 درصد جرمی است (بیکت، 1986). در وسایل نقلیه دی‌اکسید گوگرد به تری‌اکسید گوگرد تبدیل می‌شود که تری‌اکسید گوگرد با رطوبت هوا واکنش داده و غبار اسید سولفوریک ایجاد می‌نماید. غلظت دی‌اکسید گوگرد در هوای غیر شهری از (0-0/2 ppm) متغیر است ولی در نواحی صنعتی حداکثر غلظت تا (3/33 ppm) هم گزارش شده است. غلظت دی‌اکسید گوگرد در شهرهای بزرگ از روند فصلی تبعیت می‌نماید.

استاندارد کیفیت هوای جو براساس مهمترین اکسیدهای گوگرد یعنی دی‌اکسید گوگرد وضع شده است. دی‌اکسید گوگرد با اکسیژن و رطوبت هوا واکنش داده و سولفات تولید می‌کند. روش‌های کنترل اکسیدهای گوگرد عبارتند از: به کارگیری سوخت‌های کم گوگرد، جداسازی گوگرد از سوخت، استفاده از گاز مایع یا گاز به جای زغال سنگ، تصفیه گازهای حاصل از احتراق یا پراکنده ساختن آنها به کمک دودکش‌های بلند (کیفیت هوا، 1970).

§ اکسیدهای نیتروژن

اکسیدهای نیتروژن شامل شش ترکیب گازی هستند ولی در مطالعات آلودگی هوا منواکسید نیتروژن و دی‌اکسید نیتروژن حائز اهمیتند زیرا بیشترین مقدار را دارند.

جدول 3-6. واکنش‌های انسانی در تماس با دی‌اکسید نیتروژن

زمان اثر	غلظت NO ₂		اثر
	p.p.m	mg/m ³	
بلافاصله	0/12	0/23	آستانه بویایی
20 دقیقه	0/7 - 2	1/3 - 3/8	مقاومت در برابر عبور جریان هوا مشاهده شده
45 دقیقه	1/5	2/8	در موارد عادی ابتلا به بیماری مزمن تنفسی مشاهده شده
45 دقیقه	2	3/8	افزایش بیماری تنفسی مشاهده شده
45 دقیقه	3	5/6	شخص در حال استراحت دچار عارضه تنفسی شده
40 دقیقه	4-5	7/5-9/4	شدیدترین عارضه (مقاومت در برابر عبور جریان هوا)
15 دقیقه	4-5	7/5-9/4	کاهش ظرفیت نفوذ هوا در سامانه تنفسی

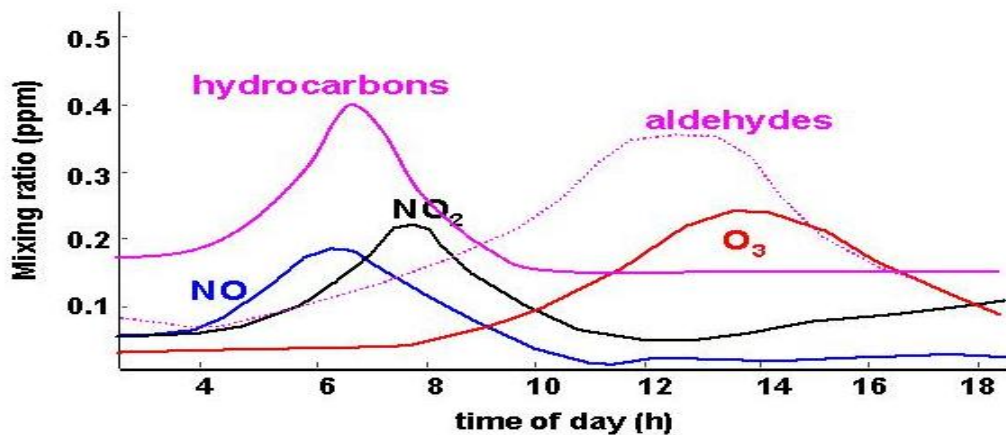
اگر غلظت دی‌اکسیدنیترژن به حدود 0/15 ppm یا بالاتر برسد برای بیشتر انسان‌ها کشنده است. در شهرهایی که به مدت 6 ماه متوالی غلظت متوسط 24 ساعته دی‌اکسیدنیترژن برابر 0/06 ppm یا بیشتر باشد بیماری‌های تنفسی و ابتلا به برونشیت افزایش می‌یابد. مقادیر بالای دی‌اکسیدنیترژن سبب بیرنگ شدن پارچه‌ها و اکسیداسیون فلزات است.

اکسیدهای نیترژن از منابع طبیعی و انسانی منتشر می‌شوند و منابع طبیعی انتشار ده برابر منابع انسانی است. منواکسید نیترژن با غلظت کم در قسمت فوقانی جو تولید شده سپس به طبقات زیرین جو نفوذ می‌کند. تجزیه مواد آلی و آتش سوزی جنگل سبب آزاد شدن اندکی منواکسید نیترژن در جو است لیکن بخش عمده آن از احتراق سوخت در منابع ساکن و متحرک منتشر می‌شود. افزایش مصرف انرژی الکتریکی، سبب انتشار بیشتر منواکسیدنیترژن از نیروگاه‌های تولید برق است. غلظت دی‌اکسیدنیترژن در نواحی شهری گاهی 1000 برابر نواحی روستایی است. تغییر تابش خورشید سبب نوسان مقادیر روزانه اکسیدهای نیترژن است. پیش از طلوع خورشید غلظت آن نسبتاً اندک و ثابت است لیکن با طلوع خورشید و شروع فعالیت صبح‌گاهی به ویژه حمل و نقل شهری، غلظت آن افزایش می‌یابد. تابش بعد از ظهر برای تولید اکسیدکننده‌ها کافی نمی‌باشد، ولی ازونی که از قبل در جو انباشته شده با منواکسیدنیترژن آزاد شده از حمل و نقل شهری واکنش سریع داده و غلظت دی‌اکسیدنیترژن اندکی افزایش می‌یابد. حداکثر غلظت منواکسیدنیترژن در اواخر فصل پائیز و زمستان که مصرف انرژی حداکثر، سرعت وزش باد و تابش خورشید کم است، مشاهده می‌شود لیکن روند تغییرات آن تابع تغییرات فصلی نمی‌باشد.

جدول 4-6. مقررات وضع شده برای دی اکسید نیتروژن

غلظت متوسط 24 ساعته		غلظت متوسط یک ساعته		سطح
ppm	Mg/m ³	ppm	Mg/ m ³	
0/15	282	0/6	1130	تذکردهنده
0/3	565	1/2	2260	هشداردهنده
0/2	750	1/6	3000	اضطراری

مأخذ: پوی، 1378.



شکل 2-6. تغییرات غلظت ساعته اکسیدهای نیتروژن، ازن شهری، هیدروکربن ها و الدئیدها در یک روز

مأخذ: سبزی پرور و همکار، 1381.

در سال 1971 اداره کنترل آلودگی هوای امریکا استانداردهای اولیه و ثانویه برای دی اکسید نیتروژن وضع نمود که این مقادیر در جدول 4-6 درج شده است. راهکارهای کنترل انتشار منواکسید نیتروژن شامل بهبود شرایط احتراق و استفاده از صافی برای حذف اکسید نیتروژن از گازهای خروجی می باشد.

§ اکسید کننده های فتوشیمیایی

ازون، اکسید کننده فتوشیمیایی اصلی در جو است و در حدود 90 درصد از مقدار کلی اکسید کننده ها را به خود اختصاص می دهد. اکسید کننده های فتوشیمیایی مهم در مطالعه آلودگی هوا عبارتند از:

اکسیژن نوزاد، اکسیژن مولکولی برانگیخته، پروکسی استیل نیترات، پروکسی پروپانل نیترات، پروکسی بوتیل نیترات، دی‌اکسید نیتروژن، پراکسید هیدروژن والکیل نیترات (اکسیدانهای فتوشیمیایی، ۱۹۷۷).

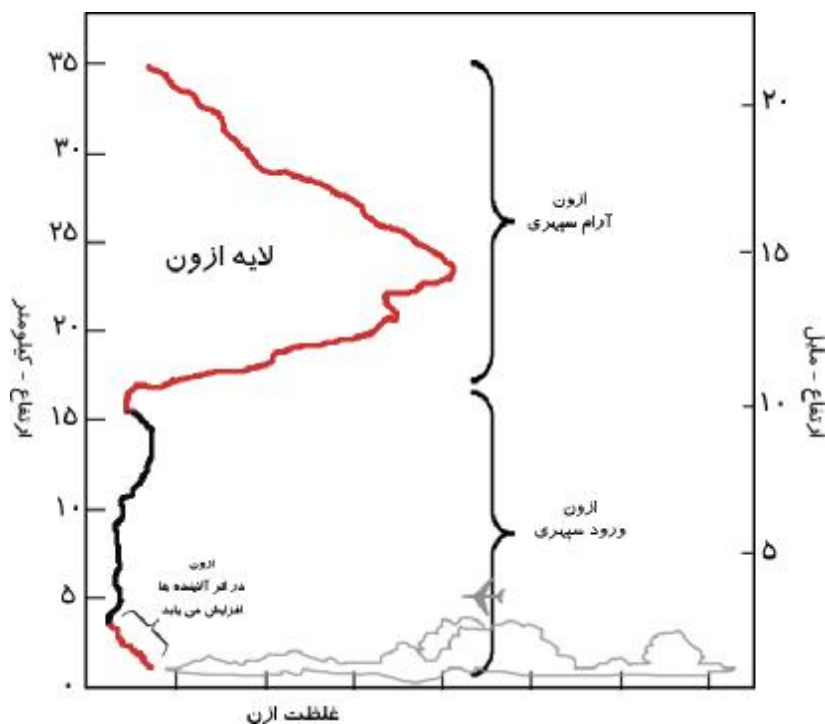
اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی موجب سرفه، تنگی تنفس، گرفتگی راه عبور هوا، درد قفسه سینه، عملکرد نامناسب شش‌ها، تغییر سلول‌های قرمز خون، سوزش چشم، بینی و گلو می‌شوند (بی‌شاپ، ۱۹۵۷) و مقدار ۰/۳۷ ppm آستانه آسیب رسانی اکسید کننده‌ها است (اکسیدانهای فتوشیمیایی، ۱۹۷۷). ازون و پراکسی استیل نیتروژن از طریق روزنه‌های موجود در برگ وارد گیاه شده و به آن آسیب می‌رسانند که علائم این آسیب به صورت برنزه شدن، براق شدن و نقره ای شدن سطح زیرین برگ‌ها یا به صورت لکه روی برگ گیاه مشاهده می‌شود (کیفیت هوا، ۱۹۷۰). تماس متناوب اکسیدکننده‌ها موجب کاهش محصولاتی نظیر سویا، ذرت و تربچه می‌شود ولی میخک، شمعدانی و لوبیا در این شرایط به رشد خود ادامه می‌دهند (اکسیدانهای فتوشیمیایی، ۱۹۷۷). ازون به سرعت رنگ‌ها، لاستیک، الیاف پارچه‌ها را اکسید نموده و بر آسفالت خیابان‌ها و ایزولاسیون پشت بام‌ها اثر فرسایشی و تخریبی دارد. برای جلوگیری از اثرات مخرب ازون، مواد ضد ازونی به لاستیک می‌افزایند.

§ ازون

ازون یکی از گازهای جزئی در جو است که 10^{-6} درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد. توزیع ازون در جو ناهمگن است، ده درصد در تروپوسفر و نود درصد در استراتوسفر وجود دارد. ازون تروپوسفری (ازون شهری) و ازون استراتوسفری (لایه ازون) دو خاصیت متفاوت در جو دارند. ازون استراتوسفری با جذب تابشهای فرابنفش خورشید از رسیدن این تابشهای مضر به سطح زمین جلوگیری می‌کند و این امر آنقدر حائز اهمیت است که ازون بعد از اکسیژن و آب لازمه وجود حیات در کره زمین شناخته شده است. لیکن ازون شهری یکی از عوامل تبدیل آلاینده‌های اولیه به ثانویه می‌باشد و به واسطه

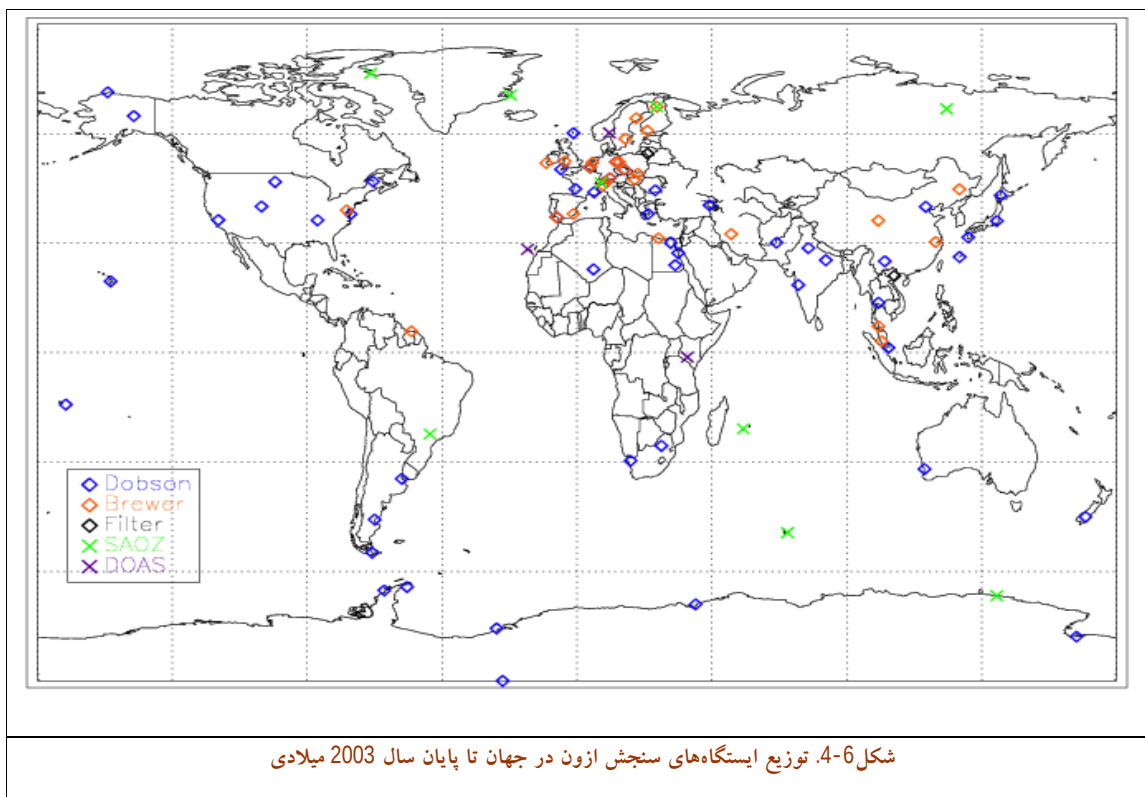
تماس مستقیم با زیست کره در صورت تجاوز از سطوح مجاز اثرات ناخوشایند بسیاری برای انسان، گیاه و محیط زیست به وجود می‌آورد. ازون یک گاز گلخانه‌ای است که موجب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. لذا ازون تروپوسفری مضر و غیر مفید می‌باشد. غلظت ازون شهری با غلظت دی اکسیدنیتروژن، اکسیدنیتریک و هیدروکربنهای نسوخته تغییر می‌کند، البته سرعت تغییرات به تابش نور خورشید بستگی دارد. تا سه دهه اخیر تصور می‌شد که تمامی ازون تروپوسفری از ازون استراتوسفری تأمین می‌شود لیکن تحقیقات نشان داد که سرچشمه اصلی ازون تروپوسفری واکنشهای فتوشیمیایی هستند. ازون فراوانترین اکسیدکننده فتوشیمیایی موجود در جو است لذا استاندارد کیفیت هوا بر اساس آن تنظیم شده‌است. ازون در استراتسفر طی فرآیندهای چرخه ای تولید و تخریب می‌گردد. لذا ترازمندی طبیعی آن در استراتسفر تقریباً ثابت است ولی توزیع جهانی آن تحت تأثیر گردش کلی جو قرار دارد (ارزیابی ازون، 2002).

شکل 3-6 غلظت ازون در ارتفاعات مختلف جو را نشان می‌دهد. غلظت ازون از ارتفاع 16 کیلومتر به بعد شدیداً افزایش یافته و در ارتفاع 23-25 کیلومتری به حداکثر می‌رسد از این ارتفاع به بعد غلظت ازون به طور قابل ملاحظه کاهش یافته و از ارتفاع 35 کیلومتری به بعد غلظت ازون موجود در جو بسیار ناچیز است.



شکل 6-3. نمایه ازون در لایه تروپوسفر (ورد سپهر) و استراتوسفر (آرام سپهر)

ازون در قسمت فوقانی جو تولید شده و مقادیر اندکی از آن به لایه‌های زیرین جو نفوذ می‌کند. آتش سوزی جنگلها و صاعقه نیز اندکی ازون تولید می‌کند. غلظت ازون در جو معمولاً بین 0/2-0/4 ppm متغیر است (اکسیدانهای فتوشیمیایی، -1977). غلظت ازون در حومه شهرها و نواحی روستایی بیش از مرکز شهر است، زیرا ازون شهری با متواکسید نیتروژن واکنش داده و غلظت آن کاهش می‌یابد. میانگین جهانی ازون در حدود 300 دابسون است و از 230 تا 500 دابسون متغیر می‌باشد.



ماخذ: (گزارش ارزیابی خدمات کیفی، 2005، ص 10)

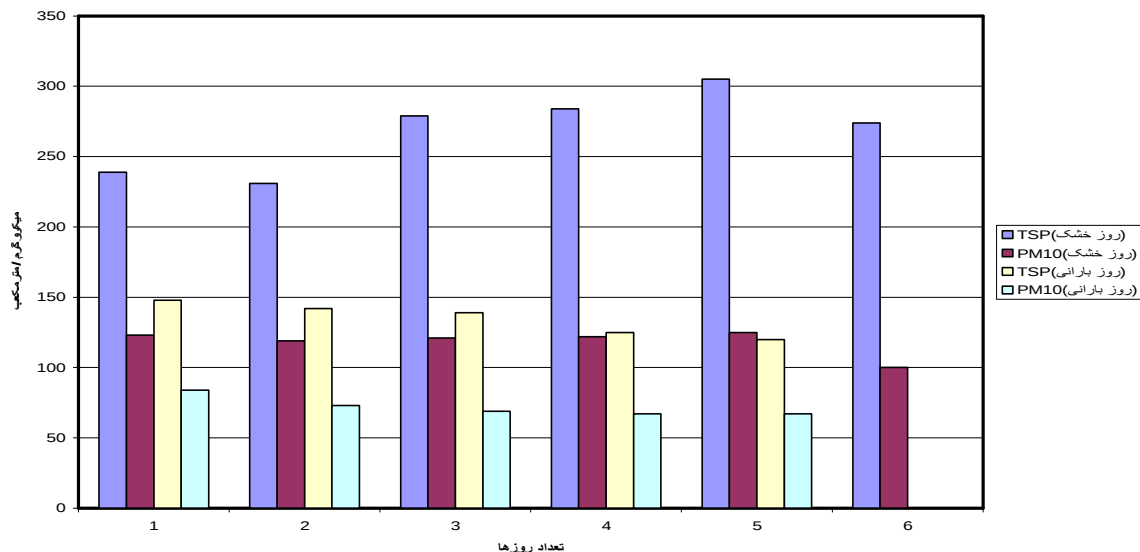
§ ذرات

هر ماده پراکنده اعم از جامد یا مایع که در آن، تک تک اجزاء بزرگتر از یک مولکول با قطر تقریبی $0/002$ میکرومتر و کوچکتر از 500 میکرومتر باشد، ذره به شمار می‌رود. ذرات بر حسب خواص فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- خواص فیزیکی عبارتند از: اندازه، شکل، ته نشین شدن و کیفیت نوری
- خواص شیمیایی عبارتند از: ترکیبات آلی و معدنی
- خواص بیولوژیکی: که مربوط به طبقه بندی آنها به صورت باکتری، ویروس، هاگها و دانه گیاهان و... است.

اندازه مهمترین خاصیت فیزیکی ذرات است که بر حسب میکرومتر بیان می‌شود. ذرات بزرگتر از 5 میکرومتر با چشم قابل رویت هستند اما ذرات کوچکتر از $0/005$ میکرومتر توسط میکروسکوپ قابل

مشاهده می‌باشند. در مطالعات آلودگی هوا ذرات با قطر بین 0/01 تا 100 میکرومتر حائز اهمیتند که دودهای غلیظ متالوژی، غبار سیمان، خاکستر، دوده کربن و غبار مه آلود اسیدسولفوریک در این محدوده قرار دارند. ذرات با قطر کمتر از یک میکرومتر سریعاً ته‌نشین نمی‌شوند. ذرات بر حسب نحوه تشکیل به غبار، دود، دودغلیظ، دود حاصل از خاکستر، غبارمه آلود یا اسپری طبقه‌بندی می‌شوند. چهار گروه اول جامد و دو گروه آخر مایع هستند. ذرات با مقدار بیش از 80 میکروگرم بر متر مکعب ظرفیت حیاتی ریه را کاهش می‌دهد. ذرات بزرگتر از 15-10 میکرومتر در قسمت فوقانی سامانه تنفسی قرار می‌گیرند. ذرات با قطر کمتر از 10 میکرومتر به دلیل راهیابی به سامانه تنفسی شاخص اصلی مواد معلق در هوا هستند. این ذرات به اعماق ریه نفوذ نموده و موجب ناراحتی‌های تنفسی می‌شوند و تعداد مرگ و میر روزانه در ساکنین شهرها به ویژه افراد مسن و بیماران ریوی را افزایش می‌دهند. این ذرات در تشدید بیماری‌های قلبی، کاهش سامانه ایمنی بدن، از بین رفتن بافت ریه، آسم، مرگ و میر زودرس و سرطان نقش عمده‌ای دارند. ذرات معلق عامل اصلی کاهش دید نیز می‌باشند. غلظت ذرات در جو به شرایط جوی شدیداً وابسته است طوری که در روزهای بارانی غلظت ذرات معلق در شهر به شدت کاهش می‌یابد. بدین منظور در دوره آماری در چند روز خشک و چند روز بارانی اندازه‌گیری ذرات معلق در شهر اصفهان صورت گرفت که نتایج در شکل 5-6 نشان داده شده‌است. ملاحظه می‌شود که کل ذرات معلق در هوای شهر اصفهان مقادیر قابل توجهی دارند که بارش این میزان را کاهش داده است.



شکل 5-6. کل ذرات معلق و ذرات با قطر 10 میکرومتر موجود در هوای شهر اصفهان سال 1383-1384

ماخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست

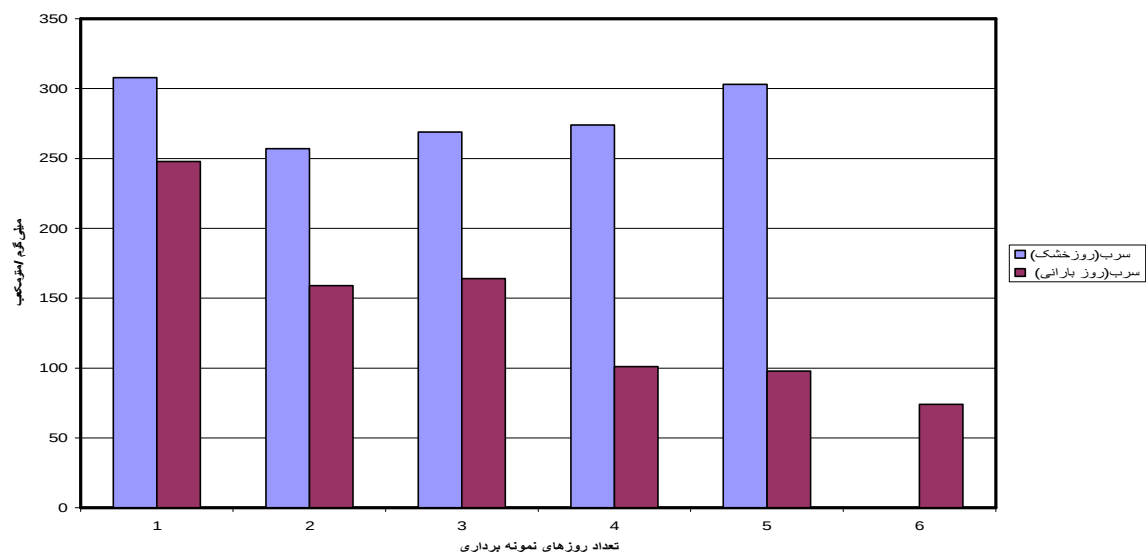
§ غبار

ناشی از خرد شدن جرمهای بزرگتر در حین فرآیندهایی نظیر خرد کردن، آسیاب کردن یا انفجار است. به طور مستقیم یا غیر مستقیم در اثر به کارگیری موادی از قبیل زغال سنگ، سیمان یا دانه‌ها وارد جو شده و یا محصول فرعی یک فرآیند مکانیکی نظیر اره کردن چوب می‌باشد. غباری که قابلیت تعلیق موقت را در هوا یا سایر گازها دارد، دارای قدرت نفوذ نبوده و تحت تأثیر نیروی گرانشی ته نشین می‌شود.

§ دود

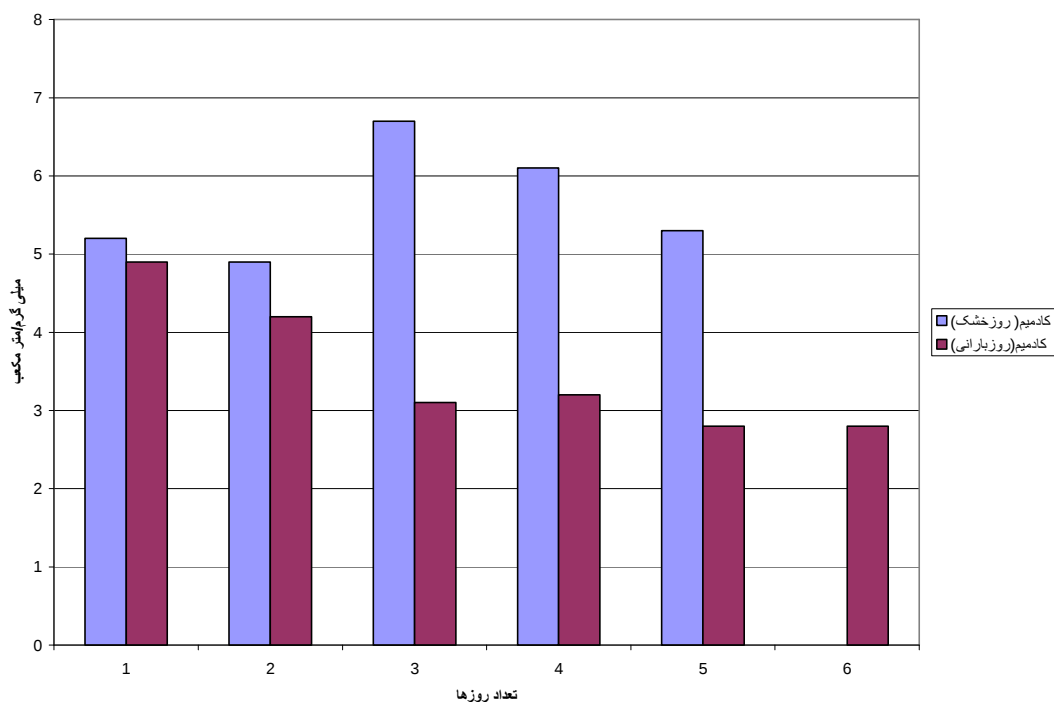
ناشی از احتراق موادی نظیر زغال سنگ، چوب یا تنباکو است که عمدتاً از کربن و سایر مواد قابل احتراق تشکیل شده اند. قطر ذرات دود از 0/5 تا 1 میکرومتر متغیر هستند.

- **دود غلیظ:** ذرات جامد ریزی (اکسیدهای فلزی مثل روی و سرب) که از متراکم شدن بخارات مواد جامد تشکیل شده‌است. دود غلیظ در اثر تصعید، تقطیر یا فرآیند ذوب فلزات به وجود آمده و قطر آن بین 0/03 تا 0/3 میکرومتر است. دود غلیظ پس از لخته شدن ذرات ته نشین می‌شود.
- **دود ناشی از خاکستر:** ذرات غیر قابل احتراق ریزی که در گازهای حاصل از احتراق زغال سنگ وجود دارند. این مواد معدنی یا فلزی در تمامی زغال سنگها وجود دارند و پس از سوختن قسمت آلی زغال سنگ آزاد می‌شوند. دود ناشی از خاکستر حاوی ذراتی با قطر 1 تا 1000 میکرومتر است.
- **غبار مه آلود:** از ذرات مایع یا قطرات ناشی از مایع شدن بخار، پراکنش یک مایع (در اثر تشکیل کف)، یک واکنش شیمیایی (نظیر تشکیل غبار مه آلود اسید سولفوریک) تشکیل شده‌است. قطر آن کمتر از 10 میکرومتر است. غبار غلیظ اگر قابلیت دید را کاهش دهد، مه نامیده می‌شود.
- **اسپری:** از ذرات مایع (نظیر آفت کش‌ها و حشره کش‌ها) تشکیل شده که قطر آنها بین 10 تا 1000 میکرومتر متغیرند.
- **فلزات سنگین:** ذرات معدنی با قطر ده نانومتر تا یک میلی متر و جرم مخصوص بیش از شش گرم در هر سانتی متر مکعب که در جو معلق بوده و توسط نزولات جوی یا تحت تأثیر جاذبه زمین یا حرکت هوا به روی گیاه و خاک نشست می‌کنند. شرایط مساعد جوی جذب این ذرات را تسریع می‌کند. شکل 6-6 غلظت سرب اندازه گیری شده در هوای شهر اصفهان در شرایط جوی بدون بارش و با بارش را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که غلظت سرب و کادمیم در روزهای خشک چندین برابر روزهای تر است.



شکل 6-6. سرب موجود در هوای شهر اصفهان سال 1383-1384

ماخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست



شکل 7-6. کادمیم موجود در هوای شهر اصفهان سال 1383-1384

ماخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست

سرب و کادمیم از جمله آلاینده‌های سمی می‌باشند که توسط چرخش جوی به سطح زمین نزول نموده در سطح روین خاک متوقف شده و تا عمق 100 سانتی متری نفوذ می‌نماید. آلاینده‌های فلزی موجود در جو، از طریق برگ، پوسته و ریشه به گیاه نفوذ نموده و در پوسته و تنه درخت ذخیره می‌شوند. گیاهان علفی و برگ ریز در مقایسه با جوز داران (گونه‌هایی که دارای میوه کاجی شکل هستند) نسبت به سرب و کادمیم حساسترند. میزان جذب سرب توسط برگ بین 4 تا 15 درصد است. سرب توسط پلانکتون گیاهی هم جذب می‌شود.

2-6. اعمال استانداردها

برای وضع استانداردها و کنترل منابع ساکن انتشار آلاینده و وضع مقررات مربوطه می‌بایست عملیاتی صورت گیرد که این مراحل عبارتند از:

مرحله اول: مرحله هوشیاری • آغاز اولین مرحله کنترل.

مرحله دوم: مرحله هشدار • اعمال محدودیت‌هایی بر عملکرد واحدهای صنعتی و خودروها.

مرحله سوم: تعیین حد اضطراری • اعمال کنترل شدید بر واحدهای صنعتی و حمل و نقل شهری.

در جدول 5-6 استانداردهای اولیه و ثانویه کیفیت هوا درج شده‌است. این مقادیر برای سنجش میزان سلامتی کارگران بزرگسال برای 8 ساعت کاری روزانه و 5 روز کاری در طول هفته ارائه شده‌است (رائو، 2001).

جدول 5-6. استانداردهای کیفیت هوای آژانس حفاظت محیط زیست¹

آلاینده	استاندارد اولیه	استاندارد ثانویه
ذرات		
میانگین هندسی غلظت سالانه	75	60
حداکثر غلظت 24 ساعته	260	150
سرب		
مقدار متوسط سه ماهه	1/5	مشابه اولیه
هیدروکربنها		
حداکثر غلظت 3 ساعته (6 الی 9 صبح)	160(0/24 ppm)	مشابه اولیه
منواکسیدکربن		
حداکثر غلظت 8 ساعته	10(9ppm)	
حداکثر غلظت 1 ساعته	40(35ppm)	مشابه اولیه
اکسیدهای گوگرد		
میانگین حسابی غلظت سالانه	80(0/03ppm)	
حداکثر غلظت 24 ساعته	365 (0/14ppm)	
حداکثر غلظت 3 ساعته		1300(0/5ppm)
دی اکسیدنیتروژن		
میانگین حسابی غلظت سالانه	100(0/05ppm)	مشابه اولیه
اکسیدکننده های فتوشیمیایی	240(0/12ppm)	مشابه اولیه

* همه اندازه گیریها بر حسب میکروگرم بر متر مکعب است، غیر از مقادیر ذکر شده برای منواکسیدکربن که بر حسب میلی

گرم بر متر مکعب است. مقادیر معادل بر حسب قسمت در میلیون (ppm) تنها برای آلاینده های گازی منظور شده اند.

* مقادیر نباید بیش از یک بار در سال مقدار آلاینده ها از حد ذکر شده تجاوز کند.

¹.Environmental Protect Agency . EPA

3-6. استانداردهای کیفیت هوا در ایران

این استانداردها از استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست اتخاذ و در جدول 6-6 ارائه شده است.

جدول 6-6. استاندارد کیفیت هوا در ایران

آلاینده‌های هوا	دوره ارزیابی	استاندارد اولیه PPM	استاندارد ثانویه PPM
CO	میانگین 8 ساعته	9	9
SO ₂	میانگین 24 ساعته	0/14	0/1
HC (NMHC)	میانگین 3 ساعته (صبح 6-9)	0/24	0/24
NO ₂	میانگین سالانه	0/05	0/05
SPM	میانگین 24 ساعته	0/026	0/015

6-4. اطلاعات هواشناسی

اطلاعات هواشناسی مبین وضعیت دینامیک جو بوده و معمولاً به شکل زیر طبقه بندی می‌شوند:

- اطلاعات ساده شامل: سمت و سرعت باد، درجه حرارت، پوشش ابر، تابش
- اطلاعات پروفایل شامل: سمت و سرعت باد و دما در دو یا چند ارتفاع و...
- اطلاعات درهمی جریان شامل: انحراف معیار سمت و سرعت باد.

به منظور تعیین سهم هر یک از منابع انتشار آلاینده در کیفیت هوا می‌بایست اطلاعات مربوط به نحوه انتشار آلاینده‌ها در جو، اغتشاش¹، وارونگی دما² نیز گردآوری گردد. فرآیندهای موثر بر غلظت آلاینده‌ها از جمله واکنش‌های شیمیایی، فرارفت، اختلاط³ و نهشت⁴ نیز حائز اهمیت است.

§ گرما

1. Turbulance

2. Inversion

3. Mixing

4. Deposition

سطح زمین جاذب اصلی تابش خورشید است، لذا تروپوسفر عمدتاً توسط سطح زمین گرم می‌شود. انتقال حرارت به چهار روش در تروپوسفر صورت می‌گیرد که عبارتند از: اثر گلخانه ای، چرخه تراکم-تبخیر، هدایت و همرفت. بخار آب و دی‌اکسید کربن در برابر تابش‌های طول موج بلند شفافیت ندارند لذا این تابش‌ها در جو زمین باقی مانده و موجب افزایش دما می‌شوند که این پدیده را اثر گلخانه‌ای نامند و در بررسی کیفیت هوا حائز اهمیت است. در بررسی کیفیت هوا محاسبه درجه- روزها نیز حائز اهمیت است و از تفریق دماهای متوسط روزانه در یکسال از دمای آستانه (18 درجه سلسیوس) حاصل می‌شود.

§ پایداری جوی

در تروپوسفر معمولاً دمای هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد و نرخ تغییر دما را نرخ بازگشتی می‌نامند. نرخهای بازگشت بی دررو و محیطی معیارهای پایداری شوند. پایداری هوا بیانگر میزان توانایی توده‌های هوا در صعود عمودی است. برای محاسبه نحوه پراکندگی آلاینده‌ها، محاسبه پایداری یا ناپایداری جو ضروری است. در لایه جوی همدم¹، نرخ بازگشت محیطی صفر و جو پایدار است. اگر دمای هوا با افزایش ارتفاع، افزایش یابد نرخ بازگشت منفی و وارونگی دما روی می‌دهد. وارونگی دما بیانگر پایداری زیاد جو است. فرایند همرفت عامل اصلی تفرق آلاینده‌ها در یک حجم بزرگ هوا محسوب می‌شود و عمق لایه آمیزش جهت حرکت عمودی آنها یک مرز فوقانی ایجاد می‌نماید. از این رو بهترین شرایط برای پخش آلاینده‌ها با ناپایداری شدید و استقرار یک لایه آمیزش ضخیم همراه می‌باشد. این وضعیت در روزهای آفتابی تابستانی بیشتر روی می‌دهد. نامطلوبترین شرایط زمانی حاصل می‌شود که یک اینورژن حرارتی در لایه مجاور سطح زمین پایدار باشد. در این اوقات تلاطم سرکوب شده و حرکات عمودی کاهش می‌یابد.

§ فشار

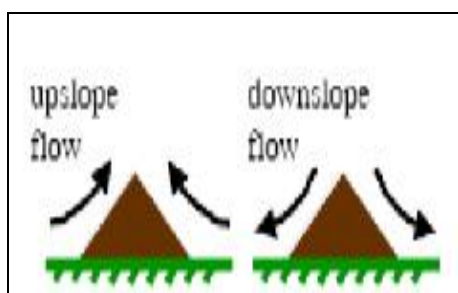
¹. Isothermal

در پدیده‌های هواشناسی فشار یک متغیر مهم به شمار می‌رود. فشار هوا در سطح زمین حداکثر است زیرا تحت تأثیر وزن تمام هوایی است که در بالای واحد سطح مورد نظر قرار گرفته است. در ارتفاعات بالاتر جو تعداد مولکولها و اتم‌ها کمتر شده و بدین دلیل فشار جو با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. فشار بر حسب میلی متر جیوه بیان می‌شود که هر میلیمتر جیوه برابر $1/3$ میلی‌بار است و این مقدار را میلیمتر استاندارد جیوه نامند. در ایستگاه هواشناسی، فشار سطح ایستگاه اندازه‌گیری می‌شود. برای مقایسه فشار هوا در ایستگاههای مختلف با ارتفاعات متفاوت باید کلیه فشارها به یک سطح استاندارد تبدیل شود. لذا فشار سطح ایستگاه را به فشار سطح متوسط دریا¹ تبدیل می‌کنند. این مقادیر فشاری روی نقشه‌های همدیدی هوا درج شده و نقاط دارای فشار یکسان توسط خطوطی به هم متصل می‌شوند. نقشه همدیدی سطح متوسط دریا بیانگر نحوه توزیع فشار و محل استقرار سامانه‌های جوی است. هر سامانه فشاری با وضعیت جوی ویژه‌ای همراه است. الگوهای فشار، دما، باد سطح زمین، پدیده موجود، نوع ابرها به هواشناس در تشخیص سامانه‌های جوی، توسعه پدیده‌های جوی و تعیین موقعیت جبهه‌ها کمک می‌کند. پراکندگی فشار مهمترین عنصر آب و هوایی به شمار می‌آید زیرا عناصر دیگر را کنترل می‌کند. لذا ابتدا الگوی پراکندگی فشار در روی زمین را تعیین نموده و بر اساس این الگوها عناصر دیگر را مطالعه می‌کنند. سامانه‌های فشار زیاد با آسمان صاف، بادهای ملایم و جو پایدار همراهند. اگر چنین سامانه‌ای روی یک ناحیه برای مدتی ساکن باقی بماند، انباشتگی آلاینده‌های هوا ایجاد می‌شود. سامانه‌های کم‌فشار با ناپایداری جوی، وزش باد و باران همراه بوده، لذا احتمال انباشتگی آلاینده‌ها در سلول‌های کم‌فشار کمتر است.

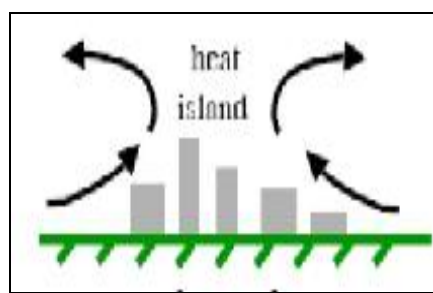
§ باد

¹. Mean Sea Pressurre

باد در مقیاس بزرگ ناشی از توزیع نابرابر دما و فشار جو است. جهت جریان باد از نواحی فشار زیاد به سمت نواحی کم فشار است، اما نیروی کوریولیس جریانهای هوا را از این مسیر منحرف می سازد. در مقیاس بزرگ و کوچک توپوگرافی سطح زمین شدیداً بر جهت حرکت هوا اثر دارد. گردباد، نسیم دریا- خشکی، نسیم کوهستان- دره، مه، جزایر گرمایی شهری دلالت بر تأثیر پوشش شهری و توپوگرافی محلی بر شرایط جوی دارند. نسیم کوهستان رو به سوی بالا دارد و معمولاً در ساعات گرمتر روز به وجود می آید و همراه با نسیم شبانهگاهی که رو به سوی پایین دارد، فرایندهای موثر بر کیفیت هوا هستند (اشکال 6-8 و 6-9).



شکل 6-9. اثر ناهمواری بر جریان هوا



شکل 6-8. اثر جزیره گرمایی شهری

§ رطوبت

رطوبت به شکل بخار از سطح زمین صعود نموده، متراکم شده و ابر تشکیل می شود. بر اساس مکانیزمهای جوی موجود این بخارات به شکل باران، تگرگ یا برف به زمین باز می گردد. مقدار و نحوه توزیع رطوبت بر کیفیت هوا اثر دارد زیرا رطوبت بر تابش مستقیم خورشید، بازتابش، تابش پراکنده یا جذب شده توسط زمین موثر است.

§ بارش

بارش ذرات و گازهای موجود در جو را در فرآیندی مشابه شستشو جدا می کند. قطرات رطوبت با دی اکسید گوگرد واکنش داده تولید اسیدسولفوریک و یا اسیدسولفورو می نماید و باران اسیدی حاصله

موجب افزایش سرعت خوردگی می‌شود. به علاوه در چنین بارانهایی PH به طور غیر طبیعی کم است لذا PH رودخانه و نهرها را تغییر داده بر جلبک‌ها و سایر گیاهان موجود در این آبها اثر می‌گذارد.

§ سامانه‌های جوی

موقعیت قاره‌ها، تفاوت در پستی و بلندی زمین، تفاوت تابش، انرژی باد و الگوهای جهانی گردش هوا، سبب تشکیل سامانه‌های جوی فشارکم و فشار زیاد هستند. حرکت این سامانه‌های فشارکم و فشار زیاد سبب بروز بسیاری تغییرات جوی است. معمولاً سامانه‌های فشار زیاد با آسمان صاف، بادهای ملایم و جو پایدار همراهند. تحت این شرایط پایدار، دما و رطوبت اندکی تغییر یافته و هر تغییر دیگری در وضعیت هوا تدریجی خواهد بود. در این شرایط پراکندگی ذرات هوا محدود شده و فرونشست هوا از لایه‌های فوقانی به سطح زمین سبب افزایش تراکم آلاینده‌ها تا مقادیر بحرانی خواهد بود. سامانه فشارکم معمولاً همراه با آسمان ابری، باد شدید، جو ناپایدار و جبهه‌های هوا هستند. در نیمکره شرقی حرکت افقی هوا پادساعتگرد بوده و حرکت عمودی رو به بالاست لذا پراکندگی آلاینده‌ها در سطح وسیعی صورت می‌گیرد.

§ جبهه‌های جوی

مجاورت دو توده هوا با دما و ویژگی‌های متفاوت سبب تشکیل لایه‌های مرزی وسیعی می‌شود زیرا عمل اختلاط به سرعت صورت نمی‌پذیرد. هوای گرمتر با چگالی کمتر تمایل دارد بر روی هوای سردتر با چگالی بیشتر قرار گیرد. نواحی شیب دار واسط بین دو توده هوا با چگالی‌های مختلف جبهه نامیده می‌شوند که از سطح زمین شروع و با شیبی متفاوت بسته به نوع جبهه به داخل لایه‌های فوقانی کشیده می‌شوند. در این حال هوای گرم روی هوای سرد قرار گرفته و پیوسته اینورژن آنها را همراهی می‌نماید. اینورژن‌های جبهه ای عمر کوتاهی دارند و لی بر تراکم آلاینده‌ها در سطح زمین مؤثرند، به ویژه در جبهه گرمی که آرام حرکت کند این تأثیر بیشتر است. شیب جبهه گرم معمولاً کم (1:200) است، از

اینرو هوای گرم بالا نسبتاً به سطح زمین نزدیک می‌باشد و در هنگام نزدیک شدن جبهه مزبور سقف اینورژن پایین کشیده شده و عمق لایه آمیزش به وضوح کاهش می‌یابد، لذا پراکنش آلاینده‌ها تا عبور کامل جبهه از محل محدود بوده و غلظت آلودگی افزایش می‌یابد.

5-6. تأثیر پدیده‌های هواشناسی بر کیفیت هوا

مقدار آلاینده ای که محیط می‌تواند در خود جای دهد به شرطی که غلظت آلاینده‌های مختلف از حد استاندارد کیفیت هوا تجاوز نکند، ظرفیت پذیرش محیط نامیده می‌شود. این ظرفیت برای فاکتورهای مختلف آلاینده در هر محل ثابت نبوده و به شرایط جوی بستگی دارد. به شرایط جوی که اجازه می‌دهد آلاینده‌ها در هوا به مقدار زیادی انباشته شوند ظرفیت پذیرش کم گویند و به شرایط جوی که اجازه پخش سریع آلاینده‌ها در هوا و نفوذ سریع آن را به لایه‌های بالای جو می‌دهد، ظرفیت پذیرش زیاد اطلاق می‌کنند. یکی از علل افزایش غلظت آلاینده‌ها در محل عدم وجود شرایط فرارفت است طوری که از جابه جایی افقی¹ و عمودی² آلاینده‌ها ممانعت کند.

§ حداکثر عمق اختلاط³

تعیین حداکثر عمق اختلاط برای تعیین پتانسیل آلودگی هوا در منطقه مفید است. عملیاتی که در افزایش آلودگی هوا تأثیر دارند باید در نواحی مستقر شوند که پراکندگی جوی در آنها بیشترین احتمال وقوع را دارد.

§ لایه مرزی جو

در سیالی که بر روی یک سطح صلب حرکت می‌کند لایه مرزی قابل تشخیص است. این مرز کم عمق، منعکس کننده تأثیرات سطح زمین و دارای جریان تلاطمی، است. از طریق این لایه ماده و انرژی

¹. Advection

². Convection

³. MDD

بین جو و سطح زیرین آن مبادله شده و محیطی برای انتقال انرژی جهت حرکت سامانه‌های جوی در تمامی مقیاس‌ها می‌باشد. انتشار مولکولی و انتشار تلاطمی دو ساز و کار عامل در تبادل و ترابری انرژی و ماده در لایه مرزی است که انتشار مولکولی به لایه نازکی در مجاورت سطح زیرین لایه مرزی جو محدود می‌شود. مکانیزم غالب در فرآیند تبادل و انتقال انرژی و ماده بین سطح کره زمین و جو آن، تلاطم است که نوعی حرکت غیر منظم می‌باشد. یکی از ویژگیهای حرکت تلاطمی ریزش انرژی از حرکت‌های بزرگ مقیاس به حرکت‌های کوچک مقیاس است. ساختار لایه مرزی در هر مکان به وسیله سطح زیرین آن مشخص می‌شود. این ساختار روی خشکی به شدت متأثر از سرمایش و گرمایش شهری و ابرناکی است. روز هنگام در شرایط آسمان صاف، گرمایش سطح زمین سبب ایجاد شرایط همرفتی و شکل‌گیری یک لایه مرزی خوب آمیخته می‌گردد. در لایه مرزی پایدار جریان در سطح زمین به وسیله ناهمواری سد شده که بر پخش آلاینده‌ها اثر زیادی دارد.

6-6. تاثیر کیفیت هوا بر پدیده‌های جوی

روابط متقابل شرایط جوی و کیفیت هوا می‌تواند بر پخش، تراکم یا حذف آلاینده تأثیر داشته باشد. گاهی هوای آلوده شرایط اقلیمی جهانی و منطقه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آلودگی هوا در مقیاس منطقه‌ای و محلی قابلیت دید را کاهش می‌دهد. بارش‌های با ترکیبات متغیر و اسیدی و اثر جزیره گرمایی شهری ناشی از تغییرات کیفیت هوا در شهرها است.

§ کاهش قابلیت دید

قابلیت دید معیار استاندارد شفافیت جو در بیناب مرئی است و کاهش آن سبب بروز مخاطرات در ترابری زمینی و هوایی است. ذرات نور را پراکنده می‌کنند و این پراکنش سبب کاهش تمایز بین اجسام و زمینه آسمان و کاهش قابلیت دید است.

§ بارش‌های متغیر

قطرات آب و ذرات ریز معلق در جو هسته‌های چگالش بخار آب هستند، برای ایجاد ابر و باران علاوه بر شرایط ترمودینامیکی وجود این هسته‌ها ضرورت دارد. افزایش بارش در فاصله 30 تا 35 کیلومتری شهرهای بزرگ و صنعتی که انتشار ذرات در آنها زیاد است قابل ملاحظه می‌باشد. تشکیل مه در شهرهای بزرگ دو برابر نواحی توسعه نیافته و تشکیل ابر در شهرهای بزرگ ده درصد بیشتر از نواحی اطراف شهرهاست. افزایش مه در نواحی صنعتی با غلظت‌های بالای دی‌اکسید گوگرد رابطه مستقیم دارد و افزایش بارش‌های اسیدی با افزایش غلظت منواکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد رابطه مستقیم دارد (بیکت، 1987).

§ جزیره گرمایی شهری

مصالح ساختمانی نظیر قیر، بتون، سنگ و آجر قابلیت حفظ گرما را دارند لذا افزایش دما در لایه مرزی شهری در هنگام استقرار توده هوای سرد قابل ملاحظه است. این افزایش دما با افزایش سوخت مصرفی ارتباط دارد و با محاسبه درجه - روزها قابل تخمین است. افزایش دمای ایجاد شده در اثر سوختن مواد فسیلی کاهش دمای به وجود آمده در اثر بازتابش از ذرات را جبران نموده لذا شهرها دمای متوسط بیشتری دارند. پدیده ای که از این عوامل ناشی می‌شود جزیره گرمایی شهری نامیده می‌شود. در جدول 6-7 مقایسه پدیده‌های جوی بین نواحی شهری و غیر شهری به عمل آمده است.

جدول 6-7. مقایسه متوسط مقادیر شهری نسبت به مقادیر غیر شهری

متغیر	متوسط مقادیر شهری نسبت به مقادیر شهری
حداقل دمای روز	2/5 درجه سانتی گراد بیشتر
رطوبت نسبی در تابستان	8 درصد کمتر
حرکت کامل باد	25 درصد کمتر
کل بارندگی‌ها	10 درصد بیشتر
پوشش ابری	10 درصد بیشتر
تناوب تشکیل مه در زمستان	10 درصد بیشتر

مأخذ: بونکین و کلر، 1371

7-6. نقش ساخت و سازها در کیفیت هوای شهر اصفهان

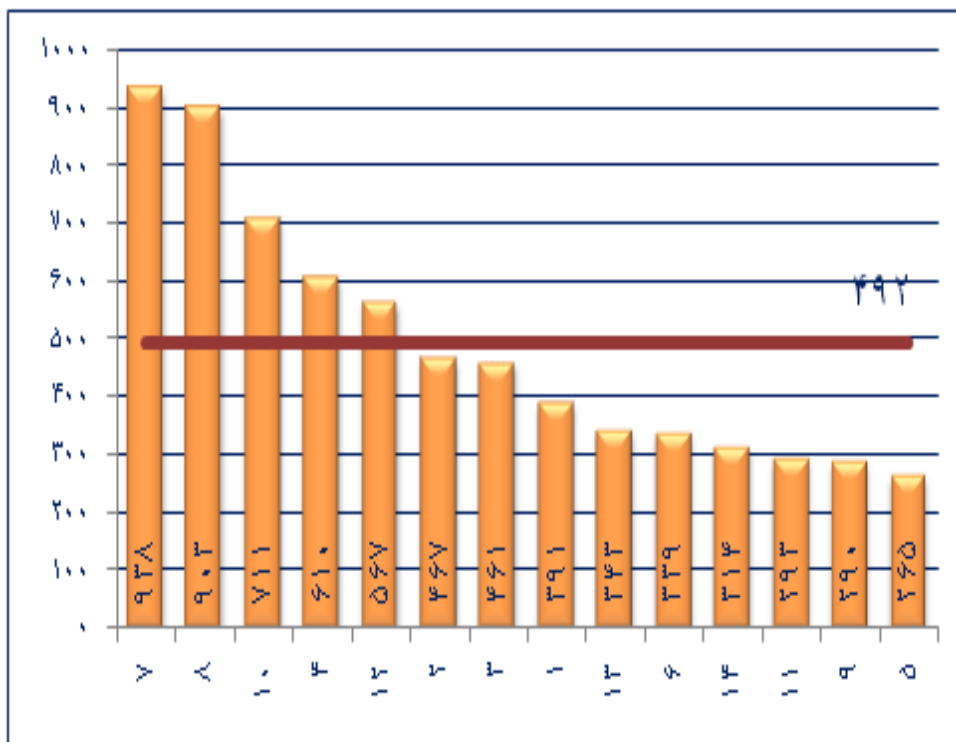
در مقیاس خرد، مجموعه‌های ساختمانی و تک‌تک ساختمان‌ها تغییراتی در متغیرهای آب و هوایی ایجاد می‌نمایند که بر کیفیت هوای شهر تأثیر گذار است. تغییرات ناشی از مجموعه ساختمان‌ها از جمله اثرگذارترین اقداماتی است که بشر روی آب و هوای لایه مرزی ایجاد نموده است. رشد جمعیت، توسعه عمودی شهرها را سبب شده و توسعه عمودی ساختمان‌ها بر حرکت هوا در سطح زمین اثر گذاشته و کیفیت هوای شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شکل 6-10 تعداد ساختمان‌های احداث شده در شهر اصفهان در سال‌های 87 درج شده است. ملاحظه می‌شود که در مجموع 6892 عدد ساختمان جمعاً به مساحت 4118167 متر مربع می‌باشد. این رقم علاوه بر اشغال فضاهای سبز افزایش منابع تولید آلاینده‌ها را در بر دارد. از طرفی در سال‌های اخیر تقاضا برای احداث ساختمان‌های یک طبقه کاهش یافته و تمایل به احداث ساختمان‌های چند طبقه افزایش یافته است. در شکل 6-10 ملاحظه می‌گردد که در سال 1387 تقاضایی برای احداث ساختمان یک طبقه وجود ندارد و برعکس تمایل به احداث ساختمان‌های پنج طبقه به بالا در همه مناطق مشاهده می‌گردد و در مناطق 7، 8، 10، 4 و 12 این تقاضاها بیشتر است که این مناطق اغلب در شمال و شمال غرب شهر واقع شده‌اند که این امر جریان هوا در لایه مرزی را با اشکال مواجه ساخته و تهویه طبیعی هوا را مختل می‌نماید.

جدول 6-8- تعداد و متراژ پروانه‌های ساختمانی صادر شده به تفکیک مناطق شهرداری در سال 1387

منطقه	تعداد	مساحت
1	391	307340/1
2	467	184290
3	461	303297/46
4	610	387553/2
5	265	218965 /4
6	339	316907/08

منطقه	تعداد	مساحت
7	938	563178
8	903	550983/4
9	290	123753/51
10	711	364500/16
11	293	92522/19
12	567	317198/02
13	343	322409/43
14	314	65269/7
جمع	6892	4118167/66

ماخذ: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان



شکل 6-10- ساختمان‌های احداث شده در شهر اصفهان سال 1387

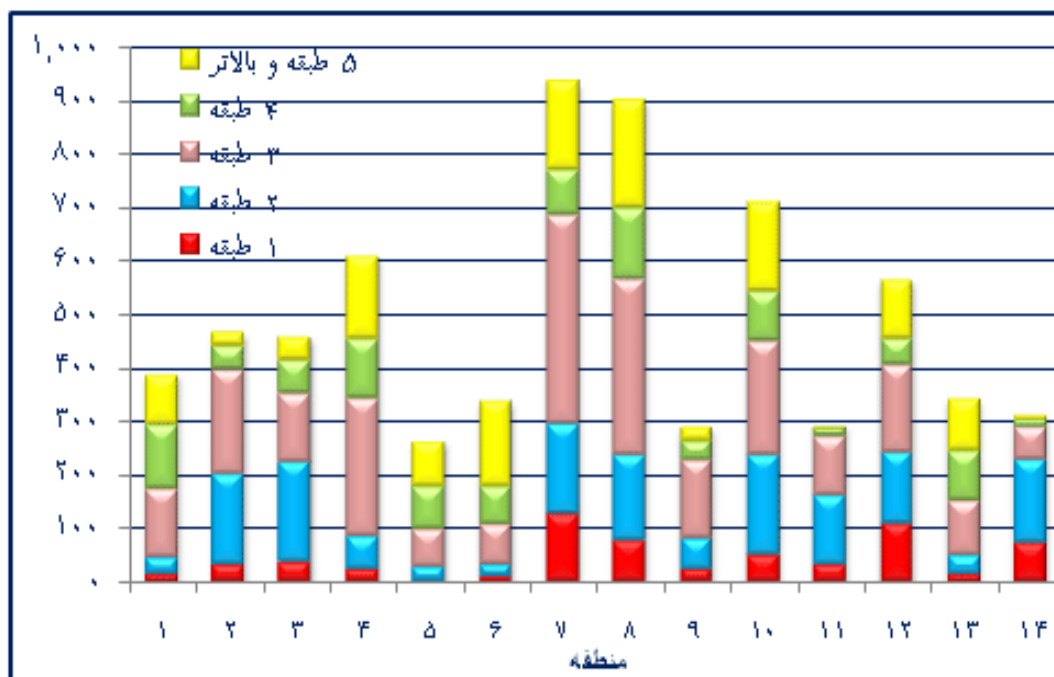
ماخذ: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان

جدول 6-9. تعداد پروانه های ساختمانی صادر شده به تفکیک طبقات در مناطق شهرداری اصفهان

منطقه	یک طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	پنج طبقه و بالاتر
1	17	31	129	121	93
2	34	168	198	41	26
3	39	188	127	62	44
4	28	59	259	109	156
5	7	24	72	76	86
6	14	22	75	68	160
7	128	166	392	85	167
8	79	160	328	133	203
9	26	145	145	37	23
10	51	186	213	96	165
11	36	128	108	18	3
12	109	133	165	50	110
13	16	35	105	90	97
14	74	155	61	15	9
جمع	658	1514	2377	1001	1342

ماخذ: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان

ارقام مندرج در جدول 6-9 و شکل 6-11 بیانگر توسعه عمودی ساختمان ها در شهر اصفهان می باشند که این امر جریان هوا در سطح زمین و تهویه طبیعی هوا را با اشکال مواجه می سازد. به ویژه اگر این ساختمان ها در دو طرف خیابان های کم عرض ساخته شوند بر نامطلوب نمودن کیفیت هوا تأثیر زیادی دارند.



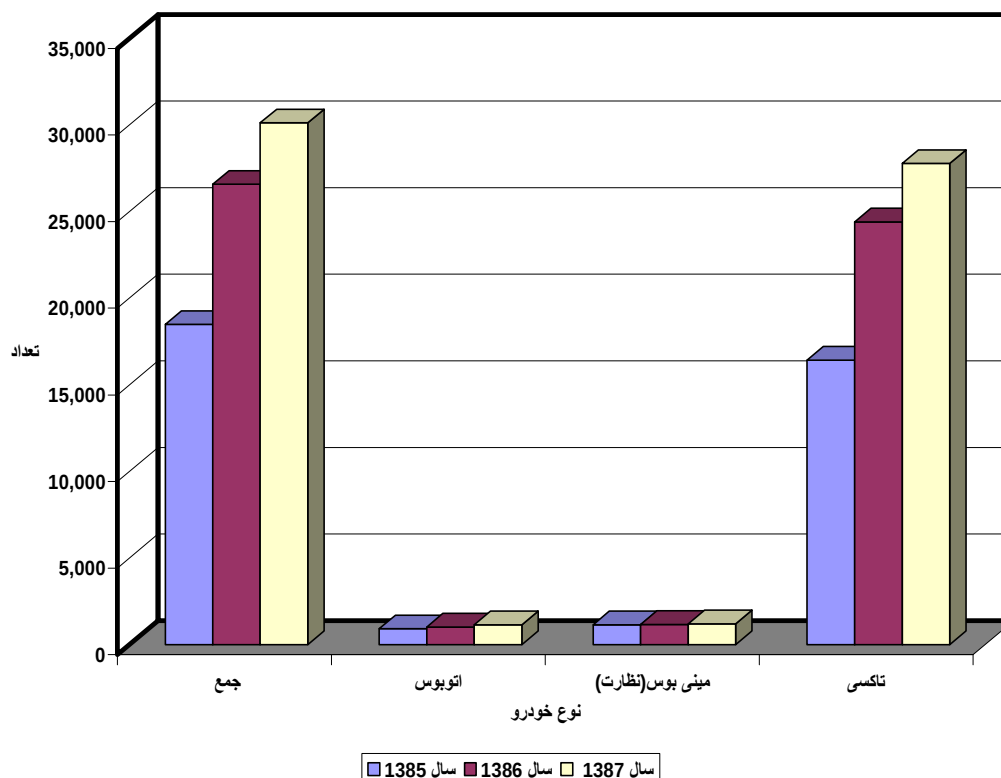
شکل 6-11. ساختمان‌های احداث شده بر حسب تعداد طبقات در شهر اصفهان سال 1387

ماخذ: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان

از طرفی رشد جمعیت سبب افزایش حمل و نقل درون شهری و برون شهری می باشد. این امر افزایش تعداد خودروها در سطح شهر را در پی دارد. لذا طراحی شبکه های حمل و نقل استاندارد جهت ممانعت از ترافیک و راه بندان، به حداقل رساندن سفرها و ترغیب مردم به استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی از راهکارهای مفید در این زمینه می باشد.

6-8. نقش حمل و نقل در کیفیت هوای شهر اصفهان

رشد جمعیت سبب افزایش حمل و نقل می باشد لذا طراحی شبکه های حمل و نقل جهت به حداقل رساندن سفرها و ترغیب مردم به استفاده از وسایل نقلیه عمومی و بهبود جریان ترافیکی نکته ای حائز اهمیت است.



شکل 6-12. تعداد وسیله نقلیه ی عمومی بر حسب نوع در شهر اصفهان

مأخذ: شهرداری اصفهان

در شکل 6-12 ملاحظه می گردد که در سال 1385 جمعاً 18479 عدد خودرو عمومی در شهر اصفهان وجود داشته که 916 عدد اتوبوس، 1140 عدد مینی بوس و 16423 عدد تاکسی بوده است. در سال 1386 این تعداد به 26568 رسیده که از این تعداد 1006 عدد اتوبوس، 1160 عدد مینی بوس و 24402 عدد تاکسی رسیده و در سال 1387 تعداد کل خودروهای عمومی 30109 عدد بوده که 1138 عدد اتوبوس، 1200 عدد مینی بوس و 27771 عدد تاکسی بوده است. افزایش تعداد تاکسی ها که ضریب سرشتین پایینی دارند معضلی در جهت آلودگی هوا محسوب می شود.

جدول 6-10. تعداد سفر و مسافر جا به جا شده درون استانی از طریق شرکت های مسافربری توسط انواع وسایل نقلیه عمومی مسافری جاده ای بر حسب ماه در سال 1387

ماه	تعداد سفر (هزار مورد)	تعداد مسافر (هزار نفر)
-----	-----------------------	------------------------

	جمع	اتوبوس	مینی بوس	سواری	جمع	اتوبوس	مینی بوس	سواری
فروردین	59	12	28	19	930	379	477	74
اردیبهشت	69	15	30	25	1083	482	502	99
خرداد	64	11	31	22	935	349	500	86
تیر	63	10	29	24	886	296	494	96
مرداد	60	9	28	24	839	280	465	94
شهریور	58	8	28	21	794	247	463	84
مهر	60	11	30	20	901	337	486	78
آبان	65	13	29	22	1012	432	494	86
آذر	57	13	20	24	850	425	330	95
دی	62	11	27	25	883	340	445	98
بهمن	68	11	29	28	914	328	475	111
اسفند	65	11	25	29	877	339	424	114

مأخذ: سازمان حمل و نقل و پایانه های استان اصفهان

در جدول 6-10 ملاحظه می شود که تعداد سفر با خودروهای شخصی رقم قابل توجهی را در بر می

گیرد در حالی که تعداد مسافری که توسط آنها جابه جا می شود قابل ملاحظه نمی باشد.

به طور کلی 28/4 درصد کل حمل و نقل درون شهری توسط وسایل نقلیه شخصی صورت می گیرد.

تعداد 46109 خودرو از انواع مختلف در حدود 357965 کیلومتر مسیر را در داخل شهری می کنند که

با توجه به ضرایب انتشار مربوط به انواع خودروها، هر یک انواع آلاینده ها را در سطح شهر منتشر می

نمایند. سرعت خودروها در تردد درون شهری، میزان توقف آنها در پشت چراغ قرمز و حرکت بسیار

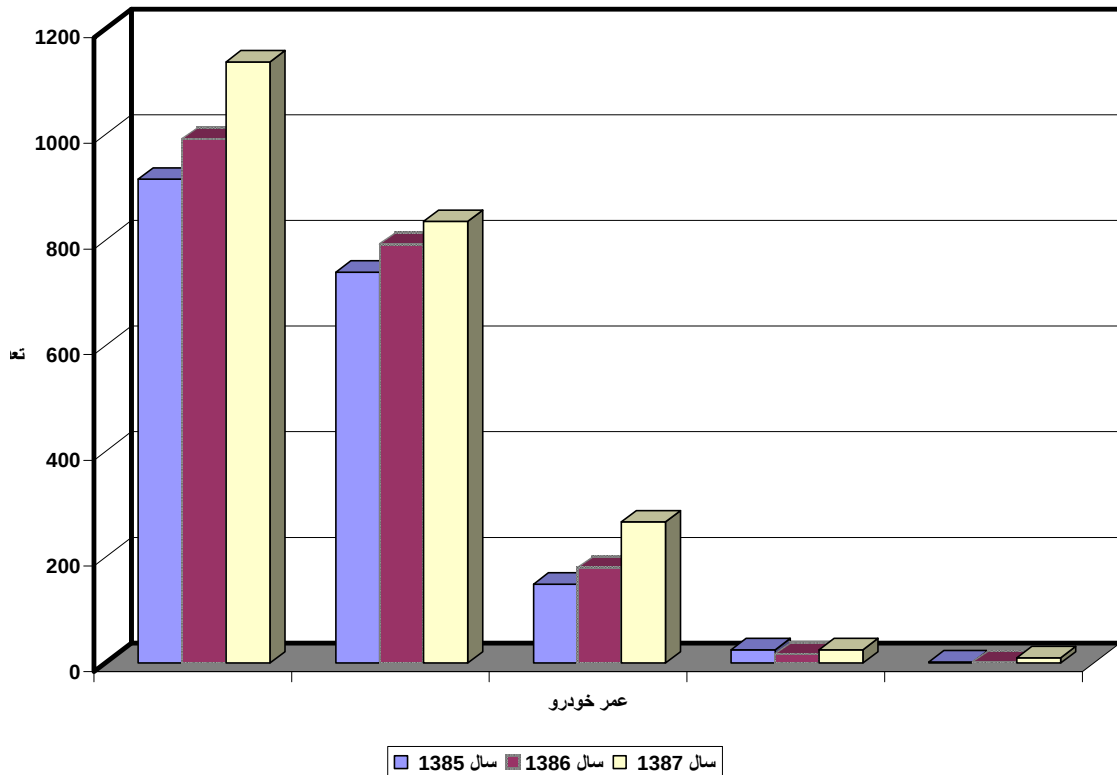
کند آنها در بسیاری مواقع میزان انتشار آلاینده را افزایش می دهد. تاکسی ها 25 درصد سفرهای درون

شهری را بر عهده دارند، یعنی در 53/5 درصد سفرهای درون شهری 552110 کیلومتر مسافت با سرعت

متوسط 20/4-34/6 کیلومتر در ساعت توسط این وسایل طی می شود. درحالی که اتوبوس های شرکت

واحد که بخش اعظم جابه جایی مسافر در سطح شهر را بر عهده دارند فقط 17/8 درصد سفرهای درون

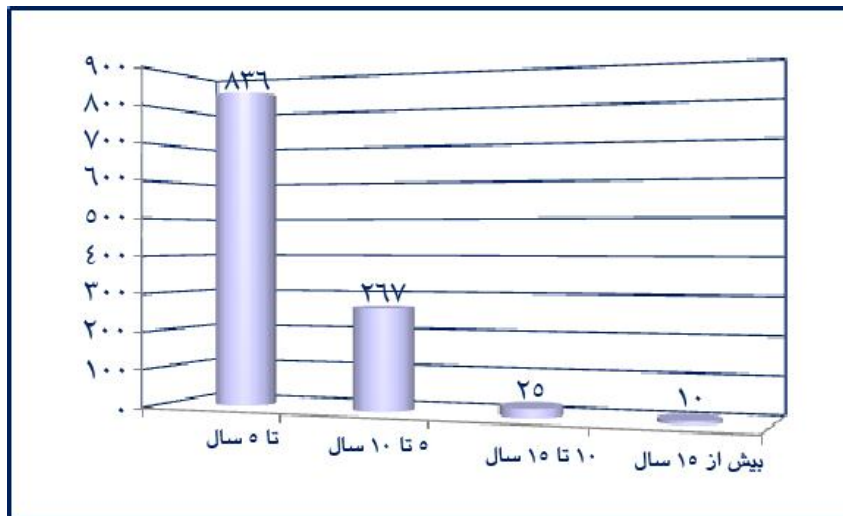
شهری را انجام می دهند.



شکل 6-13. تعداد و مشخصات اتوبوس‌های حمل و نقل عمومی موجود بر حسب عمر

مأخذ: سازمان اتوبوسرانی اصفهان و حومه - شهرداری اصفهان

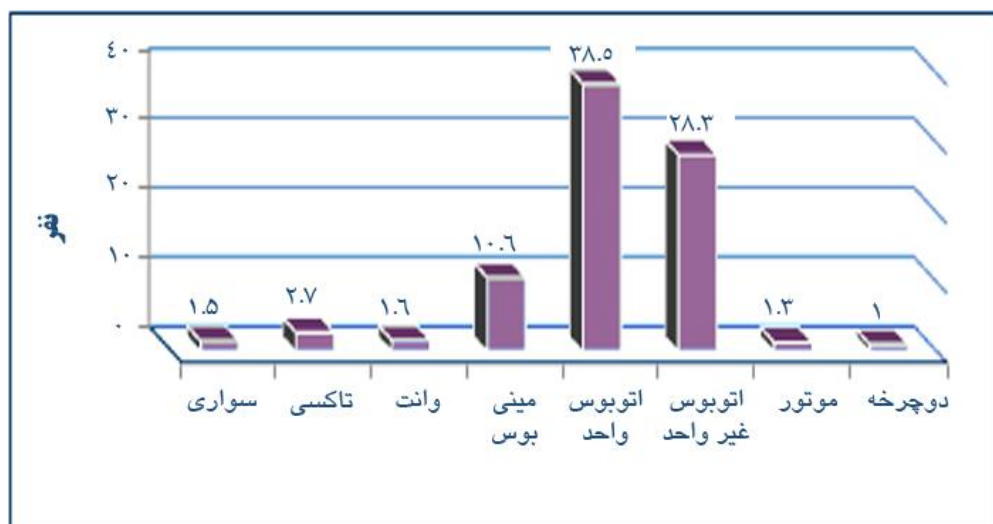
در شکل 6-14 ملاحظه می‌گردد که در سال 1385 جمعاً 916 اتوبوس در سطح شهر تردد می‌کرده که فقط 2 عدد بالای 15 سال عمر داشتند و 740 عدد تا 5 سال، 149 عدد 5 تا 10 سال، 25 عدد 10 تا 15 سال عمر داشتند. در سال 1386 جمعاً 992 اتوبوس در سطح شهر تردد می‌کرده که فقط 2 عدد بالای 15 سال عمر داشتند و 793 عدد تا 5 سال، 180 عدد 5 تا 10 سال، 17 عدد 10 تا 15 سال عمر داشتند. در سال 1387 جمعاً 1138 اتوبوس در سطح شهر تردد می‌کرده که 10 عدد بالای 15 سال عمر داشتند و 836 عدد تا 5 سال، 267 عدد 5 تا 10 سال، 25 عدد 10 تا 15 سال عمر داشتند.



شکل 6-14. تعداد اتوبوس های نقل عمومی بر حسب عمر در سال 87

مأخذ: سازمان اتوبوسرانی اصفهان و حومه - شهرداری اصفهان

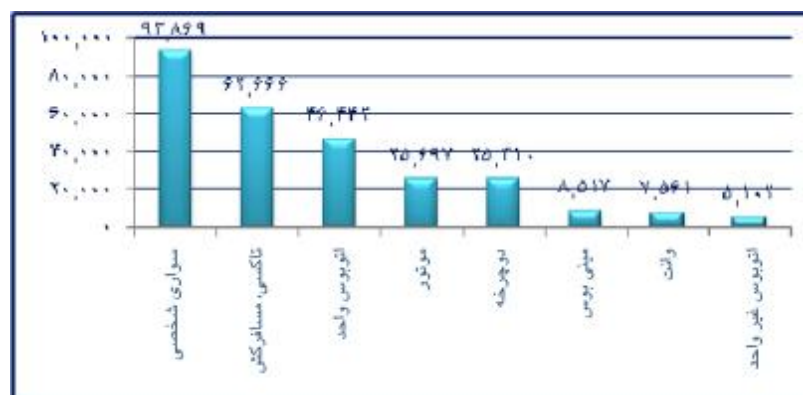
در شکل 6-15 دیده می شود که متوسط ضریب سرنشین اتومبیل های سواری در سال 1387 در حدود 1/5 نفر بوده که این رقم برای وانت 1/6 نفر، برای تاکسی (بدون در نظر گرفتن راننده) 2/7 نفر، برای مینی بوس (بدون در نظر گرفتن راننده) 10/6 نفر، برای اتوبوس واحد (بدون در نظر گرفتن راننده) 38/5 نفر، برای اتوبوس غیرواحد (بدون در نظر گرفتن راننده) 28/3 نفر، برای موتور 1/3 نفر و برای دوچرخه 1 نفر می باشد. لذا ضریب سرنشین برای اتوبوس های واحد بیشتر است و استفاده از اتوبوس های واحد برای حمل و نقل مسافر نه تنها از نقطه نظر صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده ها در کاهش ترافیک شهری نیز سهم قابل توجهی دارد. سرعت متوسط تقریبی حرکت خودروها در سطح شهر 35 کیلومتر بر ساعت است و با توجه به توقف طولانی مدت آنها در پشت چراغ قرمز و در ترافیک شهری مقدار انتشار آلاینده ها از این خودروها قابل توجه می باشد.



شکل 6-15. متوسط ضریب سرنشین وسیله نقلیه در سال 1387

مأخذ: معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان

تعداد سفرها با وسایل نقلیه مختلف در ساعت اوج صبح در شکل 6-16 ملاحظه می شود که در ساعات صبحگاهی که به دلیل مراجعت کارمندان، دانش آموزان و مشاغل آزاد به محل کار و فعالیت معمولاً ترافیک به اوج خود می رسد تعداد سفرها با سواری شخصی 93869 عدد، موتور 25697 عدد، دوچرخه 25410 عدد، تاکسی 62666 عدد، مینی بوس 8517 عدد، اتوبوس واحد 46442 عدد اتوبوس غیر واحد 5102 و وانت 7561 عدد می باشد که با توجه به پایین بودن ضریب سرنشین در سواری های شخصی تعداد آنها قابل توجه می باشد.



شکل 6-16. تعداد سفرها با وسایل نقلیه مختلف در ساعت اوج صبح

مأخذ: معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان

حمل و نقل هوایی نیز در انتشار آلاینده ها به ویژه در لایه های فوقانی جو تأثیر به سزایی دارد. آلاینده های منتشر شده از موتور هواپیما به ویژه در هنگام فرود و صعود همراه با جریانات جوی پراکنده شده و در مواقع وقوع وارونگی دما به سطح زمین منتقل می شوند. ضرایب انتشار آلاینده از موتور انواع مختلف هواپیما متفاوت بوده و مقدار انتشار آلاینده در هنگام صعود، فرود و پرواز نیز متفاوت می باشد. در جدول 6-11 تعداد پروازهای صورت گرفته از فرودگاه شهید بهشتی اصفهان درج شده است.

جدول 6-11. تعداد پروازهای مسافری ورودی و خروجی فرودگاه شهید بهشتی اصفهان در سال 1387

پرواز مسافری ورودی و خروجی		ماه
داخلی	خارجی	
937	160	فروردین
928	162	اردیبهشت
906	163	خرداد
924	168	تیر
912	183	مرداد
865	128	شهریور
916	116	مهر
1008	135	آبان
961	168	آذر
971	148	دی
1040	112	بهمن
1097	157	اسفند
11465	1800	جمع

مأخذ: اداره کل فرودگاه های کشور - سال 1387

جدول 6-12. شاخص های حمل و نقل و ترافیک شهر اصفهان در یک ساعت اوج

نوع وسیله	سفر		وسیله نقلیه		وسیله نقلیه		وسیله نقلیه		سرعت متوسط در شبکه کیلومتر بر ساعت
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
سواری	67781	28/4	46109	38/9	357965	44/8	10340	34/6	34/6

									شخصی
20/4	31/8	9510	24/3	194145	18/8	22247	25/1	60068	تاکسی و مسافربر
19/6	2/2	657	1/6	12891	0/9	1103	17/8	42482	واحد
26/2	0/9	269	0/9	7053	0/13	154	1/8	4351	اتوبوس
37/5	8/2	2451	11/5	92011	3/8	4483	3	7083	وانت
24/5	½	638	2	15622	0/6	708	3/1	7501	مینی بوس
19/9	20/1	6013	14/9	119470	16/4	19379	10/6	25387	موتور سیکلت
	-	-	-	-	20/5	24271	10/2	24271	دوچرخه
26/8	100	29878	100	799157	100	118454	100	238924	جمع

ماخذ: مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان - (www.esfmunict.ir)

لازم به ذکر است که ضرایب انتشار آلاینده از هریک از خودروها به نوع خودرو، سن خودرو و سرعت

آن بستگی دارد. ضرایب انتشار آلاینده از انواع مختلف خودروها در پیوست الف ارائه شده است.

با توجه به تنوع منابع انتشار آلاینده ها، کیفیت هوا در ساعات روز و در مناطق مختلف شهر کاملاً

متفاوت است. به عنوان نمونه در شکل 6-17 مقادیر منواکسیدکربن لحظه ای اندازه گیری شده

برای 13 نقطه پرتردد شهر در روز 1383/10/26 ثبت شده است. ملاحظه می شود که این مقادیر در نقاط

مختلف شهر بسیار متفاوت بوده و در ارتباط مستقیم با حمل و نقل شهری و شبکه معابر است. در

میادین احمدآباد، شهدا، انقلاب و چهارراه تختی مقدار منواکسیدکربن بالای حد مجاز و فقط در محل

پل وحید مقدار منواکسیدکربن اندکی زیر حد مجاز می باشد. در بخش های قبلی ذکر شده که حد مجاز

انتشار منواکسیدکربن در هوای شهر 9 قسمت در میلیون می باشد لذا شکل 6-17 بیانگر نامطلوب بودن

کیفیت هوای شهر در برخی ساعات روز است.

به منظور تعیین نقش حمل و نقل شهری در افزایش سطوح منواکسیدکربن، مقادیر این ماده در یک دوره

زمانی 137 روزه در سال 83-84 در مرکز شهر (میدان امام حسین) اندازه گیری شد. محاسبات آماری

نشان داد که 48 مورد یعنی بیشترین فراوانی وقوع پیک آلودگی در ساعت 17 تا 24 محلی و 37 مورد در

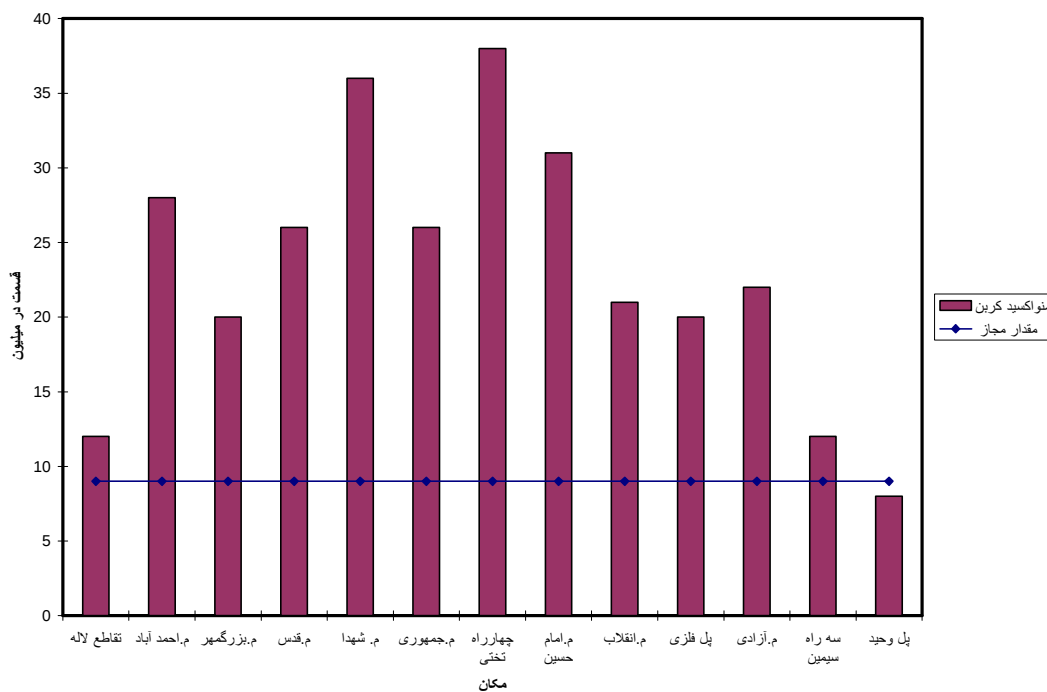
ساعت 16 تا 23 محلی روی داده است. یعنی مجموعاً 85 مورد از 137 مورد مقادیر پیک منواکسیدکربن در ساعات بعد از ظهر یعنی از 16 تا 24 محلی روی داده است (جدول 6- 13). از طرفی با توجه به وقوع حداکثر دما و حداقل سرعت باد در بعد از ظهر، این مسئله از نظر تولید آلاینده های ثانویه نیز حائز اهمیت است.

جدول 6-13. فراوانی وقوع آستانه های بحرانی منواکسیدکربن

تجاوز منواکسیدکربن از حد مجاز (مورد)	ساعات وقوع	تجاوز منواکسیدکربن از حد مجاز (مورد)	ساعات وقوع
1 مورد	3-10	1	10-17
1	4-11	1	14-21
1	5-12	1	14-23
5	6-13	7	15-22
15	7-14	37	16-23
6	8-15	2	17-19

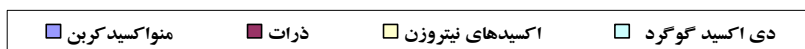
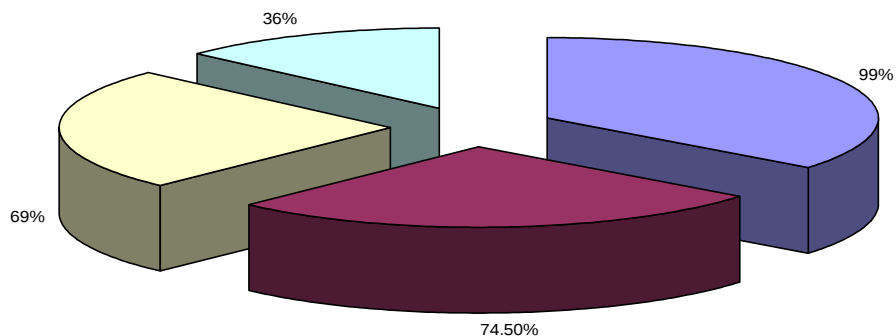
مأخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست، سال 1384

*حد مجاز منواکسیدکربن 9 قسمت در میلیون است.



شکل 6-17. مقادیر لحظه ای منواکسیدکربن در 13 نقطه پرتردد شهر اصفهان در روز 1383/10/26

مأخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست، سال 1383



شکل 6-18. درصد سهم منابع متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان

مأخذ: طالبی، سال 1379

در شکل 6-18 ملاحظه می شود که منابع متحرک در تولید 99 درصد منواکسید کربن، 75 درصد ذرات معلق، 36 درصد دی اکسید گوگرد و 69 درصد اکسیدهای نیتروژن سهم هستند که با بالا رفتن عمر خودروها میزان تولید آلاینده ها نیز افزایش می یابد که در حدود 90 هزار دستگاه وسیله نقلیه با عمر بیش از بیست سال در این شهر تردد دارد.

به طور کلی وسایل نقلیه موتوری از نظر سوخت مصرفی به سه دسته تقسیم می شوند:

- اتومبیل های با موتور چهار زمانه بنزینی
- موتور سیکلت با موتور دو زمانه بنزینی
- خودروهایی با موتور چهار زمانه دیزلی

براساس آمار سازمان ترافیک شهرداری اصفهان، آمار خودروهای بنزینی و موتورسیکلت های موجود

در شهر اصفهان در سال 1387 به شرح 6-14 می باشد:

جدول 6-14. آمار تعداد خودروهای بنزینی و موتورسیکلت‌های موجود در شهر اصفهان

خودرو شخصی	خودرو دولتی	وانت بار	تاکسی	موتور سیکلت	مجموع
620000	10000	65000	23000	450000	1168000

مأخذ: سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان - 1387

براساس آمار فوق و استانداردهای تعریف شده، انواع، تعداد، کارکرد و میزان سوخت مصرفی وسایل

نقلیه بنزینی در شهر اصفهان به شرح جدول 6-15 می باشد:

جدول 6-15. انواع، تعداد، کارکرد و میزان سوخت مصرفی وسایل نقلیه بنزینی در شهر اصفهان

نوع وسیله نقلیه	تعداد	مسافت طی شده در یک ساعت (km)	مسافت طی شده در 24 یک ساعت (km)	کارکرد روزانه یک اتومبیل (km)	متوسط سوخت مصرفی (لیتر در 100 کیلومتر)	سوخت مصرفی روزانه (لیتر)	
						یک دستگاه	کل
سواری	630000	838691	20128584	32	13/5	4/32	2721600
تاکسی	23000	336593	8078232	351	13/5	47/4	1090200
وانت	65000	3462999	83111976	43	13/5	5/8	377000
موتورسیکلت	450000	231720	5561280	12	5	1/7	765000
جمع	1168000	4870003	116880072	438			4953800

مأخذ: ضرابی، 1389

با توجه به جدول 6-15 میزان هریک از آلاینده‌ها محاسبه و در جدول 6-16 درج شده است.

ارقام مندرج در جدول 6-15 براساس سرعت متوسط مسیرهای شهری یعنی 40-35 کیلومتر در ساعت

در نظر گرفته شده است. در شهر اصفهان از مجموع 1172800 وسیله نقلیه، حدود 1168000 دستگاه

آن را اتومبیل‌های بنزینی و موتورسیکلت‌ها تشکیل می‌دهند که نزدیک به 99 درصد کل اتومبیل‌های

درون شهری می‌باشند، لذا می‌توان نتیجه گرفت که اتومبیل‌های بنزینی دارای موتور چهارزمانه با

سوخت بنزین و موتور سیکلت‌ها مهمترین عامل آلودگی هوای شهر اصفهان می‌باشند. برآورد گردیده

است که هر اتومبیل سواری روزانه حدود 32 کیلومتر راه می‌پیماید و به طور متوسط در هر 100

کیلومتر، 13/5 لیتر بنزین مصرف می کند. این تعداد وسیله نقلیه روزانه حدود 4953800 لیتر بنزین مصرف نموده و مجموع آلاینده های تولید شده از این وسایل نقلیه 1572563499 گرم (تقریباً 157 تن) می باشد.

در سطح شهر اصفهان خودروهای دیزلی هم تردد می نمایند که با توجه به نوع سوخت مصرفی آنها فاکتور انتشار آلاینده و میزان انتشار آلاینده متفاوت و به شرح جدول 6-16 می باشد.

جدول 6-16. میزان فاکتورهاژی انتشار آلاینده های مختلف هوا برای وسایل نقلیه بنزینی بدون کنترل

میزان انتشار		نوع آلاینده منتشره
گرم به بنزین مصرفی	گرم به وسیله نقلیه	
2377823	61065/9	آلدئیدها
1367219077	33586245	منوکسید کربن
118888723	2544592	هیدروکربورها
67172041/9	1730380	اکسیدهای ازت
5350104	122131/8	اکسیدهای گوگرد
2377824	61065/9	اسیدهای آلی (استیک)
7133472	162986	ذرات معلق
2044433/3	39999/8	سرب
1572563499	38308466	جمع

مأخذ: ضرابی ، 1389:157

جدول 6-17. تعداد خودروهای دیزلی موجود در شهر اصفهان، سال 1387

کامیون	اتوبوس و مینی بوس	مجموع
2700	2100	4800

مأخذ: سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان ، 1387

براساس آمار فوق و استانداردهای تعریف شده انواع، تعداد، کارکرد و میزان سوخت مصرفی وسایل نقلیه دیزلی در شهر اصفهان بر اساس جدول 6-18 می باشد.

جدول 6-18. انواع، تعداد، کارکرد و میزان سوخت مصرفی وسایل نقلیه دیزلی در شهر اصفهان

نوع وسیله نقلیه	تعداد	مسافت طی شده در یک ساعت (km)	مسافت طی شده در 24 ساعت (km)	کارکرد روزانه یک اتومبیل (km)	متوسط سوخت مصرفی (لیتر در 100 کیلومتر)	سوخت مصرفی روزانه (لیتر)	
						یک دستگاه	کل
کامیون	2700	35891	861384	66	35	23/1	0
اتوبوس و مینی بوس	2100	1470	35280	170	38	63	132300
جمع	4800	37361	896664	-	-	-	194670

مأخذ: ضرابی، 1389:156

با توجه به ارقام مندرج در جدول 6-18 میزان هریک از آلاینده ها به شرح جدول 6-19 محاسبه شده

است.

جدول 6-19. میزان فاکتورهای انتشار آلاینده های مختلف هوا برای وسایل نقلیه دیزلی بدون کنترل

نوع آلاینده منتشره	میزان انتشار
آلدئیدها	235764
منوکسید کربن	1414584
هیدروکربورها	3206390 /4
اکسیدهای ازت	5233960/8
اکسیدهای گوگرد	943056
اسیدهای آلی (استیک)	730868/4
ذرات معلق	2593404
جمع	14358027/6

مأخذ: ضرابی، 1389:157

به طور خلاصه می توان گفت از مجموع 1172800 وسیله نقلیه موجود در شهر اصفهان حدود 4800

دستگاه دیزلی می باشند که کمتر از یک درصد اتومبیل های درون شهری می باشند. برآورد گردیده که

این اتومبیل ها روزانه در حدود 896664 کیلومتر مسافت را طی نموده و در حدود 194670 لیتر گازوئیل مصرف می کنند. مجموع آلاینده های تولید شده از این وسایل 14358027/6 گرم (14 تن) می باشد. در مجموع آلاینده های تولید شده از کل وسایل نقلیه اصفهان در حدود 1586921527/6 گرم در هر روز (1586 تن در هر روز) می باشد که 99 درصد ناشی از اتومبیل های بنزینی و کمتر از 1 درصد (0/9 درصد) ناشی از اتومبیل های دیزلی می باشد.

از طرفی افزایش تعداد ساختمان ها و خودروها گسترش شبکه معابر را در پی دارد. از آنجایی که سطح معابر اغلب با اسفالت به رنگ سیاه پوشانده می شود سبب افزایش ضریب جذب تابش سطحی شده، لذا گرمای بیشتری توسط پوشش سطحی ذخیره شده و دمای هوا بالا می رود که این امر با گازهای گلخانه ای آزاد شده از آگروز اتومبیل ها ادغام گردیده و دمای مناطق مرکزی شهر را به شدت بالا می برد و سبب بروز پدیده جدیدی به نام جزیره گرمایی شهری می شود. جزیره گرمایی شهری به مفهوم گرمتر بودن نقاط مرکزی شهر نسبت به حومه می باشد که از معضلات جدید کلان شهر ها در سال های اخیر است. در جدول 6-20 اطلاعات مربوط به شبکه معابر در شهر اصفهان به تفکیک مناطق شهرداری در سال 1387 درج شده است.

جدول 6-20. اطلاعات مربوط به شبکه معابر شهر اصفهان

منطقه شهرداری	طول معابر (کیلومتر)	مساحت معابر (هزار متر مربع)	مساحت آسفالت (هزار متر مربع)	مساحت پیاده رو (هزار مترمربع)
1	56	717	671	195
2	51	976	861	222
3	47	658	567	249
4	57	769	695	202
5	57	1009	919	311
6	81	1345	1179	249
7	91	1529	1277	217

منطقه شهرداری	طول معابر (کیلومتر)	مساحت معابر (هزار متر مربع)	مساحت آسفالت (هزار متر مربع)	مساحت پیاده رو (هزار مترمربع)
8	70	1088	915	361
9	39	613	533	139
10	84	1283	1163	344
11	26	374	341	93
12	72	1254	1173	531
13	65	946	861	137
14	46	686	588	143
جمع	842	13247	11743	3393

مأخذ: معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان

6-9. نقش صنایع در آلودگی هوای شهر اصفهان

جدول 6-21 نشان می‌دهد که توزیع صنایع در اطراف شهر اصفهان متناسب نمی‌باشد. بیشتر صنایع عمده در غرب و جنوب غربی کشور مستقر شده‌اند که آلاینده‌های منتشر شده توسط آنها در مسیر بادهای غالب شهر قرار دارد که این امر سبب انتقال آلاینده‌ها به مرکز شهر و ایجاد کیفیت نامطلوب هوا می‌باشد. در استان اصفهان 8000 واحد صنعتی وجود دارد که فعالیت آنها با انتشار مقادیر قابل توجهی آلاینده همراه است. کل آلاینده‌های انتشار یافته در جهات جغرافیایی مختلف در اطراف شهر در جدول 6-22 درج شده است.

جدول 6-21. صنایع عمده مستقر در اطراف شهر اصفهان

شمال	شمال غرب	غرب	جنوب غرب	جنوب	جنوب غرب	شرق	شمال شرق
شرکت پالایش نفت	نیروگاه متنظری، پالایشگاه، پتروشیمی	نیروگاه اسلام آباد، سیمان اصفهان	ذوب آهن، سیمان اصفهان، شهرک صنعتی اشترجان،	قند نقش جهان، پلی‌اکریل، دی‌ام‌تی	شهرک صنعتی جی، کارخانه قند، کارخانه	شهرک صنعتی جی، کارخانه قند، کارخانه اسپیرال	شهرک صنعتی فرودگاه

مأخذ: سایت GIS شهرداری اصفهان

جدول 6-22. میزان آلاینده های منتشر شده از صنایع در جهات مختلف شهر اصفهان (تن در سال)

آلاینده \ جهت	شمال و شمال غرب	شرق	جنوب	غرب و جنوب غرب
آلدئیدها	3/15	31/13	1/68	52/13
منواکسیدکربن	1125/57	31/7	1/63	509/38
هیدروکربن ها	330/74	31/24	1/64	77/67
اکسید نیتروژن	28982/1	1124/69	14/96	14422/84
دی اکسیدگوگرد	163290/73	5623/3	53/12	35611/92
ذرات	12079/27	347/89	24/3	764/76

مأخذ: سایت GIS شهرداری اصفهان - 1384

به طور کلی می توان گفت از مجموع کل آلاینده های تولید شده در شهر اصفهان و حومه (شهرستان اصفهان) ، 41/8 درصد آلاینده های منتشره مربوط به صنایع ، 45/4 درصد مربوط به حمل و نقل ، 12/8 درصد مربوط به منابع خانگی و تجاری می باشد. در شهر اصفهان 13 درصد (2641 تن) آلاینده های منتشر شده ناشی از صنایع شهری ، 11 درصد (222 تن) ناشی از منابع خانگی و 76 درصد (1586 تن) ناشی از حمل و نقل شهری می باشد. که این ارقام نشان دهنده معضل حمل و نقل شهری در ایجاد شرایط بحرانی آلودگی هوای شهر می باشد.

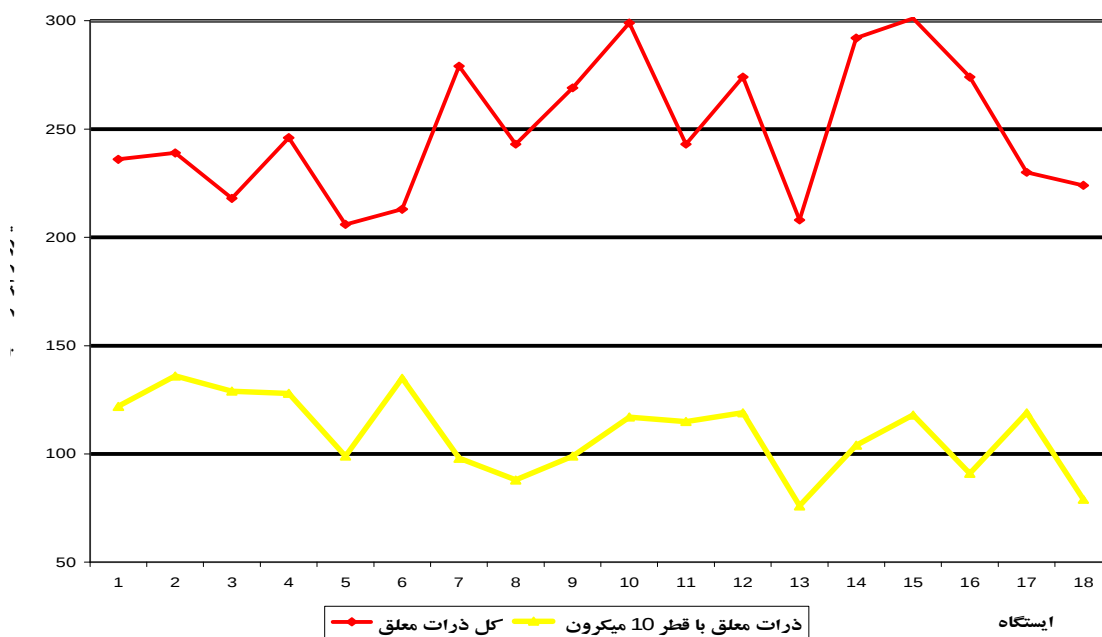
جدول 6-23. مجموع کل آلاینده های ایجاد شده در شهر اصفهان

نوع منبع آلاینده	میزان انتشار آلاینده (گرم)	درصد انتشار آلاینده	نوع منبع آلاینده
صنایع شهری	2641717000	13	ساکن
منابع خانگی	222196623	11	ساکن
حمل و نقل شهری	1586921526	76	متحرک

مأخذ: ضرابی ، 1387، 163

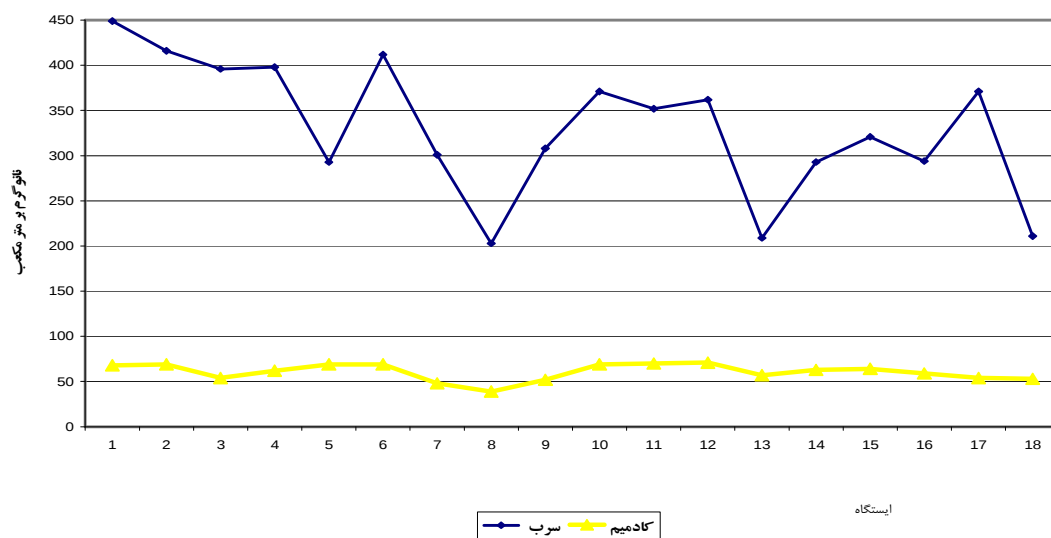
ذرات موجود در هوای شهر اصفهان طیف وسیعی دارند که در حدود نصف آنها قطرشان 10 میکرون بوده و مابقی در اندازه های مختلف می باشند. این ذرات از منابع طبیعی یا انسانی انتشار می یابند و

تمرکز آنها در بلند مدت موجب کاهش شفافیت آسمان و کاهش دید است (شکل 6-19). از طرفی ترکیبات معدنی مثل فلزات سنگین، سرب، کادمیم و ترکیبات آلی روی سطح این ذرات جمع می‌شوند. البته همه ذرات قابل استنشاق نبوده و فقط ذراتی که قطر آنها بین 10- 2/5 میکروگرم در متر مکعب هستند قابل استنشاقند.



شکل 6-19. تفکیک ذرات موجود در هوای شهر اصفهان بر اساس قطر آنها

مأخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست - سال 1383



شکل 6-20. مقادیر سرب و کادمیم موجود در هوای شهر اصفهان (مقادیر کادمیم در ده ضرب شده است)

مأخذ: بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست - سال 1383

فعالیت های حیاتی بشر شامل فعالیت هایی است که منجر به اشتغال در بخش های مختلف می گردد.

اشتغال زیر بنای فعالیت های اقتصادی در کشور است. سهم و رتبه استان اصفهان از بخش های عمده

اقتصادی نسبت به کل کشور در جدول 6-24 درج شده است.

جدول 6-24. سهم و رتبه استان اصفهان از بخش های عمده اقتصادی نسبت به کل کشور

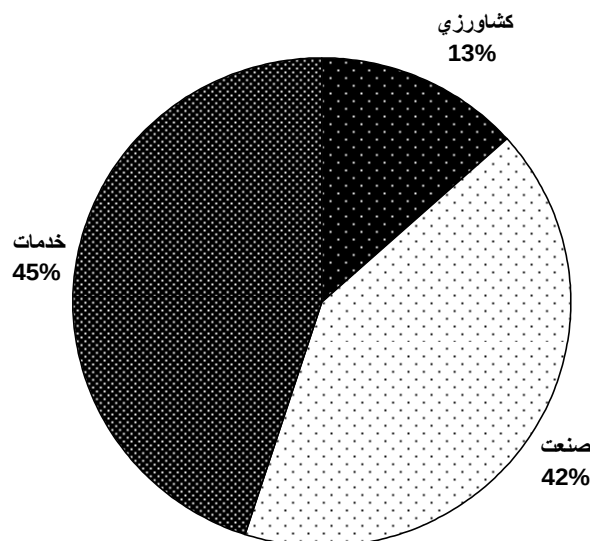
بخش های عمده اقتصادی										سال
خدمات		ساختمان		معادن		صنعت		کشاورزی		
رتبه	سهم	رتبه	سهم	رتبه	سهم	رتبه	سهم	رتبه	سهم	
3	5/9	3	9/82	13	0/16	2	14/75	6	5/8	1385

مأخذ: سرشماری نفوس و مسکن، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، سال 1385

در جدول 6-24 دیده می شود که استان اصفهان در بخش صنعت رتبه 2، در کشاورزی رتبه 6 و در

ساختمان رتبه 3 را در کل کشور دارد. لازم به ذکر است که انجام این فعالیت ها خود منشأ ایجاد

آلودگی‌های زیست محیطی به ویژه آلودگی هوا می‌باشند. لذا این ارقام به نوعی بیان‌کننده پتانسیل بالای آلودگی هوا در استان اصفهان می‌باشند.



شکل 6-21. سهم استان اصفهان از اشتغال در بخش‌های عمده اقتصادی در سال 1387

مأخذ: سرشماری نفوس و مسکن، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، سال 1385

در شکل 6-21 دیده می‌شود که 42 درصد شاغلین اصفهان در بخش‌های مختلف صنعتی مشغول به کار می‌باشند که این صنایع عمدتاً از نوع صنایع نفت، پتروشیمی و صنایع سنگین هستند که پتانسیل آلودگی بالایی دارند.

6-11. آلودگی هوا ناشی از مصرف منابع انرژی

به طور کلی فعالیت‌های بشر با مصرف انرژی همراه است. سوخت مصرفی شامل انواع فرآورده‌های نفتی می‌باشد که میزان مصرف سوخت شاخص انتشار آلاینده‌ها در سطح شهر می‌باشد. در جدول 6-26 میزان مصرف فرآورده‌های نفتی در سالهای 1384-1387 در شهر اصفهان درج شده است. ملاحظه می‌گردد که فقط مصرف نفت سفید و نفت کوره کاهش داشته و بقیه انواع سوخت افزایش داشته‌اند.

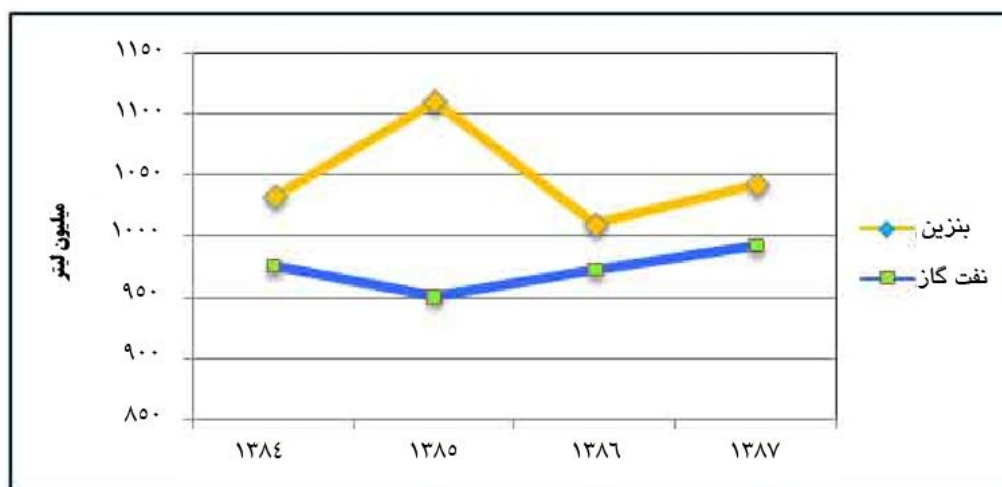
جدول 6-25. مصرف انواع فرآورده های نفتی در ناحیه مرکزی (1)

(میلیون لیتر)

سال	گاز مایع (تن)	سوخت هواپیما	بنزین معمولی	بنزین سوپر	نفت گاز
1384	73705	53	1018	14	975
1385	64312	60	1084	26	950
1386	63796	61	984	26	972
1387	63328	63	1016	26	992
سال	گوگرد (تن)	نفت سفید	نفت کوره	سایر فرآورده ها	
1384	34536	116	1521	279	
1385	30239	110	1945	129	
1386	26115	98	3441	823	
1387	36613	74	2832	689	

(1) ناحیه مرکزی شامل شهرستان های اصفهان، خمینی شهر و فلاورجان می باشد.

مأخذ: شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران - منطقه اصفهان



شکل 6-22. مصرف بنزین و نفت گاز طی سالهای 1384-1387

منظور از بنزین، مجموع بنزین معمولی و سوپر است.

در سال های اخیر مصرف گاز طبیعی در شهر اصفهان افزایش داشته است. گاز طبیعی از جمله منابع

سوختی است که کاهش انتشار آلاینده ها را در پی دارد. لازم به ذکر است که در سال 1387 تقریباً 71

درصد سوخت نیروگاه‌ها را گاز تشکیل داده است. جایگزینی گاز طبیعی به جای زغال سنگ و مازوت در نیروگاه‌ها کمک شایانی به بهبود کیفیت هوای شهر نموده است (جدول 6-26).

جدول 6-26. میزان مصرف گاز توسط مشترکان در شهر اصفهان (هزار متر مکعب) طی سال 1387

شرح	مصرف خانگی	مصرف تجاری	مصرف صنعتی، نیروگاهی	جمع
شهر اصفهان	1574000	231000	4382000	6178000

مأخذ: شرکت ملی گاز ایران - منطقه اصفهان



شکل 6-23. درصد مصرف گاز توسط مشترکان در شهر اصفهان طی سال 1387

مأخذ: شرکت ملی گاز ایران - منطقه اصفهان

بالا رفتن استانداردهای زندگی افزایش مصرف برق را در پی دارد که در جدول 6-27 رشد صعودی مصرف برق در شهر اصفهان مشاهده می‌شود.

جدول 6-27. تولید و مصرف برق در شهر اصفهان

سال	میزان مصرف شهرستان اصفهان (مگاوات ساعت)	میزان تولید کل نیروگاههای شهر اصفهان (مگاوات ساعت)
1383	3152507	16885590
1384	3484754	16638600
1385	3709025	17040910
1386	3931284	17159280
1387	4129253	18351301

مأخذ: شرکت برق منطقه ای اصفهان

جدول 6-28. نوع مولد انرژی برق و مصرف داخلی نیروگاهها (مگاوات ساعت) و وضعیت تولید نیروگاههای منطقه اصفهان در سال 1387

نوع مولد	تولید ناخالص	مصرف داخلی نیروگاه	تولید خالص
آبی	150097	1553	148545
بخاری	18351301	1294675	17056626
گازی	5591097	21195	5569902
دیزلی	822	62	659

مأخذ: شرکت برق منطقه ای اصفهان

جدول 6-29. نام، میزان تولید، میزان مصرف نیروگاههای منطقه اصفهان در سال 1387

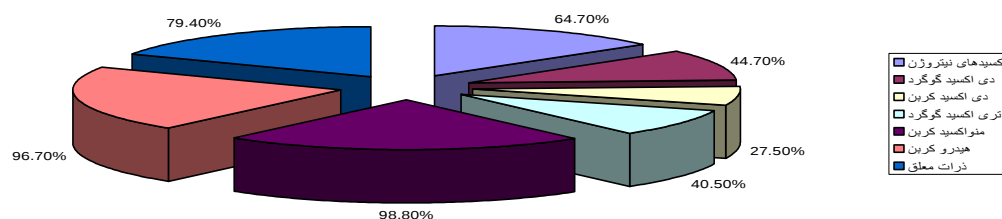
نام نیروگاه	قدرت اسمی (mwh)	قدرت عملی (mwh)	تولید کل (mwh)	درصد از کل تولید	مصرف داخلی (mwh)	تولید خالص (mwh)
اصفهان (اصفهان)	860	830	5914254	25	427724	5486530
شهید منتظری (اصفهان)	1600	1540	12437047	52	866951	11570096
هسا (شاهین شهر)	87	63	95344	0	144	95200
سدزاینده رود (چادگان)	56	56	150097	1	1553	148545
چهلستون (مبارکه)	954	733	5495753	23	21051	5474702
جمع نیروگاههای شهر	2460	2370	18351301	76	1294675	17056626

نام نیروگاه	قدرت اسمی (mwh)	قدرت عملی (mwh)	تولید کل (mwh)	درصد از کل تولید	مصرف داخلی (mwh)	تولید خالص (mwh)
اصفهان (1)						
جمع منطقه	3557	3222	24092495	100	1317422	22775073

نیروگاه‌های شهر اصفهان شامل نیروگاه اصفهان و شهید منتظری می باشند

مأخذ: شرکت برق منطقه ای اصفهان

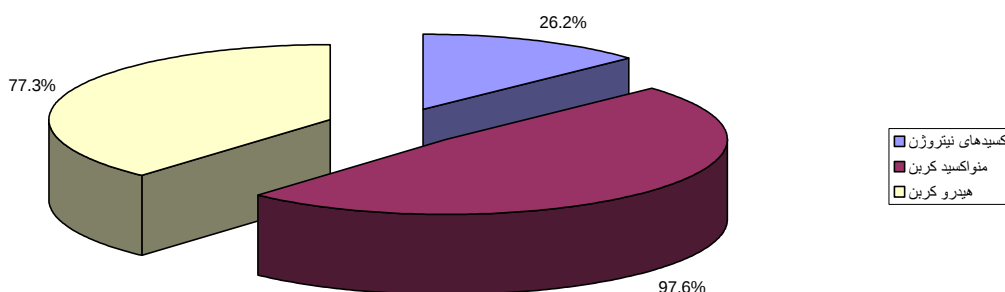
به طور کلی در روند حرکت به سوی توسعه پایدار، توجه به آسیب‌های زیست محیطی ناشی از انتشار آلاینده‌ها امری ضروری است. لازم به ذکر است که مصرف انرژی تولید کننده عمده آلاینده‌های گازی در شهر اصفهان است و در این راستا برآورد میزان انتشار آلاینده‌های گازی از بخش‌های مختلف مصرف کننده انرژی حائز اهمیت است. بخش‌های مصرف کننده انرژی در شهر اصفهان شامل: بخش‌های خانگی، تجاری، عمومی، صنعت، کشاورزی، حمل و نقل (جاده ای، ریلی، هوایی) می باشند. به طور کلی بخش حمل و نقل با تولید 64/7 درصد اکسیدهای ازت، 44/7 درصد دی‌اکسید گوگرد، 27/5 درصد دی‌اکسید کربن، 40/5 درصد تری اکسید گوگرد، 98/8 درصد متواکسید کربن، 96/7 درصد هیدروکربن، 79/4 درصد ذرات معلق، بیشترین سهم را در انتشار آلاینده‌های گازی بر عهده دارد (تراز نامه انرژی، 1385).



شکل 24-6. سهم بخش‌های مختلف مصرف کننده انرژی در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در سال 1384

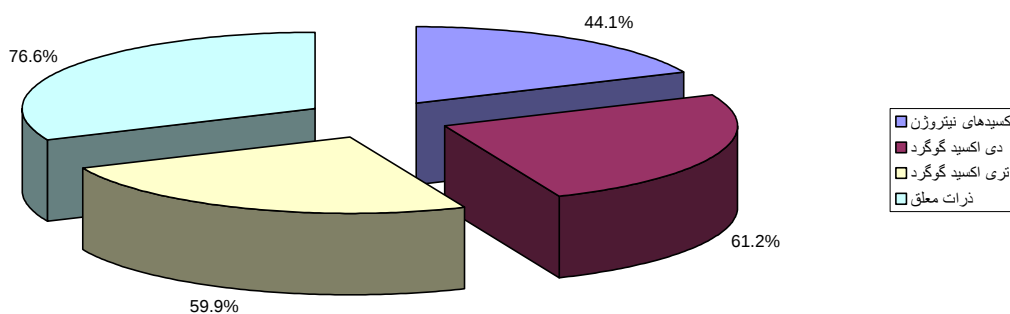
مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385

بخش‌های حمل و نقل، نیروگاه‌ها و صنایع سهم قابل توجهی در انتشار دی‌اکسید گوگرد دارند، به طوری که 80/7 درصد از کل گاز انتشار یافته مربوط به این سه بخش می‌باشد. دو سوخت بنزین و گازوئیل که عمدتاً در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند بیشترین مقدار آلاینده را انتشار می‌دهند. بنزین 97/6 درصد منواکسید کربن، 77/3 درصد هیدروکربن و 22/6 درصد اکسیدهای نیتروژن را تولید می‌کند. احتراق گازوئیل سبب انتشار 76/6 درصد ذرات، 61/2 درصد دی‌اکسید گوگرد، 59/9 درصد تری‌اکسید گوگرد و 44/1 درصد اکسیدهای ازت در جو است (ترازنامه انرژی، 1386).



شکل 6-25. آلاینده‌های انتشار یافته از احتراق بنزین (بر حسب درصد)

مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385



شکل 6-26. درصد آلاینده‌های انتشار یافته از احتراق گازوئیل

مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385

گاز طبیعی و برق در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، کمترین میزان آلاینده را در جو منتشر می‌کند لیکن 47 درصد از کل دی‌اکسیدکربن انتشار یافته مربوط به این سوخت است. دی‌اکسیدکربن از جمله گازهای گلخانه‌ای است که در افزایش دمای زمین و ایجاد تغییرات اقلیمی نقش قابل توجهی دارد. تحقیقات پژوهشگران خارجی نیز بیانگر افزایش میزان دی‌اکسیدکربن در دهه اخیر است. به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق، در نیروگاه با سوخت نفت 966/1 گرم دی‌اکسیدکربن و در نیروگاه گازی 560/98 گرم دی‌اکسیدکربن انتشار می‌یابد. در جدول 6-30 سهم هر یک از سوخت‌های فسیلی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده درج شده‌است.

جدول 6-30. درصد سهم هر یک از سوخت‌های فسیلی در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در سال 1384

SPM	CH	CO	SO ₃	CO ₂	SO ₂	NO _x	گاز سوخت
4.3	0.3	*	38.0	11.3	29.5	9.0	نفت کوره
76.6	20.7	1.5	59.9	19.9	61.2	44.1	نفت گاز
--	--	0.1	--	4.7	2.3	0.3	نفت سفید
9.5	77.3	97.6	--	14.8	4.8	26.2	بنزین
--	*	0.1	--	1.5	*	0.1	گاز مایع
5.7	0.2	0.1	--	47.0	0.1	18.1	گاز طبیعی
3.8	1.1	0.1	2.1	0.7	2.1	2.1	ATK
*	0.3	0.4	--	0.1	*	0.1	JP4

مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385، ص 319

در جدول 6-31 سرانه انتشار آلاینده‌های گازی و گلخانه‌ای درج شده‌است. ملاحظه می‌شود که سرانه نشر منواکسیدکربن از 11/2 کیلوگرم در سال 1346 به 127/8 کیلوگرم در سال 1384 رسیده است. سرانه نشر هیدروکربن‌ها از 3 کیلوگرم در سال 1346 به 29 کیلوگرم در سال 1384 رسیده و سرانه نشر ذرات از 0/7 کیلوگرم در سال 1346 به 4/9 کیلوگرم در سال 1384 رسیده است. تغییر شرایط زندگی و رفاه اجتماعی از

عوامل تأثیرگذار بر این روند صعودی است. سرانه نشر دی اکسید گوگرد از 4 کیلوگرم در سال 1346 به 11/2 کیلوگرم در سال 1384 افزایش یافته است.

جدول 6-31. سرانه انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای از کل بخش انرژی کشور طی سالهای 84- 1346

(کیلوگرم به ازای هر نفر)

SPM	CH	CO	SO ₃	CO ₂	SO ₂	NO _x	گاز سوخت
0.7	3.0	11.2	0.05	607	4.1	2.4	1346
1.0	4.3	16.5	0.07	840	5.7	3.8	1350
2.0	9.3	39.8	0.1	1421	10.3	6.8	1355
2.0	9.7	37.4	0.1	718	11.8	7.5	1360
3.1	12.6	47.0	0.2	1884	15.8	9.9	1365
3.4	14.4	55.0	0.2	3046	15.2	11.3	1370
3.9	17.7	71.0	0.2	4002	19.0	13.5	1375
4.2	21.9	92.8	0.2	4685	18.2	15.4	1380
4.9	29.0	127.8	0.1	5578.4	11.2	18.3	1384

مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385

جدول 6-32. هزینه تخریب ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی و گلخانه‌ای در بخش‌های مصرف کننده انرژی

در سال 1384 (برحسب میلیارد ریال)

SPM	CH	CO	CO ₂	SO ₂	NO _x	گاز بخش
391	6	102	2688	1266	516	خانگی، تجاری و عمومی
503	4	33	1412	1998	615	صنایع
9159	969	12996	2525	5017	3902	حمل و نقل
899	21	27	242	896	288	کشاورزی
578	3	*	2299	2047	709	نیروگاهها
11529	1002	13159	9167	11224	6030	جمع

مأخذ: ترازنامه انرژی، سال 1385

در جدول 6-32 ملاحظه می‌شود که هزینه تخریب ناشی از انتشار منواکسیدکربن، ذرات معلق و دی‌اکسیدگوگرد بالاترین ارقام را دارند. اقداماتی در راستای کنترل انتشار آلاینده‌ها در جو صورت گرفته که در غالب شاخص‌های پایداری زیست محیطی بیان می‌شود. کل امتیازات این شاخص بر اساس 20 شاخص برای 142 کشور محاسبه شده است. با استفاده از این شاخص پیشرفت زیست محیطی کشورها به صورت سامانه‌اتیک و کمی قابل مقایسه است و ابزار پیشرفت به سوی محیط زیست پایدار می‌باشد. در جدول 6-33 مقادیر دی‌اکسیدگوگرد و هیدروکربن‌های معدنی فرار¹ انتشار یافته در برخی کشورهای جهان درج شده است. ملاحظه می‌شود که در کشور ایران انتشار دی‌اکسیدگوگرد در هر کیلومتر مربع 0/49 تن و انتشار هیدروکربن‌های معدنی فرار در هر کیلومتر مربع 0/98 تن می‌باشد.

جدول 6-33. برخی شاخص‌های پایداری زیست محیطی در کشورهای منتخب جهان

(1000 تن متریک به ازای هر کیلومتر مربع نواحی پر جمعیت)

کشور	انتشار دی‌اکسیدگوگرد در نواحی پر جمعیت	انتشار ترکیبات معدنی فرار در نواحی پر جمعیت
امریکا	1/68	2/81
کانادا	2/79	4/04
آلمان	5/1	7/09
اسلواکی	4/85	1/54
انگلستان	5/37	9/77
ایتالیا	2/79	3/59
ترکیه	0/65	1/08
روسیه	0/93	1/67
سوئد	0/77	0/68
فرانسه	1/09	3/74
امارات	1/52	10/55
ایران	0/49	0/98
مصر	4/09	7/94

¹ Volcanic Organic Compounds= VO C

3/34	2/48	استرالیا
7/85	0/97	ژاپن
2/78	19/43	کره جنوبی
3/19	1/15	هندوستان

ESI) Index, 2002(yale center for environmental law and policy, Environmental Sustainability

تغییر اقلیم ناشی از تغییر ترکیبات جوی مسئله ای است که در بسیاری کشورهای جهان در حال مطالعه می باشد و کوششهای بسیاری برای مقابله با این پدیده صورت گرفته است. این تلاشها به صورت شاخص تغییر اقلیم جهان در دهه های اخیر (تغییر اقلیم کنونی) و شاخص تغییر اقلیم جهان در گذشته و حال (تغییر اقلیم کلی) و نتایج حاصل از اقدامات زیست محیطی کشورها جهت کاهش نشر آلاینده های گازی و گلخانه ای و جهت دهی تغییر اقلیم به سمت شرایط بهتر و مطلوب (بهبود تغییر اقلیم) بیان شده است. لازم به ذکر است که تشدید اثر گلخانه ای ناشی از کاربرد سوخت های فسیلی در اثر مدیریت ناکارآمد تقاضا و الگوی نامناسب مصرف انرژی به وجود آمده است. در جدول 6-34 شاخص تغییر اقلیم در دهه کنونی برای ایران 22/5، شاخص تغییر اقلیم کلی 35/1 و شاخص بهبود تغییر اقلیم 51/4 درج شده است.

جدول 6-34. شاخص های تغییر اقلیم در کشورهای منتخب جهان بر اساس نمایه EPI^1

نام کشور	تغییر اقلیم کنونی	تغییر اقلیم کلی	بهبود تغییر اقلیم
روسیه	7/1	51/5	99/3
سوئیس	46/8	54/4	68/6
سوئد	54/4	54/1	70
انگلستان	23/9	50/9	86/4
فرانسه	38/9	48/4	63/9
کانادا	13/2	24/9	81/4
ایران	22/5	35/1	51/4

¹ -Environmental Performance Index. EPI

53/9	42/2	35/7	ایتالیا
37/9	36/1	35	ترکیه
49/6	29/1	10/7	امریکا
1/4	1/2	1/1	امارات
51/4	38/5	29/3	ژاپن
3/2	3/2	2	بحرین

*Yale center for environmental law and policy, Pilot Environmental Performance
Index(EPI), 2002*

بخش

۷

سایر مخاطرات جوی

مقدمه

مخاطرات جوی بنا به تعریف به شرایط اقلیمی جوی نابهنجاری تلقی می‌شود که توازن طبیعی محیط زیست را برهم زده و موجب بروز خسارات به منابع طبیعی و انسانی می‌شوند. مهمترین این پدیده‌ها که بیشتر از همه به کشاورزی و بخشهای مرتبط با آن مثل دامپروری، جنگل و مرتع آسیب وارد می‌کنند عبارتند از:

§ رخداد دماهای بسیار بالا (تنش گرمایی)

§ رخداد دماهای بسیار پائین (تنش سرمایی و یخبندان)

§ بارندگیهای شدید و سیلاب

§ توفان، نگرگ و تندباد

§ فقدان و کمبود بارندگی (خشکسالی)

§ آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل و بوته‌زارها بر اثر وزش بادهای گرم

تعدادی از این پدیده‌های زیان‌بخش جوی مثل سیل، توفان و خشکسالی علاوه بر رساندن خسارت به بخش کشاورزی، تلفات جانی نیز در بر داشته‌اند. مطالعات نشان می‌دهند که در حد فاصل سالهای 1985 تا 1992 میلادی 587000 نفر جان خود را بر اثر وقوع این پدیده‌ها از دست داده‌اند که متأسفانه 65% این تلفات متعلق به کشورهای فقیر دنیا از قبیل بنگلادش و کشورهای آفریقایی بوده‌است. کمبود مواد غذایی، افزایش شدید قیمت فرآورده‌های کشاورزی، افت کیفی و کمی محصولات زراعی در سال‌های رخداد خشکسالی یا سیل پیامدهایی است که به کرات طی سال‌های اخیر در ایران شاهد بوده‌ایم.

7-1. مه

مسئله سلامت پرواز از مهم‌ترین مسائل در امور ناوبری هوایی است. وقوع مه در فرودگاه به علت کاهش دید می‌تواند برای مسائل پروازی و سلامت پرواز و همچنین در حمل و نقل جاده‌ای در بزرگراه‌ها مخاطره

آمیز باشد. در بسیاری موارد در هنگام وقوع مه شدید، پروازها لغو می‌شود. لغو پروازها می‌تواند لطمات مالی زیادی را به شرکت‌ها و افراد وارد آورد. در مواردی وقوع مه در فرودگاه خسارات جانی بسیاری به وجود آورده است. بنابراین همواره دغدغه خلبانان پروازی در ابتدا و انتهای پروازها هنگام نشستن و برخاستن به ویژه در سطح زمین تا ارتفاع چند صد متری (بسته به ارتفاع لایه مه)، معطوف به این پدیده می‌باشد. در حمل و نقل زمینی نیز در اثر پدیده مه خسارات جانی و مالی به بار می‌آید. داده‌های اداره حمل و نقل ایلینویز آمریکا نشان می‌دهد که بین سال‌های 1974 تا 1996 تقریباً 4000 تصادف در هر سال در اثر شرایط مه به وقوع پیوسته و منجر به 30 کشته در هر سال در این منطقه شده است. شرایط بد دید افقی (ناشی از مه و غبار) باعث وقوع 35% تصادفات ناشی از شرایط بد آب و هوایی در ایالات متحده آمریکا می‌شود. در بسیاری از این موارد خلبانان پروازهای عمومی با خطر خروج از مسیر، از دست دادن کنترل و برخورد با موانع مواجه می‌شوند. هر ساله تقریباً 168 نفر (خلبان، خدمه و مسافر) به علت شرایط کاهش دید در آمریکا کشته می‌شوند. بهبود پیش بینی‌های آب و هوایی و استفاده از ابزارهای جدید می‌تواند وضعیت را بهبود ببخشد. مطالعات نشان می‌دهد که حدود یک سوم تأخیر در پروازهای آمریکا ناشی از وقوع مه و کاهش دید ناشی از غبار می‌باشد. در کشور ما ترافیک هوایی بسیار کمتر از آمریکاست اما مشکلات ناشی از وقوع مه در فرودگاه‌ها و از جمله فرودگاه شهید بهشتی اصفهان در بسیاری موارد باعث تأخیر در پرواز یا لغو شدن پروازها حتی برای چند روز نیز گردیده است. بنابراین، این پدیده در میان سایر پدیده‌های جوی از اهمیت ویژه‌ای در مسئله پرواز و سلامت آن برخوردار است. مطالعات و پژوهش‌های مربوط به مه در دنیا به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شود.

§ مطالعه شرایط فیزیکی وقوع مه و دسته بندی

§ مقابله با مه و مه زدایی در فرودگاه‌ها و بزرگراه‌ها

§ استحصال آب از مه برای مصارف کشاورزی

در خصوص دسته اول مطالعات مربوط به مکانیسم و شرایط تشکیل مه و انواع آن در دنیا بررسی‌ها و مطالعات نظری و عملی فراوانی انجام گردیده است. هم اکنون می‌توان گفت که انواع مه و مکانیسم تشکیل آن شناخته شده است. شاخه فیزیک ابر و مه کاملاً به فیزیک مسئله می‌پردازد و جنبه‌های مختلف آنرا مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. در خصوص دسته دوم برای مقابله با مه و کاهش خسارات ناشی از آن از مدل‌های پیش بینی هوا و مدل‌های پیش بینی مه استفاده می‌شود. در صورت وقوع مه، موضوع مه زدایی و تکنولوژی‌های مربوط به نحوه زدودن مه از باندهای فرودگاه و بزرگراه‌ها مطرح می‌شود که کشورهای مختلف از روش‌های مختلفی در این خصوص استفاده می‌کنند. این روش‌ها برحسب اینکه مه سرد یا گرم باشد نیز متفاوت است. استحصال آب از مه برای مصارف کشاورزی نیز امروزه در برخی کشورها مطرح است.



شکل 7-1. وقوع مه در فصل سرد در جاده‌های شرقی استان اصفهان

مه به توده ای از هوا که در نزدیکی سطح زمین در دمایی معین از بخار آب به حالت اشباع درآمده باشد، گویند که اصولاً در چنین حالتی دما پائین و رطوبت نسبی هوا بیش از 95% و دید افقی کمتر از یک هزارمتر می‌باشد. به عبارتی مه ترکیبی از قطره‌های کوچک آب معلق در هوای نزدیک سطح زمین می‌باشد. معمولاً

بخار آب کم و بیش همواره در یک توده هوا در نزدیکی سطح زمین وجود دارد. برحسب میزان این بخار در یک توده هوا می‌توان آنرا به توده هوای خشک یا مرطوب دسته‌بندی کرد. شکل‌گیری لایه‌های مه وقتی انجام می‌شود که توده هوای مرطوب، به حدی سرد شود که به نقطه اشباع (رطوبت نسبی حدود 100%) برسد. در این صورت بخار آب می‌تواند تغییر فاز داده و تراکم حاصل شده و قطره‌های آب در داخل توده هوا تشکیل گردد. گاهی مه را لایه‌ای از ابر استراتوس که در سطح زمین یا خیلی نزدیک به آن به وجود می‌آید، تعریف می‌کنند. ابر استراتوس مشخصه‌ای است از بخش زیرین جو در هنگامی که وارونی دما (اینورژن) به خوبی توسعه یافته است یا لایه‌ای نزدیک به هم‌دما در آن وجود دارد. برای اینکه مه تشکیل شود، پایه وارونگی دما باید در سطح زمین یا بسیار نزدیک به آن باشد. وارونگی دما در نزدیکی سطح زمین در حقیقت توصیفی از سرمایش هوا از زیر است و این مشخصه توده هواهایی است که ابتدا گرم‌تر از سطح زیرین (سطح زمین) خود می‌باشند. پس، از این دیدگاه بررسی تشکیل مه به تعیین محیطی که تحت آن سرمایش توده هوا در سطح در حضور محتوی رطوبت بالا، می‌تواند اتفاق افتد، خلاصه می‌شود. البته برخی از انواع مه‌ها نیز مه‌هایی هستند که در اثر بارش باران پیش از جبهه گرم اتفاق می‌افتند، که در اینگونه مه‌ها زیادی محتوای بخار آب بدون سرمایش می‌تواند منجر به تشکیل مه شود. در اینجا نقش سرمایش برای پایدار شدن هواست.

7-1-1. ارتباط مه با دید افقی

حضور قطره‌های آب در مه باعث پراکنش نور خورشید رسیده به سطح زمین و کاهش دید در سطح زمین می‌شوند. در یک لایه مه، غلیظ‌ترین بخش آن در نزدیک سطح زمین است و با ارتفاع رقیق‌تر می‌شود. اصولاً یک لایه مه وقتی گزارش می‌شود که دید افقی در سطح زمین کمتر از 1000 متر باشد. اگر دید بالای 1000 متر باشد هیز¹ یا غبارگزارش می‌شود و بدین مفهوم است که کاهش دید افقی به علت هواویزهای

¹-Haze

موجود در جو می‌باشد. هیز یا غبارناشی از غلظت زیادی از هسته‌های جامد غبار یا ذرات نمک در یک توده هواست. از دیدگاه هواشناسی غبار حالتی از تیرگی هواست که در نتیجه وجود ذرات جامد معلق در هوا ایجاد می‌شود. این ذرات ممکن است دود، بخار آب، خاک و یا ذرات شن بسیار ریز و نمک باشد. در هواشناسی برای تشخیص غبار از سایر پدیده‌های مشابه به مقدار رطوبت نسبی هوا رجوع می‌کنند. در صورتی که میزان رطوبت نسبی هوا (نسبت میزان فشار بخار آب به میزان فشار بخار آب اشباع همدم را رطوبت نسبی می‌گویند) کمتر از هشتاد درصد باشد، نتیجه می‌گیرند که تیرگی هوا (کاهش دید افقی) در اثر وجود غبار خواهد بود. باید توجه داشت که میزان دید افقی در پدیده غبار محدودیت نداشته و ممکن است گاهی در غبار غلیظ کمتر از یک کیلومتر و زمانی تا حدود ده کیلومتر در غبارهای رقیق باشد.

7-1-2. برهمکنش‌های مه و هواویزها

بین هواویزها و مه برهم کنش شدید و پیچیده ای وجود دارد. هواویزهای جوی نقش مهمی را در وضعیت تشکیل مه بازی می‌کنند. این برهم کنش به تعداد و ترکیبات شیمیایی ذرات هواویز بستگی دارد. در جایی که تراکم هواویزها بیشتر باشد و دارای فعالیت کم فوق اشباع¹ باشند، احتمال وقوع مه بیشتر است (فوق اشباع تراز است که در آن تراز هواویزها بلافاصله رشد کرده تا به صورت قطره‌های مه درآیند). نوعاً مه‌ها ترکیبی از قطره‌های فعال نشده ابر (ذرات هیز یا هواویز) و هسته‌های تراکم فعال² ابر می‌باشند. قطر قطره‌های غیر فعال عموماً کوچکتر از $2/5$ میکرون بوده در حالی که قطر قطره‌های فعال ابر بزرگتر از $2/5$ میکرون می‌باشد. پس قطره‌های مه از قطره‌های ابر کوچک تر می‌باشند. با این وجود بررسی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات زیادی در اندازه قطر قطره‌های داخل مه مشاهده می‌شود و در مواردی قطره‌های بزرگ تر از قطره‌های مه هم مشاهده شده‌است. همچنین برخلاف سایر انواع ابر در داخل مه

¹. supersaturation

². (CCN) Cloud Condensation Nuclei

محتوای آب¹ کمتری وجود دارد. محتوای آب بیشتر مه‌ها بین 0/05 تا 0/5 گرم بر متر مکعب محتوی آب می‌باشند. در تعداد زیادی از مه‌ها تمایز بین قطره‌های فعال و غیر فعال به وضوحی سایر انواع ابرها نیست. هواویزها می‌توانند به عنوان هسته تراکم عمل کنند. بنابراین خواص هواویزها در هوا نقش مهمی را در تشکیل مه داشته به صورتی که فعالیت قطره‌های مه تابعی از این خواص می‌باشد. تعداد هواویزها تعداد قطره‌های فعال درون مه را تعیین می‌کند. همچنین فعالیت قطره‌های مه در فوق اشباع‌های مختلف برای ترکیبات شیمیایی مختلف هواویز اتفاق می‌افتد. هائل نشان داد که برای شعاع ذره خشک داده شده و نیز ترازهای فوق اشباع‌های لازم برای فعالیت قطره‌ها تابعی از مواد حل شدنی² و نیز تابعی از محلول به جرم ذره نامحلول می‌باشد..

فعالیت ذرات در فوق اشباع اتفاق می‌افتد که با ماکزیمم منحنی متناسب است. فرآیند تراکم و نشست می‌تواند باعث مه زدایی نیز بشود بنابر این در یک محیط ویژه تشکیل و از بین رفتن لایه مه نیز به ترکیب هواویزها بستگی دارد.

مه‌ها ترکیبی از ذرات فعال نشده (هواویز) می‌باشند. رطوبت نسبی که در آن هواویزهای خشک شروع به جذب آب می‌کنند، تابعی از مؤلفه هواویزی است. بنابراین غلظت ذرات غباری بستگی به مؤلفه هواویزهای محیطی دارد. همچنین برخی گازهای به شدت قابل حل می‌توانند حتی در رطوبت نسبی‌های کمتر از 100% درون هواویز حل شده و باعث شوند که هواویزها با افزایش غلظت محلول، آب بیشتری برداشت کنند. با این فرآیند، ذرات حتی پیش از آنکه فعالیت مرسوم اتفاق افتد می‌توانند به اندازه قطره‌ها رشد یابند. این گازهای با حلالیت بالا عموماً در هوای آلوده حضور دارند. این اثر می‌تواند به وقوع بالای مه در هوای آلوده منجر شود. بنابر این مشخص می‌شود که خواص هواویزها (اندازه و ترکیب شیمیایی) اثر شدیدی بر وقوع مه دارند. به علاوه هواویزها بر روی تغییر لایه‌های مه نیز اثر دارند. در واقع از آنجا که خواص هواویزها توزیع

¹. (liquid water contents (LWC)

². Chemical composition

اندازه قطره‌های مه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سرعت متوسط رسوب در داخل لایه مه تابعی از این خواص خواهد بود. بنابر این محتوای آب مایع در داخل مه همچنین تابعی قوی از خواص هواویز می‌باشد به طوری که میزان شار رسوبی فاکتور مهمی از تعیین فقدان آب متراکم شده در طول شب است.

بوت در سال ۱۹۹۱ یک تحقیق عددی بر روی تأثیر خواص هواویز بر روی مه انجام داد. وی مدل مه تابشی یک بعدی را با جزئیات میکروفیزیکی همراه با توزیع اندازه هواویز و خواص نوعی را برای منطقه شهری، برون شهری و محیط دریایی به کار برد تا نشان دهد هواویزها تأثیر مستقیمی بر دوره زندگی مه دارند. نتایج وی نشان داد که تشکیل لایه مه برای غلظت کم هواویزها دارای تأخیر است.

بنابر این تراکم بیشتر هواویزها با عمق بیشتر لایه مه و محتوای بیشتر آب آن همراه است فوق اشباع در داخل مه هم کاملاً به خواص هواویزها بستگی پیدا می‌کند. تفاوت اصلی مدل‌های محیط‌های شهری و سایر مدل‌ها در غلظت قطره‌ها برای قطرات زیر میکرونی است. تراکم قطره‌های غیر فعال تقریباً مرتبه بالاتری برای هواویزهای شهری نسبت به برون شهری و برون شهری نسبت به دریایی دارد.

مه نیز برهم کنش بر روی هواویزها دارد و در داخل مه و در داخل قطره‌ها و فاز آبی ترکیب شیمیایی هواویزها تغییر می‌یابد. همین‌طور فرآیندهای دینامیکی در داخل مه نیز شیمی قطره‌های آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین هواویزها در اثر فرآیند نشست رطوبت، هواویزها از جو خارج (حذف) می‌شوند.

7-1-3. مه دود^۱

کلمه مه دود ترکیبی از کلمات مه^۲ و دود^۳ می‌باشد. این کلمه توصیفی از دو پدیده همزمان که عبارت از مه و غبار است، می‌باشد و غالباً در نواحی شهری و به ویژه شهرهای صنعتی اتفاق می‌افتد. غالب مه دودهای شهری شامل تجمع ازن، هیدروکربن‌های فرار مانند گازولین تبخیر شده و اکسیدهای مختلفی از نیتروژن

1 . Smog

2 . fog

3 . smok

می‌باشد. این مواد در حضور نور خورشید باعث ایجاد هسته‌های تراکم¹ سولفات‌ها، نیترات‌ها و پراکسید هیدروژن می‌شوند. مه دودها دارای مخاطرات زیست محیطی هستند و گاهی می‌توانند منجر به مرگ بیماران شوند.

7-1-4. شکل‌گیری انواع مه

از نظر دمائی مه‌ها به دو دسته ی کلی تقسیم بندی می‌شوند:

§ مه سرد: مه ای که در دمای زیر صفر درجه ی سانتیگراد اتفاق می‌افتد که معمولاً در فرودگاهها برای

ازبین بردن این نوع مه از تکنیکی استفاده می‌شود که بلورهای یخ را در درون مه رشد دهد.

§ مه گرم: مه ای که در دمای بالای صفر درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد که معمولاً در فرودگاهها برای

از بین بردن این نوع مه از تکنیکی باید استفاده شود که توده هوا در ترمینال گرم شود یا ذرات آب

دوست به درون مه پاشیده شود.

به طور کلی بر اساس روشی که بوسیله آن هوا به اشباع می‌رسد، انواع مه را داریم. سرمایش هوا می‌تواند

نتیجه‌ای از فرایندهای تابش (برای مه تابشی)، فرارفت هوای گرم بر روی هوای سرد (مه فرارفتی)، تبخیر

بارندگی (مه بارشی یا جبهه ای)، یا در نتیجه سرد شدن بی درروی هوا باشد هنگامی که وادار به صعود از

کوهستان شود (مه بالا شیب) و یا نوع دیگری از انواع مه، که مه دره ای است.



شکل ۷-۲. تصویری از وقوع پدیده مه

§ مه تابشی^۱

به دلیل تابش از سطح زمین در شب، سطح زمین و هوای نزدیک سطح در اثر رسانائی سرد شده و مه تشکیل می‌شود.

§ مه سطحی^۲

شب‌های بدون ابر لایه‌ی نازکی از هوای مرطوب نزدیک سطح زمین مستقر می‌شود که در شرایط مناسب به مه تبدیل می‌شود. این شرایط عبارتند از:

شرایط باد آرام: مه تابشی در هنگام طلوع خورشید عمیق تر می‌شود. گاهی این عمیق تر شدن مربوط به تبخیر شبانه برای فراهم سازی رطوبت بیشتر برای وقوع مه است. این شرایط بیشتر بر روی خشکی در اواخر پائیز و زمستان وجود دارد.

1 . radiation fog

2 . ground fog



شکل 7-3 . نمونه ای از وقوع مه

§ مه دره ای¹

اگر مه در نواحی پست تشکیل شود به آن مه دره ای می گویند. هوای سرد و سنگین و محتوای رطوبت بالا در دره‌های رودخانه ای شرایط را برای این نوع مه بیشتر فراهم می‌کند. مه دره ای در نتیجهٔ سرمایش تابشی هوا، در خلال شب بر روی شیب ناهمواری‌ها می‌باشد. این هوا از محیط اطرافش چگال تر شده و شروع به پایین آمدن از شیب می‌کند و استخری از هوای سرد را در کف دره به وجود می‌آورد. حال اگر این هوا به قدر کافی سرد شده تا به نقطهٔ اشباع برسد، مه شکل می‌گیرد. از این رو به این نوع از مه تابشی معمولاً مه دره ای گفته می‌شود.

1 . Valley fog



شکل ۷-۴. نمونه ای از وقوع مه در کوهستان

§ مه فرارفتی^۱

در هنگام زمستان زمین و هوای بالای آن سرد است. اما گاهی ممکن است شرایط هواشناختی به وجود آید که هوای گرمی از منطقه عبور نماید. به ویژه وقتی هوای گرم مرطوب از روی زمین سرد عبور کند، سرد شده و به اشباع می رسد و باعث تشکیل مه می شود. به این نوع مه، مه فرارفتی می گوئیم.



شکل ۷-۵. تصویری از وقوع مه فرارفتی

1 . Advection Fog

§ مه فراشیب

وقتی هوای مرطوب از یک دشت بزرگ در اثر وزش باد به سمت ناحیه ی مرتفع، تپه یا کوه بالا می‌رود، سرمایش بی دررو باعث شکل گیری مه فراشیب می‌شود. این نوع مه اصولاً ابری است که به سطح زمین می‌رسد، یا دقیق تر بگوییم زمین بالا می‌آید تا آنجا که کف ابر را لمس کند (سطح تراکم بالا رو¹). در نواحی مرتفع وسیع این نوع مه می‌تواند چند روز دوام آورد.



شکل 7-6. نمونه ۱ از وقوع مه فراشیب

§ مه تبخیری مخلوطی²

انواع مه‌هایی که در بالا ذکر شد را مه‌های توده هوایی می‌گوییم زیرا این مه‌ها در داخل یک توده هوا شکل می‌گیرند. اما مه تبخیری نوعی از مه است که با مخلوط شدن دو توده هوای اشباع نشده شکل می‌گیرد.

1. Lcl

2. Evaporation (Or Mixing) Fog

گیرد. مثل هوای مرطوبی که در زمستان از دهان خارج می‌شود. ریزش باران گرم به درون توده هوای سرد سطحی می‌تواند باعث ایجاد مه شود. مثالی از این مکانیسم، تشکیل مه در مجاورت جبهه ی گرم می‌باشد.



شکل 7-7. نمونه ای از مه تبخیری



شکل 7-8. نمونه دیگری از مه تبخیری

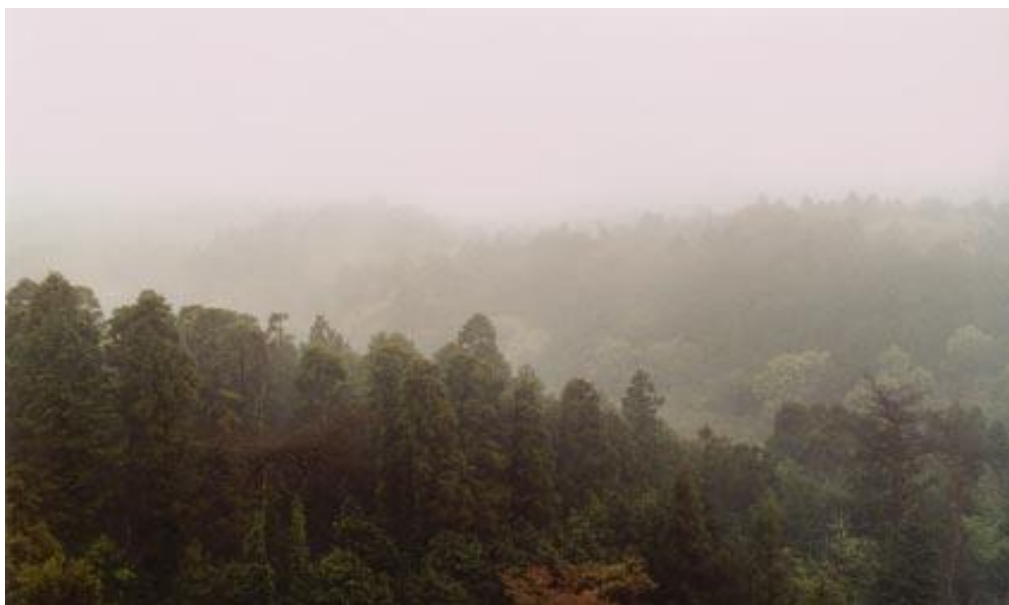
§ بخارمه¹

در حقیقت نوعی از مه تبخیری است و وقتی شکل می گیرد که هوای سرد بر روی آب یا زمین مرطوب گرم حرکت کند که در این صورت آب به درون هوا تبخیر شده و نقطه ی شبنم را افزایش می دهد که می تواند هوای بالای آب را به اشباع رسانده و چون هوای سرد از آب گرم زیرین گرما دریافت می کند گرم شده و از لایه ی هوای بلافاصله بالای خود گرمتر شده و به سمت بالا نیز حرکت می کند که به آن بخار گفته می شود. بنابراین، بخارمه در اثر سرد شدن هوا اتفاق نمی افتد. بر عکس در موقع تشکیل این مه هوا کمی گرمتر هم می شود. این وضعیت بیشتر در پائیز و اوایل زمستان بر روی دریاچه ها و برکه های بزرگ آبی که یخ نزده اند اتفاق می افتد. دریاچه در اثر رسانایی هوای نزدیک سطح را گرم کرده و با تبخیر، رطوبت به درون آن تزریق می کند. البته لایه نازک هوا در تماس با سطح گرم بوده و اشباع نشده است ولی وقتی در اثر توربولانس ضعیف با هوای بالای سردتر مخلوط می شود به اشباع رسیده و بخارمه تشکیل می شود.

• نحوه تشکیل بخارمه

بخارمه همچنین در یک روز آفتابی از روی زمین مرطوب روی جاده و به ویژه پس از رگبارهای تابستانی نیز اتفاق می افتد. این نوع مه تا وقتی دوام دارد که آسفالت خیس است. به محض خشک شدن جاده، بخارمه هم ناپدید می شود.

1 .Steam Fog



شکل ۷-۹.

§ دریامه^۱

که گرمتر است بر روی سطحی از اقیانوس که سردتر است، اتفاق می‌افتد.



شکل ۷-۱۰. مثالی از مه فرارفتی است که بر روی اقیانوس شکل می‌گیرد.

۱. Sea fog



شکل 7-11. مثالی از مه فرارفتی است که بر روی اقیانوس شکل می گیرد

§ مه بارشی جبهه ای¹:

نوعی از مه تبخیری است که در اثر تأثیر دو توده هوا بر روی هم مه جبهه‌ای پدید می آید. مه ممکن است در اثر افزایش رطوبت و یا در هنگام بارش باران یا برف شکل گیرد. ریزش باران گرم به درون هوای خشک و سردتر، باعث می‌شود در درون توده هوا تبخیر و یا تصعید اتفاق افتد. در این حالت بخار آب، رطوبت را در توده هوا افزایش داده و نقطه شبنم بدون سرد شدن هوای زیرین به دمای هوای لایه ی زیرین نزدیک می‌شود و مه پدید می آید. لازم به یاد آوری است که فشار بخار اشباع به دمای هوا بستگی دارد. دمای بالاتر با فشار بخار اشباع بالاتر همراه است. وقتی یک قطره ی باران به درون لایه ی سرد هوا سقوط می‌کند، فشار بخار اشباع روی قطره باران بیشتر از هوای سرد است. این اختلاف فشار باعث می‌شود که قطره باران به درون هوا تبخیر شود و وقتی هوای سرد سطحی به اندازه کافی مرطوب شد و به اشباع رسید مه شکل می گیرد. این نوع مه در لایه نازکی در هوای سرد جلو جبهه گرم یا در پشت جبهه ی سرد می‌تواند شکل گیرد

¹ . precipitation(frontal) fog

و منطقه وسیعی را بپوشاند. در عین حال به دلیل اینکه فرآیند تبخیر گرماگیر است، می‌تواند دمای هوا را هم کاهش دهد. پوشش برف سطحی نیز شرایط مناسبی را برای تشکیل مه جبهه‌ای فراهم می‌آورد.



شکل 7-12. تصویری از مه بارشی



شکل 7-13. تصویری از مه بارشی

7-1-5. از بین رفتن مه

مه بیشتر در اثر توربولانس، وزش باد یا به علت گرم شدن هوا از بین می رود. اگرچه توربولانس ضعیف برای گسترش مه لازم است. اما اختلاط عمودی هوا و بخار آب که در اثر زیاد شدن توربولانس ایجاد می شود، به نابودی مه کمک می کند. زیرا در نتیجه توربولانس مه با هوای خشک و گرمتر مخلوط شده و تبخیر قطره های مه اتفاق افتاده و مه از بین می رود. تابش هم می تواند باعث از بین رفتن مه شود. زیرا زمین تابش خورشید را جذب می کند و در نتیجه، هوای مجاور زمین گرم شده و قطره های آب درون مه تبخیر می شوند. لازم به یاد آوری است که سطح فوقانی مه کاملاً مشابه سطح فوقانی ابر عمل کرده و می تواند مقداری از امواج کوتاه تابش خورشید را به فضا بازتاب کرده و میزان انرژی گرمائی دریافتی را در سطح زمین کاهش دهد و به بقاء خودش کمک کند. تصاویر ماهواره ماهواره نشان می دهند که مه تمایل دارد ابتدا از پیرامون خود جایی که مه نازک و رقیق تر است نابود شود. تابش خورشید سریعتر این نواحی را گرم کرده و زمینه از بین رفتن آنرا فراهم می سازد. نابودی مه از سطح زمین به طرف بالا صورت می گیرد و این حالت را برای ناظر به وجود مه آورد که گویا مه دارد به سمت بالا حرکت می کند.

7-2. تگرگ

تگرگ یکی دیگر از بلایایی است که ناشی از ابرهای توفانی (cb) است. در شرایط خاص شکل گیری ابر کومولونیمبوس ممکن است تگرگ شکل گرفته که بارش آن باعث خسارات مختلف بویژه به مزارع کشاورزی و باغات می شود.

§ راهکارهای کاهش خسارات ناشی از تگرگ

- برنامه ریزی های مربوط به آمادگی کشاورزان در مقابله با تگرگ انجام گیرد.
- حتی المقدور از برخورد مستقیم افراد و اشیاء در برابر تگرگ جلوگیری شود.
- به هشدارهای هواشناسی و ترویجی توجه شود.

• آماده سازی جامعه و حفاظت در برابر تگرگ



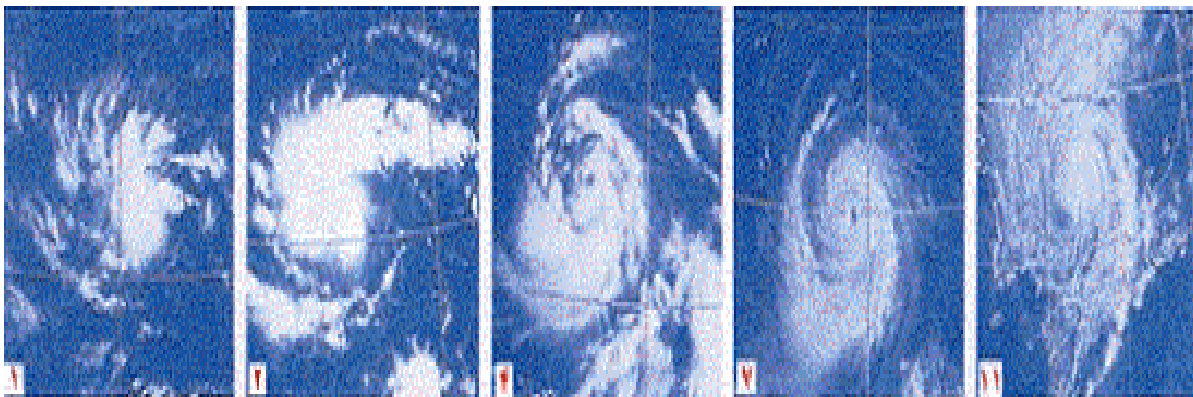
شکل 7-14. تصویری از دانه‌های درشت تگرگ که روی مزارع و باغات باریده است

تگرگ یکی از انواع بارش می‌باشد که اغلب ریزش آن در فصول گرم سال باعث خسارات فراوانی به محصولات کشاورزی و سایر تاسیسات می‌گردد. این بارش به علت ریزش در زمان کوتاه با شدت زیاد و قطر بزرگ دانه‌های آن از گذشته برای انسان شناخته شده بود. انسان برای مقابله با تگرگ راه‌هایی یافته بود، اما هیچ یک از این راه‌ها به نتیجه ایده آل نرسیده است، زیرا برخی راه کارها نیاز به منابع مالی زیاد دارد و به علت شرایط اقتصادی برخی کشورها و ایجاد خسارات زیست محیطی در برخی موارد هنوز جهان شمول نگردیده است.

عوامل نامساعد جوی و اقلیمی نظیر سرما، یخبندان، ریزش تگرگ، وقوع خشکسالی و... همه ساله موجب خسارات فراوانی بر تولیدات کشاورزی می‌شود. امروزه با اطلاع از چگونگی بروز آن و با استفاده از فن‌آوریهای پیشرفته می‌توان از میزان خسارات وارده تا حد قابل توجهی کاست. خسارات ناشی از تگرگ به

دو صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد. دانه‌های تگرگ معمولاً به قطر 15 الی 10 میلیمتر بوده و تحت شرایطی ممکن است بزرگتر و سنگین‌تر نیز باشد. این پدیده بیشتر در فصل بهار و پاییز به علت وجود ناپایداریهای جوی بوسیله ابر کومولونیمبوس به وجود می‌آید. پدیده تگرگ که از فعالیت شدید توفانهای تگرگ بخشی از توفانهای تندری می‌باشد که در آنها ابر به اندازه کافی در سطح یخبندان رشد کرده و می‌تواند ذرات یخ را تولید کند. حرکت بسته‌های هوا در این توفانها بسیار قوی بوده و می‌توانند ذرات را با خود تا زمانی که به اندازه یک دانه تگرگ رشد نمایند، نگهدارند. دیده بانی و مشاهداتی از تگرگ وجود دارد که ابعاد وسیع خسارت زایی را ذکر کرده اند. علاوه بر زمینه اصلی آسیب پذیری از تگرگ یعنی کشاورزی، صنعت هوانوردی نیز از تگرگ در امان نمی‌ماند. تگرگ به موجودات زنده آسیب می‌رساند و به انسان، حیوانات، سکونت گاههای انسان و دیگر دست ساخت‌های بشر هم صدمه می‌رساند. آمار و اطلاعات قابل توجه خسارات وارده از تگرگ در کشاورزی، موید وسعت عملکرد زیانبار این پدیده مخرب جوی است. پس از شناسایی و پیش بینی یک توفان تندری شدید، می‌توان با استفاده از فن آوری‌ها و تدابیر هواشناسی کشاورزی و اتخاذ روش‌های مختلف تگرگ زدایی به امر کاهش خسارات ناشی از این پدیده اقدام نمود. اما قبل از آن شناخت کانون‌های فراوانی رخداد این پدیده در سطح کشور از اهمیت خاصی برخوردار است که جز با تعیین تعداد روزهای همراه با این پدیده در ماه‌ها و فصول مختلف سال، تشخیص پردازش بهترین مدل آماری و تعیین احتمالات رخداد این پدیده ممکن نیست. از این رو در پدیده شناسی تگرگ علاوه بر مطالعات نظری مبنی بر چگونگی پیدایش توفان‌های تندری و شرایط تشکیل تگرگ نیاز به آگاهی از چگونگی توزیع فراوانی تگرگ و آگاهی از احتمالات وقوع آن است.

حدوث تگرگ همیشه با انقلاب و آشفتگی شدید هوایی توأم می‌باشد و هنگامی تشکیل می‌گیرد که یک نوع ابر به نام کومولونیمبوس در صحنه آسمان ظاهر گردد، که به دنبال آن تگرگ به همراه توفان باران‌زا و رعد و برق همراه است (هر رعد و برقی تگرگ همراه ندارد).



شکل 7-15. تصویر ماهواره از توسعه توفان رعد و برقی

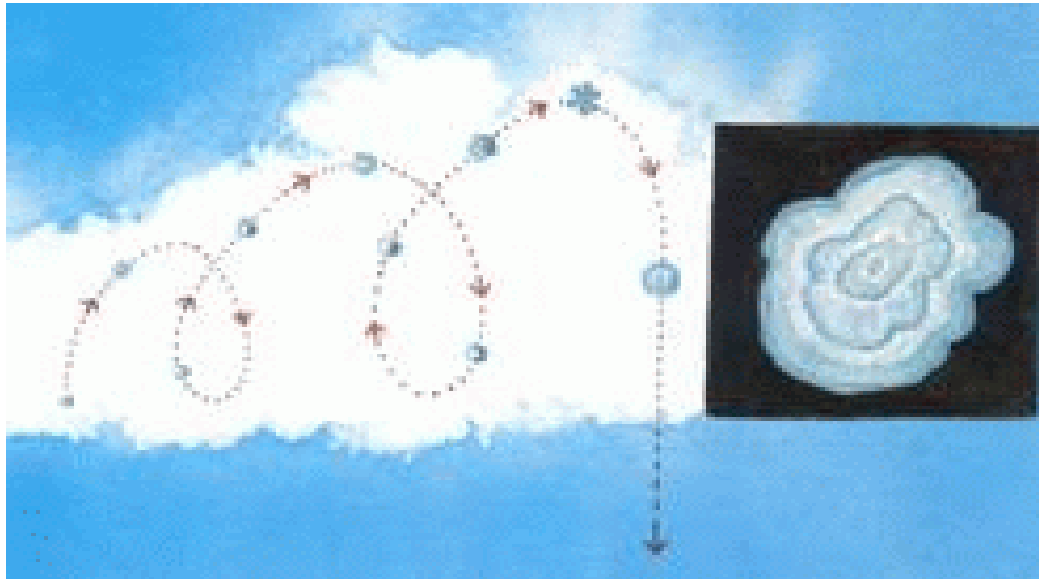
تگرگ حاصل حرکات قائم قطرات باران است که در توفان رعد و برقی مشاهده می‌شود. در این حالت، قطرات آب درون یک توده هوا در نتیجه حرکات قائم سریع به سطح زیر نقطه انجماد رسیده و به سرعت منجمد شده و با انباشتگی از برف و آب در سطوح متفاوت رشد می‌کنند. این حرکات قائم سریع، به ویژه در ابرهای کومولونیمبوس، که دارای سرعت 12 تا 30 متر در ثانیه می‌باشند، به وجود می‌آید. دانه‌های تگرگ نسبت به ظرفیت بادی که در داخل ابرهای کومولونیمبوس است به قدری بزرگ می‌شود که علی‌رغم سرعت باد، تحت نیروی وزن خود به سوی زمین فرو می‌ریزد. دانه‌های تگرگ، آب یخ زده متبلور می‌باشد و شکل ظاهر آن معمولاً کروی و مقطع آن شبیه پیاز بریده بالایه‌های متعدد می‌باشد. طبق قانون انجماد مایعات هر قدر آب سریع‌تر منجمد شود، دانه‌های تگرگ سفیدتر و شفاف‌تر خواهد بود و برعکس، هنگامی که افت دما تدریجی باشد تگرگ سفید و شفاف‌تری تولید می‌شود.

تگرگ یا پدیده یخ زدگی قطرات باران در اثر گردبادهای بالارونده که تحت شرایط سوپرآدیاباتیک جو در اثر صعود کاملاً گسترده هوای گرم و مرطوب در ناپایداریهای شدید جوی که موجب انتقال گرما و رطوبت گاه تا استراتسفر می‌شود تشکیل می‌شود و به طور ناگهانی بر زمین فرو می‌ریزد. به دانه‌های تگرگ یخچه، سنگچه هم گفته می‌شود و دانه‌های ریز تگرگ به سرما ریزه معروف است. زمانی که تراکم در هوای در حال صعود، که درجه حرارت آن زیر نقطه انجماد است به وقوع می‌پیوندد، بلورهای یخ شش وجهی تشکیل می‌گردد که

ممکن است به صورت اشکال منفرد یا چسبیده تشکیل دانه‌های برف یا انواع مختلف و متغیری را بدهند. در نتیجه پیوند بلورهای شش وجهی، اشکال زیبای برف به انواع خیلی زیاد به ظهور می‌رسد.

7-2-1. علل ایجاد تگرگ

صعود سریع هوای نمناک به لایه‌های بالاتر و سردتر جو و انجماد ذرات بخار آب علت ایجاد تگرگ است. قطر تگرگ در حدود 5 تا 50 میلیمتر است و بیشتر از ابرهای کومولونیمبوس یا اکومه ای که اغلب با رعد و برق همراه باشد می‌بارد. تگرگ از یک هسته مرکزی سفید رنگ تشکیل شده که رشته‌های سفید زیادی دور آن را فراگرفته. این رشته‌ها نیز با پوسته نازکی از یخ احاطه شده‌اند. تگرگ حاصل حرکات قائم شدید، قطرات باران است که در توفانهای رعد و برق مشاهده می‌گردد. در چنین حالتی، قطرات آب درون یک توده هوا در نتیجه حرکات قائم سریع به سطح زیر نقطه انجماد رسیده و به سرعت منجمد شده و با انباشتگی از برف و آب در سطوح مختلف رشد می‌کنند. این چنین حرکات قائم سریع، به ویژه در ابرهای از نوع کومولونیمبوس به وجود می‌آید که دارای سرعت 12 تا 30 متر در ثانیه می‌باشند، بعضاً تگرگ دارای اندازه‌ای در حدود 5/5 میلی‌متر و شکلی شبیه به برف را داشته و متشکل از دانه‌های گرد و تیره است و تگرگ از یک هسته مرکزی سفید رنگ تشکیل شده که رشته‌های سفید زیادی دور آن را فراگرفته. این رشته‌ها نیز با پوسته نازکی از یخ احاطه شده‌اند. گاهی تگرگ به صورت دانه‌هایی با قطر 5 تا 50 میلیمتر و به صورت پارچه‌ای از یخ فرو می‌ریزد. تگرگ عموماً از بارندگی‌های کنوکسیون و ابرهای کومولونیمبوس ایجاد می‌شود. این ابرها در جلو جبهه‌های سرد به هنگامی که هوای سرد، هوای گرم و مرطوب قطاع را وادار به صعود می‌کند، تشکیل می‌شوند. این جبهه‌ها اغلب با اسکوال لاین همراهی دارند. مدت ریزش تگرگ معمولاً کم بوده و از چند دقیقه تجاوز نمی‌کند و گاه بارش تگرگ تا 10 دقیقه نیز گزارش شده است.



شکل 7-22. طرح واره چرخش تگرگ درون ابر

7-2-2. انواع تگرگ

§ تگرگ نرم (برف دانه): دانه‌های یخ سفید رنگ، نسبتاً گرد و نیمه شفاف با ساختمان شبیه برف، که شکل آنها مخروطی و قطر آن بین 5-2 میلیمتر است. این تگرگ از بلورهای یخ، که قطرات آب سرد به دور آن منجمد شده و در برخورد با زمین به بالا می‌جهد و با صدای محسوسی همراه است. این تگرگ به صورت رگبار در دمای صفر درجه سانتیگراد همراه با برف و یا قبل از ریزش برف ریزش می‌کند و معمولاً قبل از رسیدن به زمین ذوب می‌شود.

§ تگرگ ریز (یخ دانه): دانه‌های کروی نیمه شفاف، به ندرت مخروطی شکل، که بزرگی دانه‌های آن 2 تا 5 میلیمتر است. این تگرگ حاصل انجماد آرام قطرات آب سرد در سطح دانه برف است. پس هسته آن برف دانه ریزی است که اطراف آنرا یخ پوشه فرا گرفته است. این تگرگ از ابرهای کومولونیمبوسی که دمای اتمسفر کمتر از صفر درجه است همراه با رگبار ریزش می‌کند.

§ تگرگ: از دانه‌های یخی به قطر 5 تا 50 میلیمتر است. این تگرگ حاصل حرکات عمودی و مکرر

هوا در ابرهای کومولونیمبوس است. این امر سبب می‌شود که هسته تگرگ قطرات آب را به دفعات

جذب خود کرده و سبب انجماد آن شود. تگرگ معمولاً به شکل رگبار، به طور محدود و همراه رعد

و برق در بهار می‌بارد.

§ تگرگ کوچک: قطرش به اندازه تگرگ نرم است. اگر این تگرگ به سطح زمین برسد، به خصوص

اگر همراه باران باشد سالم می‌ماند.

§ تگرگ واقعی (شدید): قطرش بیش از 5 میلیمتر است. اغلب ترد است و سبب خسارات سنگین

می‌شود.

3-2-7. ویژگی‌های تگرگ

بعضاً تگرگ دارای اندازه 2/5 میلیمتر و شکلی شبیه برف و متشکل از دانه‌های گرد و تیره است. تگرگی که

به محض رسیدن به زمین خرد شود به تگرگ نرم معروف است. این تگرگ‌ها از ابرهای کومولونیمبوس توأم

با باران فرو می‌ریزد. گاهی تگرگ با قطر 5 تا 50 میلیمتر و یا به صورت پارچه ای از یخ فرو می‌ریزد. وقتی

تگرگ بشکند، اشکال متحد المרכזی را نشان می‌دهد که در مراحل پی در پی و زیر سطح انجماد تشکیل

شده است. فصل ریزش تگرگ اغلب بهار و یا فصول انتقالی سال است، زیرا در این فصول اغتشاشات شدید

اتمسفری وجود دارد. تگرگ بیشتر در عرض‌های میانه تشکیل می‌شود و کمتر در استوا و قطب روی می‌دهد.



شکل 7-15. نمونه ای از قطرات درشت تگرگ

7-2-4. چگونگی تشکیل تگرگ و تگرگچه

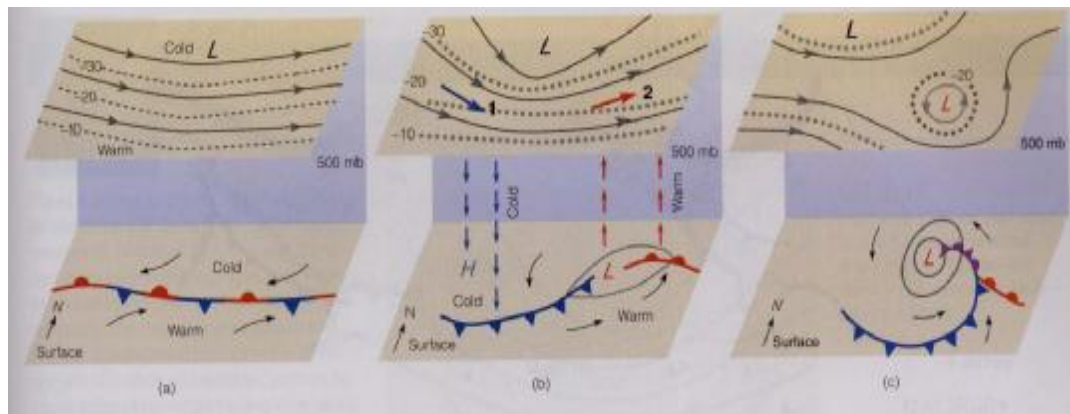
فرضیه جدیدی درباره تشکیل تگرگ به وجود آمده است. برای پی بردن به این موضوع نخست باید ببینیم که چگونه رطوبت در ابر جمع و متراکم می‌شود. در طبقات زیرین جو هوای گرم و مرطوب جمع می‌شود و بر فراز آنها توده‌های هوای سرد در ارتفاع 4 تا 7 کیلومتری قرار می‌گیرد. هوای گرم چون سبکتر از هوای سرد است به طرف بالا حرکت می‌کند. به همین دلیل جریان‌های سرد در امتداد عکس با سرعتی که به طور محسوس کمتر از سرعت هوای گرم است تغییر مکان می‌دهند.



شکل 7-16 نمونه ای از بارش تگرگ متراکم

جریانهای بالا رونده با سرعتی که در ارتفاعات مختلف متفاوت است حرکت می کنند. این جریانها به نسبتی که از سطح زمین دور می شوند سرعتشان افزایش می یابد و 30 تا 40 متر در ثانیه در ارتفاع 7 یا 12 کیلومتری متوقف می شود. بخار آب سرد موجود در هوا به صورت قطره های کوچک آب متراکم می شود همین قطره های کوچک آب هستند که نور خورشید را پراکنده و موجب تشکیل ابری شوند این قطره ها ضمن حرکت به یکدیگر برخورد می کنند و به صورت قطره های بزرگتر در می آیند با این حال سرعت جریان های بالا رونده کاهش می یابد و سرانجام به صفر می رسد. نخست قطره های خیلی درشت با جذب قطره های کوچکی که از پایین می آیند، درشت تر می گردند. درست در این منطقه از ابر است که رطوبت متراکم می شود. در این منطقه میزان اشباع ممکن است به 40 گرم در متر مکعب برسد. حال می توانیم به طور دقیق مقدار آب را در منطقه تراکم تعیین کنیم. این مقدار آب تابعی از مجذور سرعت جریان بالارونده که آن را هم به نوبه خود می توان از روی چینه بندی دمایی جو یعنی تغییرات گرمای هوا بر حسب ارتفاع محاسبه کرد. این کشف برای تحقیقات بعدی حائز اهمیت بسیار بود. اکنون روش هایی در دست است که به کمک آنها می توان مقدار آب را در منطقه تراکم حساب کرد و همچنین مقادیری را که باید به صورت بارش به طرف زمین

فرو ریزد از پیش تخمین زد. برای این کار کافی است که چینه بندی گرمایی را که به کمک گمانه‌های رادیویی می‌توان تعیین کرد، بشناسیم.

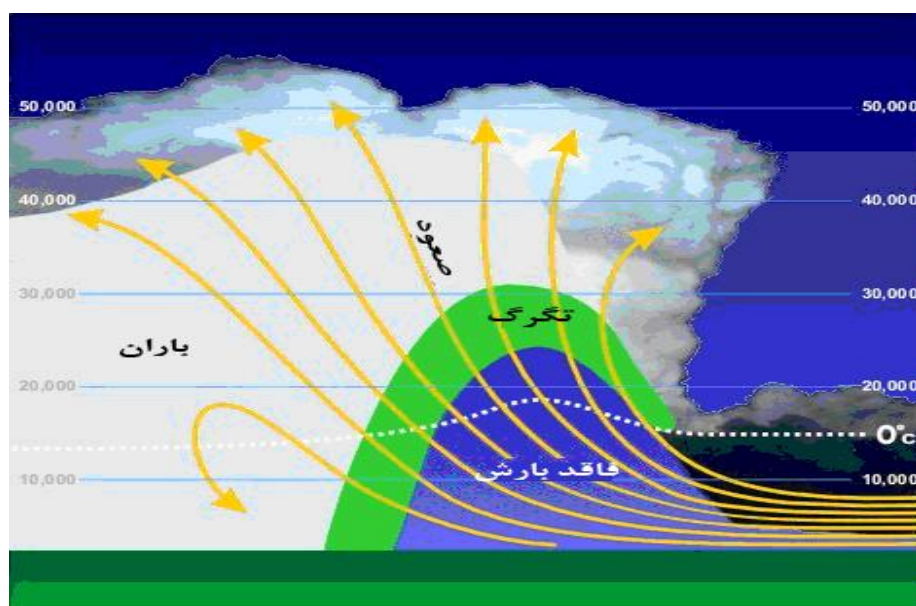


شکل 7-17 طرح واره‌ای تشکیل یک توفان سیکلونی ایده آل در عرض‌های میانی

- (a) یک ناوه با طول موج بلند موازی یک جبهه ساکن در سطح زمین
 (b) یک اغتشاش موج کوتاه سطوح فوقانی آغاز کننده یک فرا رفت دمایی
 (c) یک توفان مختلط سطح زمین بدون وجود واگرایی در سطوح فوقانی

نظریه قبلی درباره مقدار رطوبت در طبقه تراکم که در سال 1958 ارائه شده بود ایرادهای فراوانی داشت. مشاهدات بعدی در روسیه و کشورهای دیگر به ویژه در امریکا صحت این موضوع را تأیید کرد. فرایند تراکم رطوبت در همه جا بدون آنکه هر بار تولید تگرگ کند وجود دارد. پس طرز تشکیل تگرگ چگونه است؟ آب در صفر درجه منجمد می‌شود. در ابر، قطره‌های کوچک تا دمای 20- و گرماهای خیلی پایینتر از آن مقاومت می‌کنند. حالتی که در آن آب متراکم در ابرها در دماهای زیر صفر یخ نمی‌زند را حالت بالای گذاز نامیده اند. حال باید دید که در تماس بخش بالای منطقه تراکم با لایه‌هایی از جو که دارای گرمای 20- درجه است چه پدیده‌ای رخ می‌دهد. قطره‌های درشت به سرعت یخ می‌بندند. سپس این قطره‌های یخ بسته دانه‌های تگرگ را تشکیل می‌دهند و با جذب قطره‌های کوچکی که بالا می‌آیند بزرگتر می‌شوند. در مدت کمتر از 3 تا 10 دقیقه بزرگی آنها به حدی می‌شود که جریان بالارونده دیگر نمی‌تواند آنها را نگاه دارد. قطر بلورهای یخی که روی زمین فرود می‌آیند تابع سرعت جریان بالارونده است و بنابر این می‌توان آنرا از پیش محاسبه کرد.

از این رو با دانستن مکانیسم تگرگ می‌توانیم قطر و همچنین تعداد دانه‌های تگرگ را محاسبه و سپس به تحقیق درباره روش‌هایی بپردازیم. آزمایش‌هایی متعدد نشان داده که اگر در منطقه بالای گداز ابر، بعضی مواد شیمیایی مانند یدورنقره، یدورسرب و یخ کربنی داخل کننده تبلور در دمایی خیلی بالاتر از حالت عادی صورت می‌گیرد. زیرا داخل کردن مواد نامبرده موجب تشکیل کان و نه‌ای انجماد مصنوعی می‌شود. داخل کردن یک میلیون گرم یدورنقره در ابر 10- درجه موجب تشکیل 10 تا 100 میلیون بلور یخ می‌گردد. از آنجایی که رطوبت متراکم در این منطقه بین تعداد زیادی از دانه‌های تگرگ پخش شده‌است. قطر هریک از دانه‌های تگرگ کاهش می‌یابد و بسیاری از آنها در مسیر خود آب شده و بقیه به شکل تگرگ‌های ریز بدون ایجاد خسارت‌های بزرگ به زمین فرود می‌آیند.

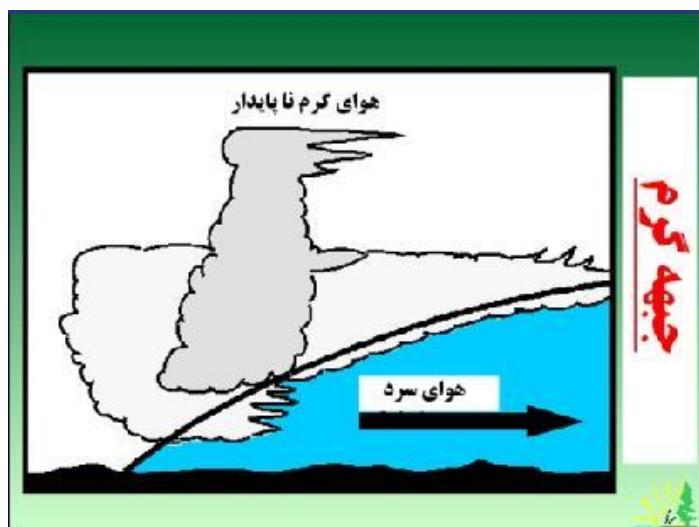


شکل 7-18. طرح واره مراحل شکل‌گیری ابر، باران و تگرگ

تگرگچه یا گرزیل همان بلغوریخی است. از نظر علمی عبارت از ذرات یخی است که در وسط هسته غیر شفاف خرد و گاهی کمی درشت، مدور که معمولاً از 2 تا 5 میلی متر قطر دارند و بر خلاف بلغوربرفی به راحتی با انگشتان دست له نمی‌شوند. در حالی که دمای هوا در نقاط پر فراز 30- درجه سانتیگراد یا کمتر است. حالت سورفوزیون شدید در هوای مسیر پیدا می‌کند و دانه‌های ریز و سفید و مات بنام گزلون با شدت

زیاد به زمین فرود می‌آیند. چنانچه شدت سورفوزیون زیاد بوده جریان بالا روی هوا به قدر کفایت نمدار با یک طبقه به حد کافی نمدار برخورد کند دانه‌های بزرگتر سفید مات که همان تگرگ (گرل^۱) است تشکیل می‌یابند. به همین دلیل در تابستان به طور معمول تگرگ نمی‌بارد. دانه‌های تگرگ به طور متوسط به اندازه‌های گردو بوده و بر اثر برخورد به هم در هنگام نزول اشکال مدور ناکاملی به خود می‌گیرند. در وسط این دانه‌ها رگه‌ها و لایه‌هایی وجود دارند. بارش تگرگ که بر اثر آشفته‌گی زود گذر جوی پدید آید کم دوام بوده مدت باریدن آن از ۱ تا ۲ دقیقه فزون تر نیست. ابرهای توفان‌زا از نوع کومولونیمبوس که به ابرهای سندان‌ی یا گل کلمی شهرت دارند نشانه بارش تگرگ می‌باشند. نکته‌ای که باید یاد آور شد این است که تگرگ را نباید با «باران یخی» اشتباه کرد. متشور اخیر قطعات یخی هستند که بر اثر عبور قطرات باران که هنوز در حالت سورفوزیون قرار نگرفته اند از طبقه هوای سرد حوالی زمین تشکیل می‌شوند. این دانه‌های یخی اغلب ریز و به شکل گوی و کاملاً شفاف و سفت هستند که از ۱ تا ۲ میلیونیم می‌باشند و با بلورهای یخی نیز فرق دارند. زیرا آنها فاقد هسته سفید غیر شفاف می‌باشند و گاهی در داخل دانه باران یخی آبی که هنوز یخ نبسته وجود دارند. این دانه‌ها بر اثر برخورد به اشیای روی زمین شکسته و پوسته یخی به جای می‌گذارند. از جمله متشور یخی جالبی به نام یخ سوزنی در روزهای یخبندان زمستان در نور خورشید می‌درخشند. این پدیده جوی ذرات خرد سبک متبلور و شفاف یخ هستند که به شکل صفحات خرد فلس مانند در هوا شناورند و زیان ضربه‌های تگرگ را ندارند. متشورهای یخی، اقسام تگرگ و غیره در متورلوزی رده بندی گشته شاخه ای از علم آثار جوی را تشکیل می‌دهند.

^۱. grele



شکل 7-19. طرح واره تشکیل ابر جوششی

5-2-7. مراحل شکل‌گیری ابر و بارش باران و تگرگ

مراحل تشکیل باران سالهای طولانی به عنوان یک راز بزرگ باقیمانده بود تا اینکه در دهه‌های اخیر با کمک وسایل پیشرفته مانند هواپیما، ماهواره، کامپیوتر، مطالعه جهت و سرعت بادهای، اندازه‌گیری رطوبت و تغییرات آن، تعیین سطح فشار اتمسفر و... پرداخته و به جزئیات شکل‌گیری ابرها و ساختمان ونحوه عمل آنها پی بردند. فرآیند تشکیل باران شامل 3 مرحله است: ابتدا مواد خام باران توسط باد در هوا بالا می‌روند. بعد ابرها تشکیل می‌شود و سرانجام قطرات باران فرو می‌ریزند.

دو نوع ابر وجود دارد که باران‌زا هستند. این ابرها بر اساس شکلشان، به دو دسته تقسیم می‌شوند:

§ استراتوس (نوع لایه‌ای)

§ کومولوس (نوع توده‌ای).

ابرهای لایه‌ای باران‌زا خود به دو دسته استراتوس و نیمبو استراتوس (نیمبو به معنی باران است) تقسیم می‌شوند. نوع دوم ابرهای باران‌زا نوع توده‌ای است که خود به کومولوس، کمولونیمبوس (اگر ارتفاع ابرهای

کومولوس خیلی زیاد شود به ابرهای کومولونیمبوس که معمولاً همراه رعد و برق هستند تبدیل می‌شوند) و استراتوکومولوس تقسیم می‌شود. این ابرها با شکل پف کرده و انباشته شده روی یکدیگر مشخص می‌شوند. کومولوس و کومولونیمبوس ابرهای توده‌ای حقیقی هستند و استراتوکومولوس شکلی از کومولوسهای تغییر شکل یافته و گسترش یافته است.

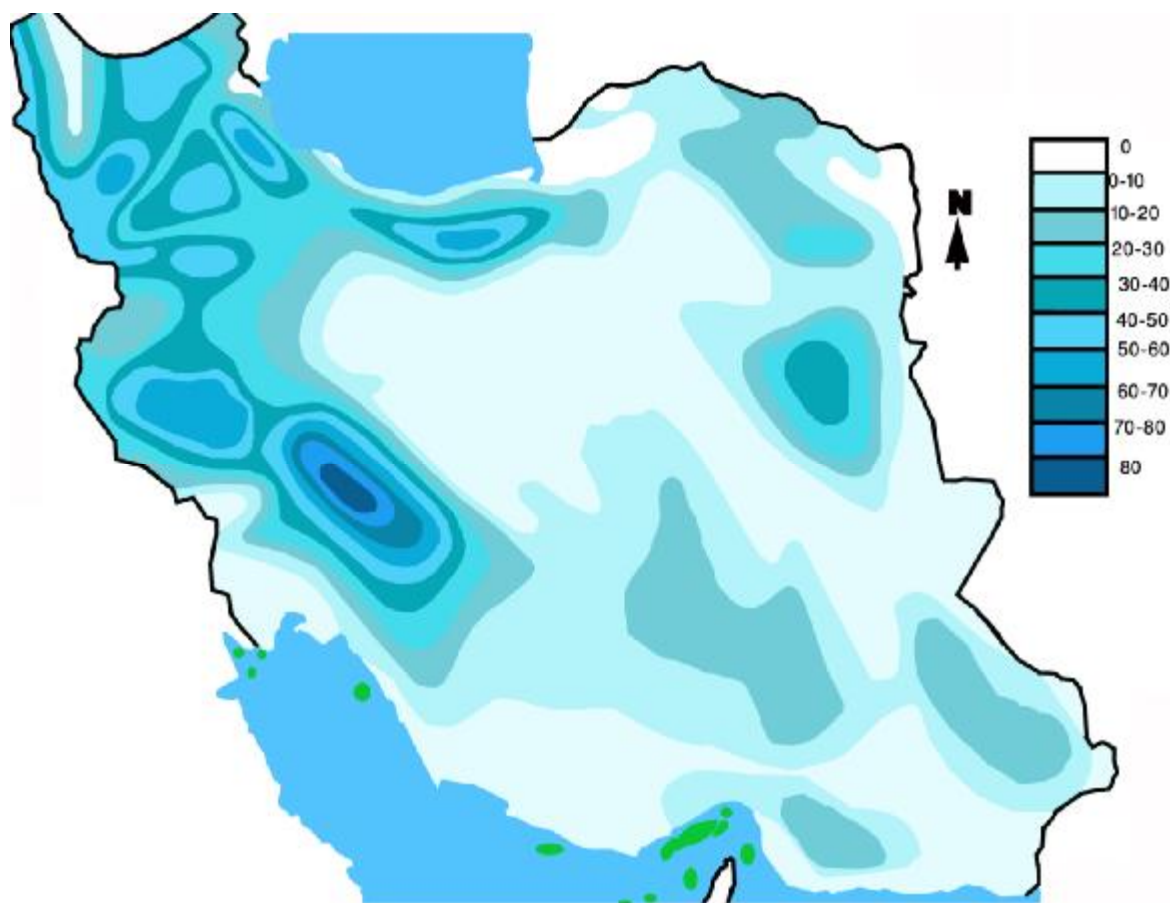


شکل 7-20. طرح واره انواع ابرهای باران زا

7-2-6. خسارات توفان، تگرگ و رعد و برق بر بخش کشاورزی

یکی دیگر از بلایای جوی و اقلیمی که باعث ایجاد مشکلات متعدد در امر کشاورزی می‌شود و تقریباً در اکثر سالها خسارات جبران ناپذیری به محصولات زراعی وارد می‌کند، توفان، تگرگ و رعد و برق می‌باشد. گرچه این پدیده‌های مخرب طبیعی در مقایسه با سایر پدیده‌های جوی و اقلیمی به لحاظ مکانی در مقیاس کوچکتري صورت می‌پذیرند ولی اثرات شدیداً مخرب آن می‌تواند اقتصاد کشاورزی یک منطقه را

کاملاً تحت شعاع قرار دهد. رخداد پدیده تگرگ گرچه در مقیاس کوچک به وقوع می پیوندد اما وسعت خسارات به حدی است که می تواند زندگی کشاورزان را از لحاظ اقتصادی کاملاً فلج نماید.



شکل 7-21. توزیع سالانه روزهای همراه تگرگ با احتمال 10%

تگرگ دشمن توسعه کشاورزی است. چه بسا با بارش چند لحظه ای تگرگ حاصل دسترنج کشاورز و دامدار از بین برود. بنابر این صدمات تگرگ در دو بخش طبقه بندی می شود:

§ **خسارات مستقیم:** دانه های تگرگ هنگام بارش با انرژی جنبشی که نسبت مستقیم با جرم و مربع سرعت دانه ها دارد به سطح زمین ریزش می کند. اصابت تگرگ سبب شکستن درختان، بوته ها، شاخه ها و ... می شود.

§ خسارات غیرمستقیم: دانه‌های نگرگ با مجروح نمودن گیاهان راه ورود عوامل بیماری‌زا را به گیاه بازکرده و سبب فساد و نابودی محصولات را فراهم می‌آورد.

§ خسارات هوانوردی: بارش به شکل نگرگ به خودی خود مخاطره‌آفرین نیست، اما خطرات ناشی از نگرگ به طور عمده گریبانگیر پروازهایی است که در داخل و یا مجاور توفان‌های تندی انجام می‌شود. شدت خسارت نگرگ بستگی به سرعت هواپیما، شعاع نگرگ (بیش از 1 سانتیمتر) و وزن نگرگ دارد. خسارت ایجاد شده بر روی دماغه، بال، شیشه جلو و آنتن وارد می‌آید و باعث تداخل امواج رادیویی، کاهش دید، به هم خوردن تعادل و... می‌شود. در فرودگاه‌ها این اطلاعات را هر نیم تا یک ساعت در اختیار کمک خلبان می‌گذارند.



شکل 7-22. نمونه ای از خسارت نگرگ



شکل 7-23. نمونه ای از خسارت تگرگ

هر کشوری برای جلوگیری از خسارت تگرگ به کمک بیمه کردن محصولات سعی در جبران زیان وارده است. بنگاه‌ها و موسسات بیمه با دریافت مبالغی به عنوان حق بیمه محصولات را بیمه می‌کنند. مبارزه با تگرگ در اروپا مخصوصاً در فرانسه از مدتها قبل انجام شده. در این کشور منطقه‌ای به وسعت 70000 کیلومتر مربع در جنوب غربی کشور، 240 ژنراتور از آوریل تا 15 اکتبر آماده است تا به محض پیش بینی وقوع تگرگ از آنها استفاده شود.

7-2-7. آیا گرد و خاک و آلاینده‌های کارخانه‌ها موجب تگرگ می‌شوند؟

همانگونه که ذکر شد تشکیل دانه‌های تگرگ فقط درون ابرهای تگرگی نیست. پژوهشگران گروه عملی مطالعات جوی در فرانسه عقیده دارند که گرلونه‌های متشکل از ابرهای توفان باری به میزان زیاد از همان نوع ابر کومولونیمبوس است. زیرا در یک روز تابستان که هوای پیرامون زمین گرما کسب می‌کند، این هوای گرم صعود نموده و در فرازهای مختلف توسعه یافته، در نتیجه حرارتش را از دست داده و سرد می‌شود تا جایی که قطرات آب به اندازه 20 میکرون ایجاد می‌شوند. با اوج گرفتن و افزایش فراز، در برابر هوای سرد که دمای آن به زیر صفر درجه می‌رسد، قرار می‌گیرند. اما آب حاصل ابرها شامل یک خاصیت فیزیکی (بدون

یخ بستن) تا 40- درجه سانتیگراد یعنی در فرازهای 8 تا 10 کیلومتر است که در فیزیک سورفوزیون آب می‌نامند. یعنی حالتی که جسم با درجه حرارتی که پائینتر از درجه ذوب آن است به حالت مذاب در می‌آید. این حالت نامتعادل می‌تواند بر اثر وجود ذرات ریز میکروسکوپی (0/1 تا 30 میکرون) باشد. این هسته‌های مولد یخ معمولاً از زمین می‌رسند و آنها از دوده‌های کارخانه‌ها، شن ریز، خاک رس، باکتریها و غیره اند و حداقل دمای 10 درجه سانتیگراد دارند. هر لیتر هوا یک میلیون قطره در خود دارد که همین قطرات آلوده می‌توانند بر اثر بزرگ شدن خمیره دانه‌های تگرگ باشند و بر اثر جریان بالارونده هوا کم و بیش قوی به صورت دهها هزار قطرات و بلورهای یخی شروع به بالا رفتن می‌کنند و در آنجا دومین اثر فیزیکی قابل توجه امکان می‌دهد که آن بلورهای یخ درشت گشته از قطرات پیرامون بگذرند و زیادتر شوند. این شکل‌گیری ادامه پیدا می‌کند تا تبخیر کامل قطرات. در چند دقیقه بلورهای یخی به قطر 100 میکرون می‌رسند و این افزایش تا دستیابی به دانه‌های برف غلطان یعنی ذرات یخ بسیار سبک به قطر یک میلیمتر به صورت گلوله‌های خیلی کوچک و سفت به قطر 5 میلیمتر در می‌آیند. در چنین وضعی است که گفته می‌شود نطفه گرلون پیدا شده‌است.

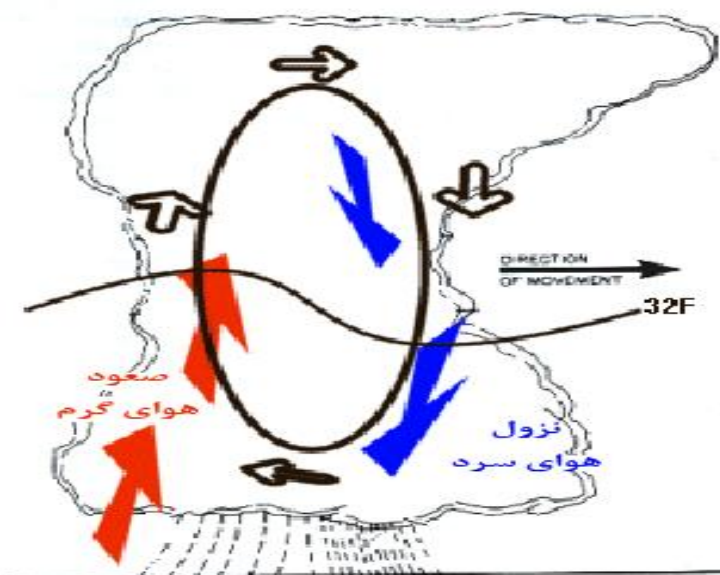


شکل 7-24. نمونه ای از خسارات تگرگ

شرایط دینامیکی توفبار آخرین حالت دانه تگرگ را توصیف می‌کند. یعنی اگر هسته‌های گزلون‌ها در جریان بالارونده هوا به اندازه کافی قوی باشد یعنی سرعت آن حدود 40 کیلومتر بر ساعت برسد آن وقت به شکل زیل یا باران، پس از آب شدن در دمای صفر درجه (دمای هوا در آنجا صفر درجه است) به زمین فرو می‌ریزد. در غیر این صورت ذرات بالاروی خود را همچنان ادامه داده بین فرازهای مربوط با دماهای 10 تا 30 درجه سانتیگراد به صورت گزلون‌های درشت‌تر در می‌آیند. درحالتی که جریان‌های بالارو قادر به نگاه‌داری در ابر را داشته باشد، گزلون‌ها دوباره با سرعت 10 کیلومتر بر ساعت (برای یک گزلون 40 میلی متری) به سمت زمین فرود می‌آیند. مطالب ذکر شده نتیجه مطالعاتی برخی پژوهشگران است ولی برخلاف آن نیز نظریاتی وجود دارد. یک نمونه از نظرات مخالف بدین شرح است: تگرگ تابستانه حاصل شرایط یک حالت ناپایداری گرما و نم برای ماه مارس به مراتب کمتر می‌باشد. علت اصلی همان اختلاف وضع هوای دو زمان است.



شکل 7-25. نمونه ای از خسارات تگرگ



شکل 7-26. طرح واره حرکات بالارو و پایین رو در ابر

8-2-7. راه‌های مقابله با تگرگ

بیشتر توجه دانشمندان و کشاورزان به توپ‌های ضد تگرگ (تخم افشانی) و باردار کردن ابرهای تگرگی به وسیله گرد یدور هالوژن‌ها می‌باشد. پژوهش نشان داده که عمل دوم یعنی افشاندن گرد یدورنقره می‌تواند یک راه تجسس بر مکانیسم‌های باز کند، زیرا به تیپ بی‌نظمی دمای هوا بیشتر توجه دارد. در فرانسه گاهی هنگام بارش‌های تابستانه دانه‌های گولون تا قطر 5 سانتیمتر می‌رسد که به سقف خانه‌ها، گلخانه‌ها و بخشی از تاکستان‌ها خسارت زیادی وارد نموده است.

تاکنون برای کنترل بارش تگرگ تلاش‌هایی بی نتیجه انجام شده است و چند سالی نیز به توپ‌های ضد تگرگ توجه شده است. در اغلب کشورهای اروپایی از آن استقبال نمودند، ولی خیلی زود دریافتند که کاری پر هزینه و غیر مفید است. توپ‌های ضد تگرگ نیز در ردیف فعالیت‌های سنتی برای جلوگیری از باریدن تگرگ معمول بوده مانند نواختن پیپای زنگهای کلیساها، تیراندازی بسوی ابرهای تگرگی و بالاخره دعا در کلیسا و... قرارگرفت. یکی از راه‌های جلوگیری از باریدن تگرگ نابودکردن گولون از طریق تبخیر آن به وسیله دوده‌های

سیاه و ضخیم به سوی ابرهای تگرگی است که از خورشید گرمای بیشتری جذب می‌کند. یکی از پژوهشگران فرانسوی چنین گفته است: «یک ابر کومولونیمبوس دارای 50 تا 100000 تن گرلون، یک میلیون تن آب است که انرژی حاصل آن بیش از 75 بمب اتمی می‌باشد.» پژوهشگران هواشناسی چند سالی است که عقیده دارند باید روی میکروفیزیک ابرها دخالت کرد. به ویژه در سال 1947 یک پژوهشگر امریکایی به نام برناردونه گوت کشف جالبی کرد. اولین بار اعلام کرد از طریق مواد ذوب کننده یخ در درون ابرهای تگرگ را مانند بودورنقره و غیره می‌توان ریزش تگرگ را کاهش داد .



شکل 7-27. نمونه ای از خسارات تگرگ

خسارات ناشی از تگرگ در زمینه کشاورزی دارای ابعاد وسیعی است که بهره‌گیری از تحلیلهای انجام یافته، نتایج، نمودارها و نقشه‌ها امکانات قابل توجهی را در اختیار برنامه ریزان و کاربران و مجریان طرحهای کشاورزی و صنعتی قرار می‌دهد و زمینه را جهت استفاده از فن آوریهای جدید در جهت کاهش خسارات ناشی از رخداد تگرگ فراهم می‌سازد. همچنین مطالعات انجام یافته در قالب نقشه‌های مختلف تگرگ به کاربران اجازه می‌دهد تا با توجه به نحوه گسترش هسته‌های پر تراکم تگرگ مخاطرات آن را در

برنامه‌ریزی‌های ملی و استانی ملحوظ داشته و با ایجاد تمهیدات فنی و مدیریتی و استفاده از فن آوریهای بین المللی در کاهش خسارات ناشی از وقوع آنها در حیطه فعالیتهای کشاورزی اهتمام ورزند.

بنابر این شناخت کانون‌های فراوانی رخداد این پدیده در کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. پس با انتخاب مدل آماری و تعیین احتمالات رخداد این پدیده و به کارگیری روش‌های فنی مقابله با تگرگ و شناخت مناطق آسیب پذیر و بهره‌گیری از فن آوری‌ها و تدابیر هواشناسی میت وان به امر کاهش خسارت تگرگ مبادرت نمود.

انسان از گذشته در معرض عواملی مانند خشکسالی، بارانهای سیل آسا و به ویژه تگرگ که موجب خسارتها و ویرانی‌های بزرگ می‌شوند بوده‌است. جالب توجه آنکه در میان خطوطی که ملل خاور دور در 3000 سال پیش به کار می‌برند 300 علامت آن برای نشان دادن تگرگ مورد استفاده بوده‌است. از زمان آشنایی بشر با کشاورزی تاکنون تگرگ مانند شمشیر داموکلسن کشتزارها را تهدید می‌کرده و باغهای میوه و تاکستان‌ها بیشتر از آن صدمه دیده اند. در چین و هند دانه‌های تگرگی به وزن یک یا دوکیلو دیده شده‌است. این موضوع برای ساکنان مناطق معتدله عجیب و باور نکردنی است. با این حال در نواحی معتدل نیز چنین پدیده‌هایی مشاهده می‌شود. مثلاً در آلمان دانه‌های تگرگی به وزن یک کیلوگرم و در نواحی مرکزی روسیه دانه‌های تگرگ به وزن 500 گرم مشاهده شده‌است. در قفقاز شمالی تگرگی به بزرگی یک نارنج 2 تا 3 سال یک بار می‌بارد و زیانهایی به بار می‌آورد.

دانشمندان می‌کوشند که راه‌هایی برای حفظ گیاهان در مقابل تگرگ پیدا کنند و از زیانهای اقتصادی فراوان آن بکاهند. اما مسئله تنها به حدس زدن زمان باریدن تگرگ محدود نمی‌شود. بلکه باید طریقه نظارت بر آن را فراگرفت. هنگام بررسی این مسئله از طرف دانشمندان هنوز چگونگی تشکیل تگرگ به درستی معلوم نبود. بسیاری از دانشمندان سعی کرده‌اند که به این راز پی ببرند. با وجود این کوششها فرضیه‌های مورد قبول با

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها مطابقت و هماهنگی نداشتند. پس لازم بود که ابتدا به کشف محرک‌های این پدیده پردازند تا بعد جنبه‌های مختلف آنرا مورد بررسی قرار دهند.

راه حل به دست آمده از این قرار است:

1- داخل کردن 20 تا 100 گرم یدورنقره در هر کیلومتر مکعب ابر موجب کاهش قطر تگرگ تا یک

سانتیمتر در ارتفاعی که گرمای آن برابر صفر درجه است می‌شود.

2- توپهای ضد تگرگ، اجرای این طرح باعث سوال‌های مختلفی از این قبیل می‌شود: در چه لحظه

مشخص و به چه طریقی باید مواد شیمیایی را داخل ابر کرد؟ ابرهایی که آنها را باید خطرناک دانست

کدامند؟ و...

مشاهدات نشان می‌دهد که در لحظه مشخصی که دانه‌های تگرگ تشکیل می‌شوند باید عمل انجام گیرد.

اگر این عمل خیلی زود انجام گیرد جریانهای هوا آنها را پیش از پیدا شدن بلور یخ از کانونشان که محل

تشکیل تگرگ مصنوعی است دور خواهد ساخت. با فرستادن موجهای هرتز به طرف ابر به کمک رادار موفق

شده‌اند که قطر دانه‌های تگرگ و مقدار تراکم آنها را تخمین بزنند. به کمک رادار ابر را بررسی می‌کنند و پس

از کشف کانون تشکیل تگرگ به وسیله توپهای ضد تگرگ گلوله‌هایی را که محتوی مواد شیمیایی هستند در

جهت کانون رها می‌سازند. 4 تا 7 عراده توپ برای ناحیه‌ای در حدود 200000 هکتار کافی است.



شکل 7-28. یک نمونه از صاعقه

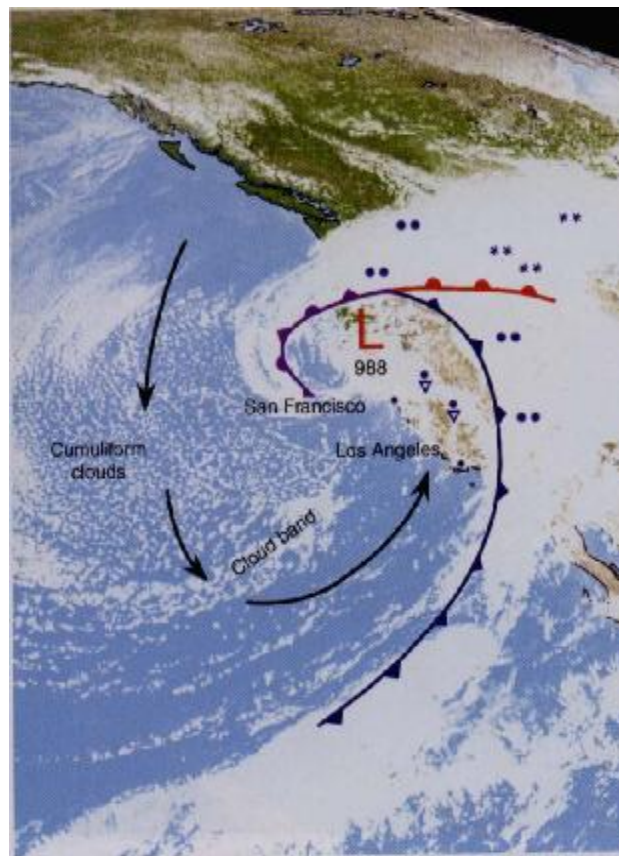
برای جلوگیری از ریزش تگرگ دو قاعده وجود دارد: به محض آنکه ابر تگرگ را نزدیک منطقه مورد نظر گردد باید در سر حد منطقه مزبور به وسیله توپهای ضدتگرگ بمباران شود. در نتیجه این عمل دانه‌های تگرگ به طور محسوس کم شده و بر اثر ذوب شدن به صورت باران درمی‌آیند. روش دیگر این است که ابرهای پشته‌ای را به محض ظاهر شدن دانه‌های بزرگ تگرگ بمباران می‌کنند. این بار نیز دانه‌های بزرگ تگرگ آب شده و به صورت باران با دانه‌های تگرگ ریز در می‌آیند. اکنون چندین سال است که آزمایشهای مربوط به حفاظت در برابر تگرگ انجام می‌گیرد و روز به روز روش‌های مزبور کاملتر می‌شوند. امید است روزی فرا رسد که در سراسر جهان هیچ تگرگی از این لحاظ وجود نداشته باشد.

9-2-7. مطالعه تگرگ در مقیاس متوسط

پدیده تگرگ و روند تشکیل آن در مقیاس کمتر از مزو مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا بر روی نقشه‌های همدیدی ظاهر نمی‌شود و همین موضوع سبب دشواری پیش یابی تگرگ شده اما برای رد یابی تگرگ از رادار استفاده می‌شود. به وسیله دستگاه رادار می‌توان مناطقی که به وسیله تگرگ تهدید می‌شوند را مشخص و حتی قطر دانه‌های تگرگ را اندازه گیری نمود. فصل بارش تگرگ اغلب در بهار یا فصول انتقالی سال

است، زیرا در این فصول اغتشاشات شدید جوی زیاد است. از آنجایی که معمولاً تگرگ در فصول انتقال یعنی در بهار و پاییز بیشتر اتفاق می‌افتد در صورتی که امکان بروز خسارت برای محصولات کشاورزی و شهری باشد با روش‌های مختلفی نسبت به از بین بردن آن اقدام می‌نمایند. در برخی از کشورها با شلیک گلوله‌های توپ حاوی یدور نقره یا سایر هسته‌های مصنوعی تراکمی به ابرهای فوق، تمرکز مولکول‌های آب را سرعت می‌بخشند تا از خسارات احتمالی ناشی از ریزش تگرگ جلوگیری کنند. یدورنقره باعث می‌شود که کریستال‌هایی که در منفی 60 درجه تشکیل می‌شوند در منفی 4 درجه سانتیگراد ایجاد بلور کنند. بزرگترین اندازه تگرگ در آوریل سال 1989 در بنگلادش اتفاق افتاده که دانه‌های تگرگ با وزن یک کیلو گرم و به اندازه یک طالبی بود که موجب مرگ 92 نفر در اثر اصابت تگرگ گردید. تجربه 24 کشور در سطح جهان نشان داده است که باروری ابرها می‌تواند مقدار باران را بین 10 تا 25 درصد افزایش دهد و خسارات ناشی از تگرگ را 30 تا 70 درصد کاهش دهد. از روش‌های دیگر جلوگیری از ریزش تگرگ ایجاد ارتعاشات صوتی به وسیله منفجر کردن موشک در میان ابرهای تندری است که موجبات اضمحلال ابر را فراهم می‌کند. باروری ابرها علاوه بر افزایش میزان بارش، کاربردهای عملی دیگری نیز دارد که از مهمترین آنها جلوگیری از بارش تگرگ و زدودن مه اشاره نمود تگرگ در ابرهایی چون کومولونیمبوس تشکیل می‌شود. این ابرها جریان بالارونده بسیار سریعی دارند. برای جلوگیری از تشکیل تگرگ که بارش آن برای کشاورزی بسیار مضر می‌باشد، مقدار زیادی یدور نقره در بخش‌های مخصوصی از ابر اضافه می‌کنند. اضافه نمودن هسته‌های مصنوعی انجماد باعث ایجاد یک رقابت جهت جذب ذرات منجمد آب می‌شود و به همین خاطر ذرات تگرگ رشد پیدا نکرده، چراکه رشد آنها بستگی به وجود ذرات آب دارد و اگر ذرات تگرگ بزرگ نباشد، زمانی که از ابر به طرف زمین فرود می‌آیند، بر اثر اصطکاک با هوا و گرم شدن هوا، ذوب شده و تبدیل به باران می‌شوند. قطره از خلال امتداد (از امتداد تراکم ابر) می‌ریزد.

وقتی وضعیت جوی به نقطه بارش برسد ابتدا ذرات آب در بخش‌های بالایی ابر با هم ترکیب می‌شوند و قطره‌های ریز در حد سقوط کردن تشکیل می‌شوند. در مسیر سقوط خود با میلیون‌ها مولکول‌های دیگر آب برخورد می‌کنند که جذب آنها می‌شوند و رفته رفته بزرگ و بزرگ ترمی‌شوند تا این که در نهایت به قسمت پائین ابر می‌رسند و آن را ترک می‌کنند. قطره‌ای که ابر را ترک می‌کند تقریباً 2000 بار بزرگتر از ذرات موجود در ابر است. پس از ترک ابر نیز در مسیر خود می‌توانند با قطره‌های کوچکتری که پیش از آنها از ابر جدا شده‌اند و به خاطر سبکی خود سرعت کمتری دارند برخورد می‌کنند و در اثر فرآیند تصادم بزرگتر می‌شوند. در ابرهای کومه‌ای ریزه‌های یخ وجود دارد که با چرخش آنها تگرگ تشکیل می‌شود.



شکل 7-29. تصویر ماهواره ای مرئی در ساعت 9 صبح 27 مارس 2005 - این تصویر بیانگر موقعیت جبهه های سطح زمین است که فلش های سیاه رنگ نشان دهنده جریانات سطح بالا و الگوهای بارشی می‌باشد.

تگرگ در اصل ریزه‌های یخ در بخش بالایی ابر است. دانه تگرگ وقتی تشکیل می‌شود که بلورهای یخی در بالای ابر، قطره‌های آب را که سردی آنها در دمای زیر صفر است¹ ولی یخ نمی‌زنند، جمع می‌کند. آن قطره‌ها که تا زیر درجه انجماد سرد هستند به مجردی که بلورهای یخی آنها را لمس می‌کنند، سریعاً یخ می‌زنند و بلورهای یخ توسط بادهای تند در ابر بالا و پائین برده و چرخانده می‌شوند که باعث برخورد و تماس آنها با قطره‌های بیشتری می‌شود. این عمل باعث می‌شود که قطره‌های بیشتری دور آنها یخ بزند و دانه تگرگ بزرگ و بزرگتر شود تا جایی که وزن آنها قدری سنگین می‌شود که باد دیگر نمی‌تواند آنها را با جریان خود به بالا ببرد و در نتیجه سقوط می‌کنند. در ابر باد و بورانی جریان برق مثبت و منفی درست می‌شود به این شکل که با بادهای قوی ذره‌ها و قطره‌های ریز آب و مخصوصاً ذره‌های یخی موجود در ابر، بالا و پائین برده می‌شوند که باعث ایجاد جریان مثبت و منفی برق می‌شود. جریان مثبت و منفی اغلب دور از هم شکل می‌گیرند. در پایان تفاوت میان یک منطقه با برق مثبت با منطقه دیگر با برق منفی، خواه در ابر یا بر زمین آنقدر زیاد می‌شود که برق آنها به شکل جرقه بسیار بزرگ رعد و برق (آسمان درخش) آزاد می‌شود. همینطور وقتی تگرگ از میان یک ناحیه زیر صفر و ناحیه ذره‌های یخی در ابر می‌افتد ابر دارای الکتریسیته می‌شود. وقتی قطره‌های مایع با دانه‌های تگرگ برخورد می‌کنند سریعاً هنگام تصادم یخ می‌زنند و به دنبال آن گرما را رها می‌کنند. این عمل سطح دانه تگرگ را از ذرات یخ دور تا دور گرمتر نگه می‌دارد. وقتی که یک دانه تگرگ علاوه بر فرایندهای برزرون با یک ذره یخ تصادم می‌کند، الکترون‌ها از بخش سردتر به بخش گرمتر جریان پیدا می‌کنند. پس از آن دانه تگرگ دارای برق منفی می‌شود. همین اثر نیز وقتی قطره‌های با دمای زیر صفر با دانه‌های تگرگ و ذره‌های ریز دارای برق مثبت برخورد می‌کنند، رخ می‌دهد. این فندک‌های دارای برق مثبت توسط باد به بخش بالایی ابر برده می‌شوند و تگرگ دارای

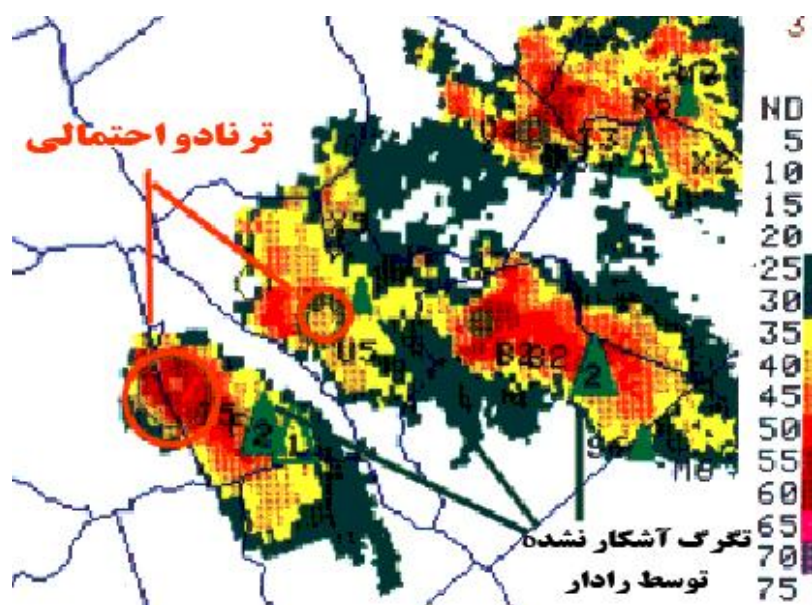
¹ . Super cold

برق منفی به ته ابر می‌افتد و بدین گونه بخش پائینتر ابر منفی می‌شود. این برق منفی به صورت نور تخلیه و آزاد می‌شود. نور آن نیز بسیار قوی است.

آب اساساً وقتی تغییر حالت می‌دهد، مثلاً از مایع به جامد یا از آب به بخار تبدیل می‌شود انرژی آزاد می‌کند و اغلب به صورت رعد و برق مشاهده می‌گردد.



شکل 7-30. نمونه ای از بارش تگرگ



شکل 7-31. تصاویر رادار از یک سامانه توفان همراه با تگرگ

3-7. آشفته‌گی حاره‌ای¹

هر گاه دسته از توفان‌های تندری در شرایط مساعد جوی در کنار یکدیگر قرار گیرند تشکیل آشفته‌گی حاره‌ای

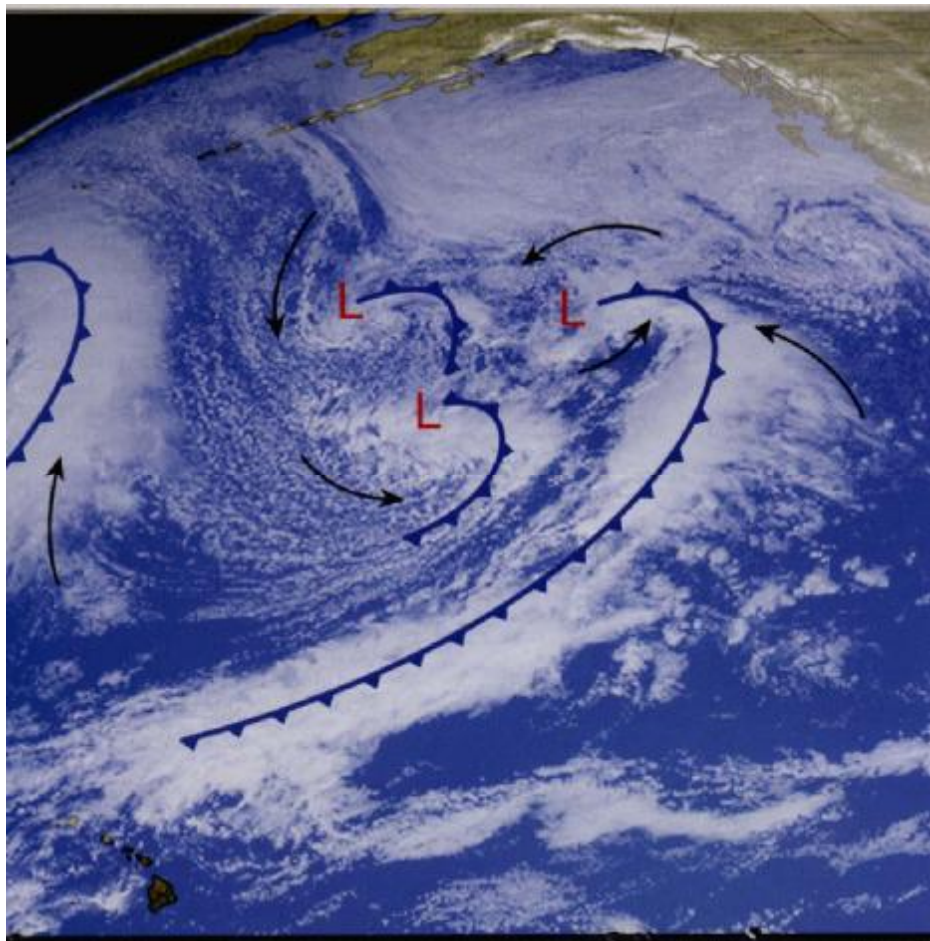
می‌دهند سرعت باد در مرکز آشفته‌گی تقریباً به طور ثابتی بین 20-30 نات می‌باشد

یک آشفته‌گی حاره‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که اولین علایم کم فشاری و چرخش در مرکز توفان تندری رخ

دهد. در نقشه‌های سطح زمین ایزو بارها به هم نزدیک می‌شوند و این کم فشاری را نشان می‌دهد. شکل 7-

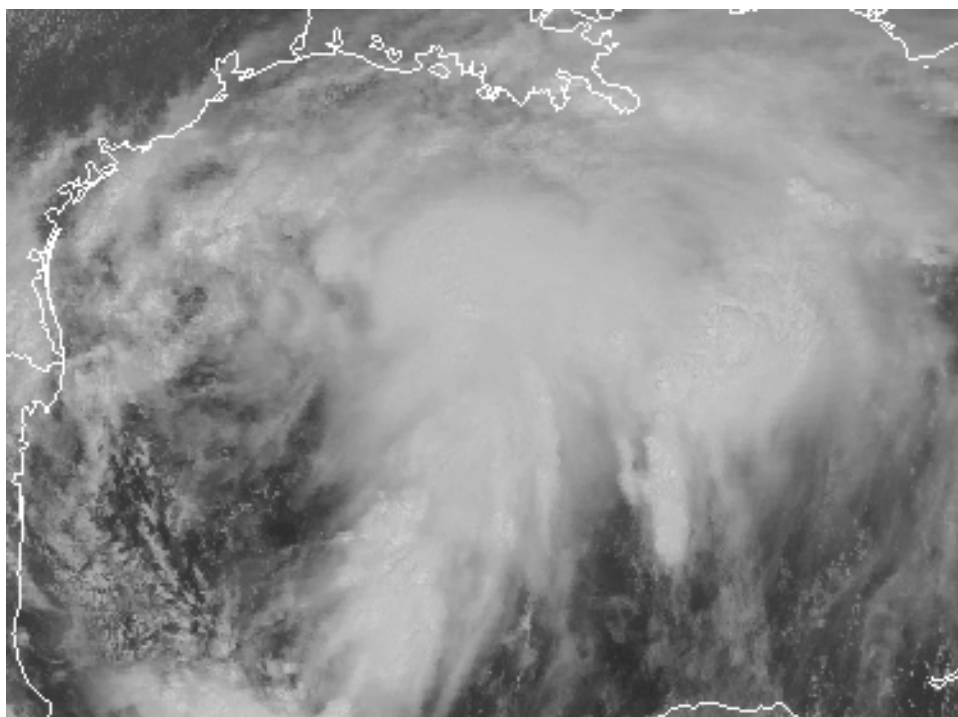
32 بیانگر یک سری توفان‌های حاره‌ای همراه با جبهه‌هایی است که به سمت امریکای شمالی در حال

حرکت می‌باشد. فلش‌های سیاه باد سطح زمین را نشان می‌دهند.



شکل 7-32. تصویر ماهواره‌ای مرئی از یک توفان سیکلونی روی پاسیفیک شمالی 26 ژانویه 2005

¹ - Tropical depression



شکل 7-33. تصویر ماهواره از یک آشفتگی حاره‌ای

وقتی که تصاویر ماهواره ای مشاهده می‌شود به نظر می‌رسد که آشفتگی حاره‌ای سازماندهی اندکی داشته باشد با وجود این معمولاً مقدار اندکی چرخش به هنگام مشاهده تصاویر ماهواره ای مشاهده می‌شود علاوه بر حالت چرخشی که آشفتگی حاره‌ای را شبیه هاریکن‌ها نشان می‌دهد آشفتگی حاره‌ای به دسته ای از توفان‌ها تندرئ که در کنار یکدیگر نیز تجمع یافته اند نیز شبیه است.

§ توفان‌های حاره‌ای

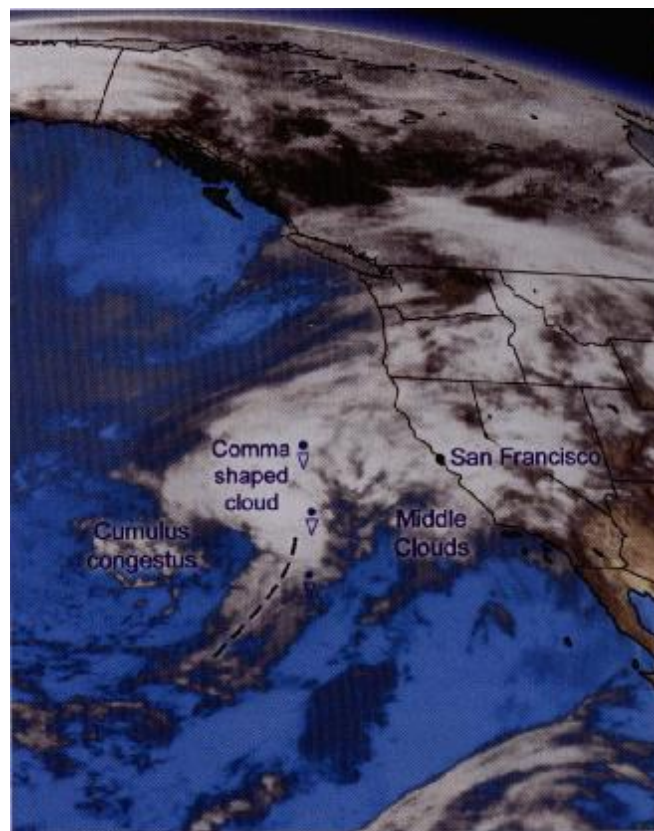
وقتی که یک آشفتگی حاره‌ای به حداکثر سرعت خود که بین 35-64 نات است می‌رسد به توفان تندرئ تبدیل می‌شود. در این زمان به آن یک نام اختصاصی می‌دهند در این مدت توفان خود به خود سازماندهی شده و حالت چرخشی آن بیشتر می‌شود و برای تبدیل شدن به هاریکن آماده می‌شود.

حالت چرخش توفان تندری نسبت به چرخش آشفته‌گی حاره‌ای بیشتر است. توفان تندری حتی بدون تبدیل شدن به هاریکن نیز می‌تواند مشکلات زیادی ایجاد کند. عموماً بیشتر مشکلاتی که یک توفان تندری ایجاد می‌کند ناشی از بارش زیاد است.

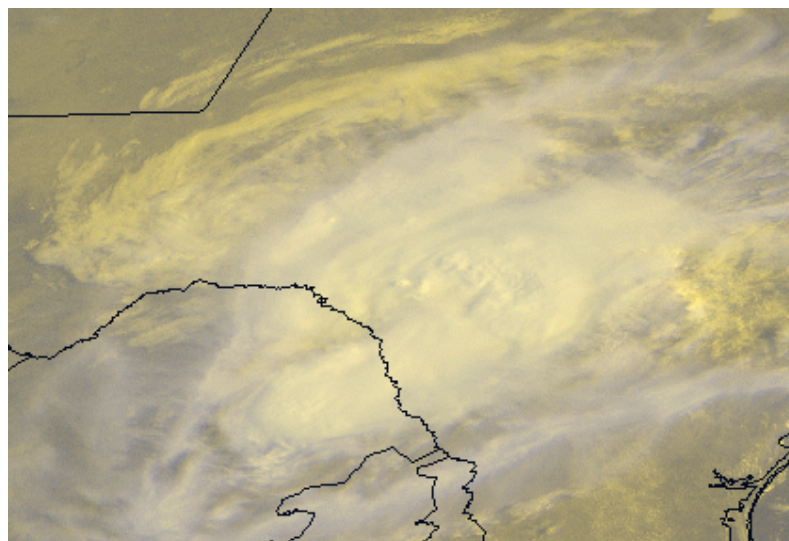
هنگامی که فشار سطح شروع به افت می‌کند توفان حاره‌ای تبدیل به هاریکن می‌شود و سرعت باد آن به 64 نات می‌رسد و چرخش حول هسته مرکزی توسعه پیدا می‌کند هاریکن‌ها قوی‌ترین چرخنده‌های حاره‌ای زمین هستند یک ویاجی مشخص در همه هاریکن‌ها که فقط مربوط به آنها می‌باشد نقطه تیره ای است که در وسط هاریکن‌ها یافت می‌شود و به آن چشم توفان می‌گویند اطراف چشم توسط کمربندی از شدیدترین بادهای و بارندگی‌ها احاطه شده‌است که به آن دیوار چشم¹ می‌گویند نوار بزرگی از ابرهای باران‌زا در اطراف دیوار چشم به طور مارپیچ وجود دارد که به آنها نوار مارپیچی گفته می‌شود² هاریکن‌ها به راحتی توسط نوتر چرخشی دور چشم در تصاویر ماهواره ای و راداری قابل تشخیص هستند.

¹ . Eye Wall

² . Spiral Bamd



شکل 7-34. تصویر ماهواره ای مادون قرمز - ابری که به شکل کاما دیده می شود نشانگر یک توفان سیکلونی در عرض های متوسط است که در حال عمیق شدن می باشد. (26 مارس 2005 ساعت 6:45 دقیقه صبح)

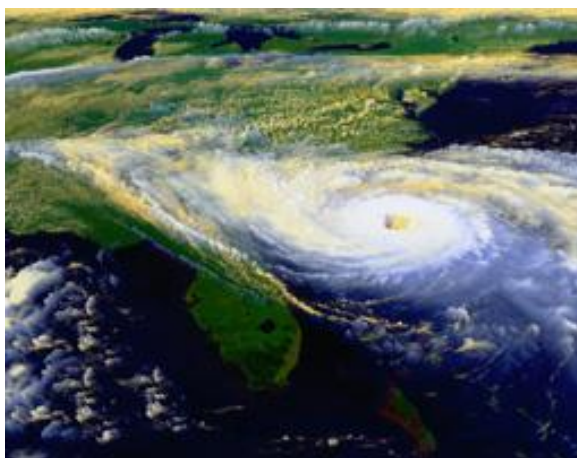


شکل 7-35. تصویر ماهواره از تشکیل یک توفان‌های حاره‌ای

هاریکن‌ها با توجه به وسعت باد آنها توسط مقیاس سفیر سیمپسون¹ دسته بندی می‌شوند این مقیاس از دسته 1 تا دسته 5 تغییر می‌کند که توفان دسته 5 مخرب‌ترین توفان است.

شکل 7-35 تصویر ماهواره‌ای مربوط به توفان تندری² می‌باشد (1998) بیشتر شهرهای جنوبی تگزاس بارندگی سنگین بین 10-5 اینچ را گزارش کردند از جمله این موارد بارش در دلریو³ بود که بیشتر از 17 اینچ در یک روز گزارش شد و مردم را از خانه‌هایشان خارج کرد و 6 نفر تلفات جانی در بر داشت.

§ ساختار کلی هاریکن‌ها:



شکل 7-36. یک هاریکن



شکل 7-37. تصویر ماهواره از یک هاریکن

¹ . saffir simpson

² . Charl

³ . Delrio

در شرایط مساعد جوی هاریکن‌ها می‌توانند برای مدت 2 هفته عمر کنند در بالای آب‌های سرد یا سطح خشکی هاریکن‌ها به سرعت ضعیف می‌شوند.

§ چشم هاریکن: مرکز توفان

مهمترین مشخصه که در هاریکن‌ها یافت می‌شود چشم توفان است چشم در مرکز توفان قرار دارد و قطر آن بین 20-50 کیلومتر است چشم نقطه تمرکز توفان است و نقطه ای است با کمترین فشار سطحی که بقیه توفان در آن می‌چرخد در تصویر زیر چشم توفان به خوبی قابل دیدن است.

آسمان اغلب در بالای چشم صاف است و باد نسبتاً آرام می‌باشد در حقیقت چشم آرام‌ترین قسمت هر توفان است چشم به این دلیل آرام‌ترین قسمت است که باد شدیدی که به سمت مرکز همگرا می‌شود هرگز به آن نمی‌رسد نیروی کوریلیس باد را به آرامی از مرکز منحرف می‌کند و منجر به چرخش آن دور مرکز هاریکن می‌شود که این امر موجب می‌شود مرکز آرام باشد.

چشم هنگامی قابل دیدن می‌شود که هوای صعود کننده به جای اینکه به بیرون منتقل شود به سمت مرکز توفان انتقال یابد این هوا از تمام راستاها به سمت داخل حرکت می‌کند این همگرایی موجب می‌شود که هوا در مرکز توفان نزول کند این نزول هوا محیط اطراف را گرم تر می‌کند و تبخیر ابرها موجب پیدا شدن یک منطقه صاف در مرکز می‌شود.

§ دیوار چشم (ویرانگرترین منطقه هاریکن)

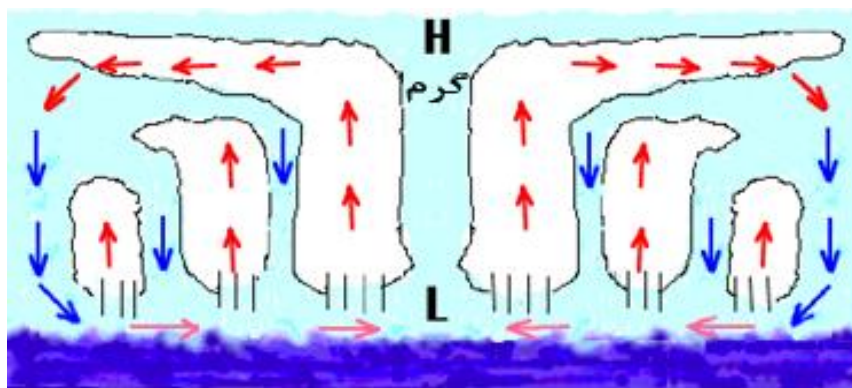
دیوار چشم در اطراف چشم قرار دارد این مکان جایی است که بیشترین بادهای مخرب و شدید ترین بارندگی‌ها در آنجا یافت می‌شود در تصویر زیر دیوار چشم نشان داده شده است.

دیوار چشم به این دلیل به این نام خوانده می‌شود که معمولاً مرکز هاریکن توسط دیواری از ابر احاطه می‌شود در سطح زمین باد به طرف مرکز توفان در حرکت است و هوا را مجبور می‌کند که در مرکز صعود

کند همگرایی دیوار چشم به اندازه ای شدید است که هوا با سرعت بیشتری نسبت به نقاط دیگر هاریکن به بالا کشیده می شود بنابر این انتقال رطوبت از اقیانوس به توفان و گرمای نهان آزاد شده در این مکان بیشتر است

§ نوار مارپیچ (جایی که بیشترین بارندگی مشاهده می شود)

از سمت مرکز توفان که به بیرون حرکت کنیم می توانیم نواری را که ساختار ابری دارد مشاهده کنیم این ابرها نوار مارپیچ باران نیز نام دارند که در تصویر زیر به خوبی قابل مشاهده هستند. گاهی اوقات فاصله هایی بین این نوارها وجود دارد که هیچ بارندگی در آنها دیده نشده است به طور کلی اگر از لبه هاریکن به طرف مرکز آن حرکت کنیم خواهیم دید که در برخی از نواحی آن بارندگی شدید است و در برخی نواحی بارندگی آرام است و این امر به طور متوالی تکرار می شود تا به مرکز توفان برسیم و هرچه به مرکز و چشم هاریکن نزدیک تر شویم بارندگی شدید تر می شود



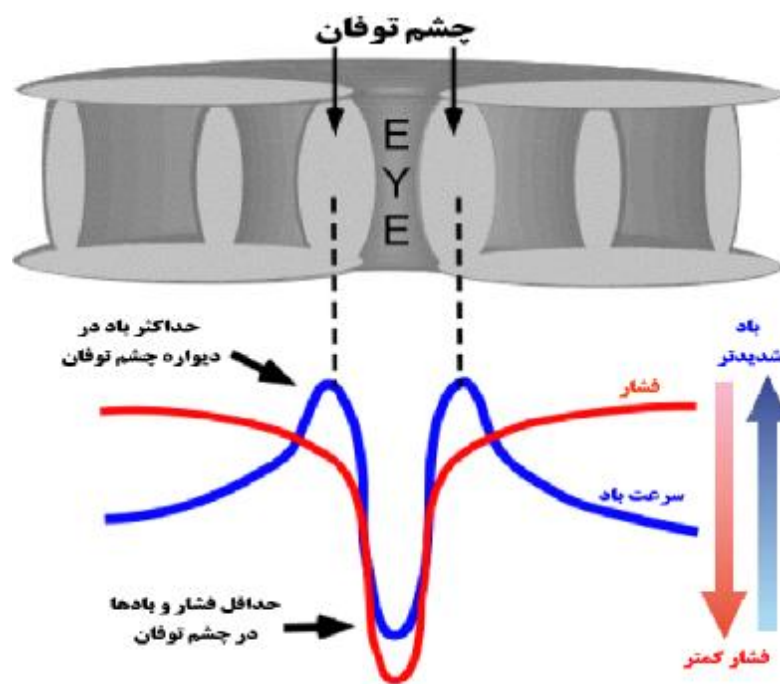
شکل 7-38. طرح واره تشکیل هاریکن

طرحی از این شکل مارپیچی در شکل 7-38 نشان داده شده است. توفان تندری اکنون به مناطقی با هوای صعود کننده یا نزول کننده سازماندهی شده است بیشتر هوا در حال صعود است ولی مقدار کمی از هوا نیز یافت می شود که نزول می کند.

§ فشار و باد (توزیع در امتداد هاریکن)

فشار جو و سرعت باد در امتداد قطر هاریکن تغییر می‌کند. شکل 7-39 تغییراتی از سرعت باد آبی و فشار سطح قرمز را در امتداد یک هاریکن نشان می‌دهد در فاصله بین 100-200 کیلومتر از چشم باد به اندازه کافی قوی است تا قابلیت‌های یک توفان حاره‌ای را داشته باشد فشار جو نیز در این فاصله نسبت به مرکز توفان به اندازه کافی بالا می‌باشد (9901010 ml)

با این وجود هرچه به دیوار چشم نزدیک می‌شویم فشار بیشتر افت می‌کند و سرعت باد افزایش می‌یابد در فاصله حدود 50-100 کیلومتری بیشترین تغییرات در فشار و سرعت باد رخ می‌دهد.



شکل 7-39. طرح واره تشکیل هاریکن

فشار با سرعت بیشتری افت خواهد کرد اگر سرعت باد به طور همزمان با آن کاهش یابد در دیوار چشم سرعت باد به حداکثر مقدار خود می‌رسد اما در مرکز و در چشم باد بسیار آرام است فشار سطح در امتداد دیوار چشم باز هم کاهش می‌یابد تا به حد اقل مقدار خود در مرکز برسد با خروج از مرکز باد و فشار با سرعت افزایش پیدا می‌کند در طرف دیگر دیوار چشم باد با سرعت افزایش پیدا می‌کند و سپس به مرور

کاهش پیدا می کند نیمرخ فشار و باد در داخل یک هاریکن کاملاً متناسب است بنابر این در دیوار چشم افزایش سریع فشار و سرعت باد انتظار می رود و همچنین بعد از آن افزایش آهسته تر فشار و کاهش سرعت باد مورد انتظار می باشد.

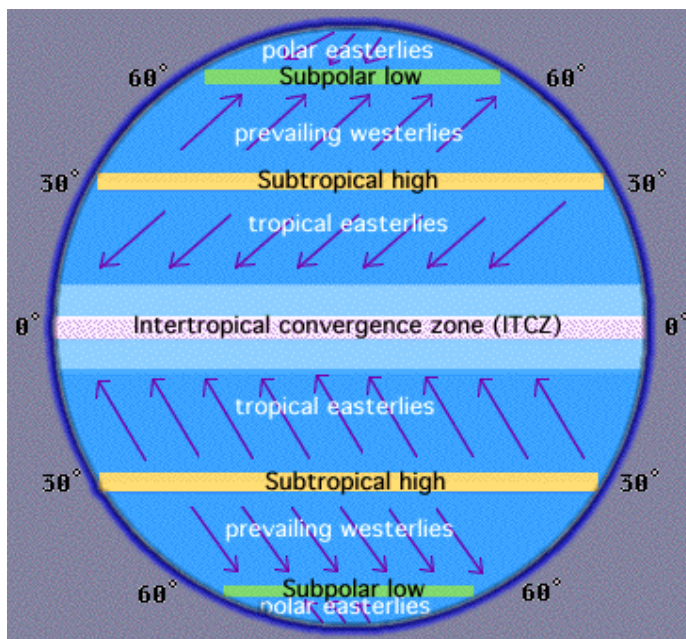
§ حرکت هاریکن ها :

الگوی جهانی باد که با نام گردش عمومی شناخته می شود و بادهای سطحی هر نیم کره به سه دسته کمر بند باد تقسیم می شوند :

الف - امواج شرقی قطبی از 60-90 درجه عرض جغرافیایی

ب - بادهای غربی 30-60 درجه عرض جغرافیایی

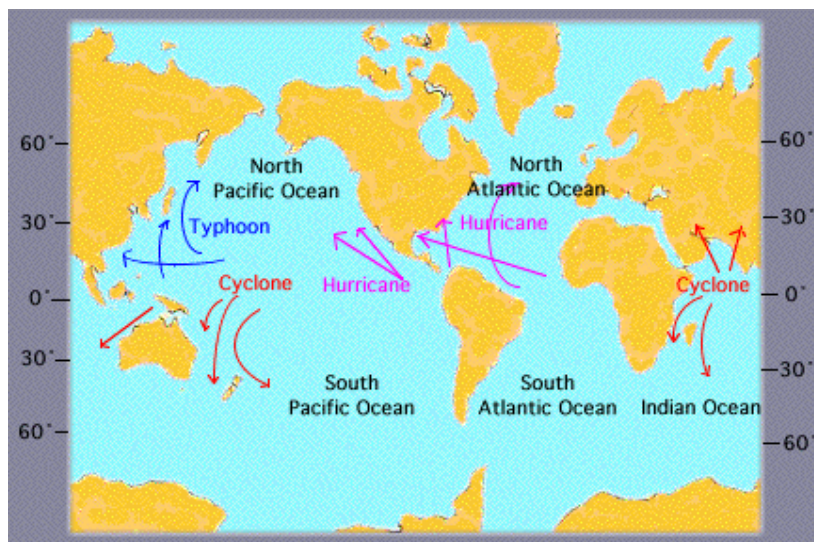
ج - امواج شرقی حاره ای از 0-30 درجه عرض جغرافیایی (بادهای تجاری)



شکل 7-40. مناطق بادهای اصلی در اطراف کره زمین

بادهای تجارتی شرقی در هر دو نیمکره در منطقه ای نزدیک استوا همگرا می شوند. منطقه همگرایی درون حاره ای کمربندی از ابرها و توفانهای تندری را پدید می آورد که بخش هایی از کره زمین را دور می زند.

مسیر یک هاریکن به طور کلی یک کمربند بادی دارد که هاریکن در آن واقع است به طور مثال هاریکنی که از آتلانتیک حاره‌ای شرقی سرچشمه می‌گیرد توسط بادهای تجاری شرقی به غرب در منطقه حاره‌ای منتقل می‌شود سرانجام این توفان‌ها به سمت شمال و مناطق فوق حاره‌ای مهاجرت می‌کنند و به عرض‌های بالاتر می‌روند به عنوان مثال در اثر این حرکت‌ها خلیج مکزیک و سواحل شرقی ایالات متحده در این خطر هستند که هر سال یک یا دو هاریکن را تجربه کنند.



شکل 7-41. مناطق اصلی شکل‌گیری هاریکن در جهان

پس از آن هاریکن‌ها توسط امواج غربی به شمال و عرض‌های میانی منتقل می‌شوند و گاهی اوقات با سامانه‌های جبهه‌ای عرض‌های میانی ترکیب می‌شوند.

هاریکن‌ها انرژی خود را از سطح آب‌های گرم مناطق حاره‌ای کسب می‌کنند به همین دلیل است که هنگامی که آنها از روی آب‌های سرد مناطق عرض‌های میانی و خشکی‌ها عبور می‌کنند به سرعت ضعیف شده و از هم می‌پاشند.

7-3-1. هاریکن‌ها

هاریکن‌ها چرخندهایی هستند که بر روی اقیانوس‌های گرم حاره‌ای توسعه می‌یابند و دارای بادهای تقویت شونده‌ای هستند که سرعت آنها حداقل 64 نات (74 متر در ساعت) می‌باشد. این توفان‌ها قابلیت تولید بادهای خطرناک و باران‌های سیل آسا و طغیان گرا دارند که همه این موارد باعث بروز خسارات فراوان و تلفات جانی در نواحی ساحلی می‌گردد به طور مثال یک توفان به یاد ماندنی که تلفات جانی 50 نفره و خسارت مالی 30 میلیون دلاری در بر داشت توفان آندریو¹ است که تصویر آن در شکل 7-42 نشان داده شده است.

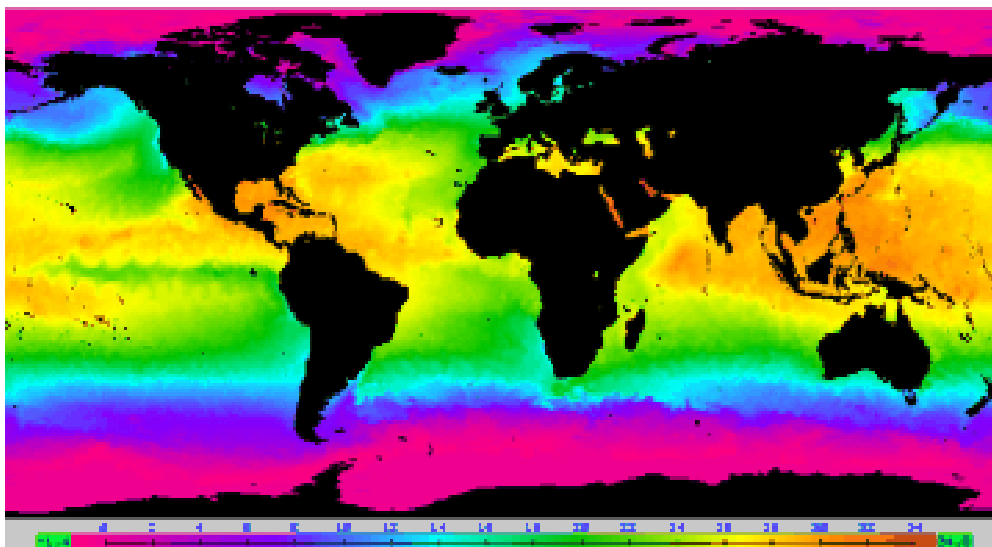


شکل 7-42. تصویر ماهواره ای از تشکیل هاریکن

هاریکن‌ها چرخندهای حاره‌ای هستند که سرعت باد آنها از 64 نات بیشتر باشد هاریکن‌ها در نیمکره شمالی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در نیمکره جنوبی در جهت عقربه‌های ساعت حول مرکز خود می‌چرخند هاریکن‌ها از تجزای ساده توفان‌های تندری شکل می‌گیرند این توفان‌های تندری به کمک اقیانوس و شرایط جوی به هاریکن تبدیل می‌شوند در ابتدا دمای آب اقیانوس باید بیشتر از 25 درجه سانتیگراد باشد (81 درجه فارنهایت) گرما و رطوبت آب گرم اقیانوس‌ها به عنوان منبع انرژی برای هاریکن‌ها حساب

¹ - Andrew

می‌شوند به همین دلیل است که هاریکن‌ها به هنگام عبور از روی خشکی و یا اقیانوس‌های سرد تر و یا مناطقی که دارای گرما و رطوبت کافی نباشند به سرعت تضعیف می‌شوند.



شکل 7-43. اندازه‌گیری ماهواره از دمای سطح آب

علاوه بر اقیانوس‌های گرم، شرجی و رطوبت بالا در ترازهای میانی و پایین جو برای توسعه هاریکن‌ها مورد نیاز می‌باشند این شرجی بالا مقدار تبخیر را در ابرها کاهش می‌دهد و گرمای نهان آزاد شده ناشی از بارندگی را افزایش می‌دهد تمرکز گرمای نهان برای حرکت سامانه حیاتی است. برش قائم باد در محیط اطراف چرخندهای حاره‌ای بسیار با اهمیت است که منظور از برش باد میزان تغییر در سرعت و جهت باد با افزایش ارتفاع است. هنگامی که برش باد ضعیف باشد توفان که قسمتی از چرخند است به صورت قائم رشد می‌کند و گرمای نهان ناشی از چگالش در هوایی که مستقیماً در بالای توفان قرار دارد آزاد می‌شود و به توسعه توفان کمک می‌کند هنگامی که برش باد قوی‌تری وجود داشته باشد توفان به صورت اریب و کج در می‌آید و گرمای نهان بر روی منطقه گسترده‌تری آزاد می‌شود

§ پیشرفت اولیه توفان (توفان‌هایی که تبدیل به هاریکن می‌شوند):

هاریکن‌ها از منطقه یک توفان تندری سرچشمه می‌گیرند این توفان‌های تندری معمولاً به یکی از سه روش زیر شکل می‌گیرند:

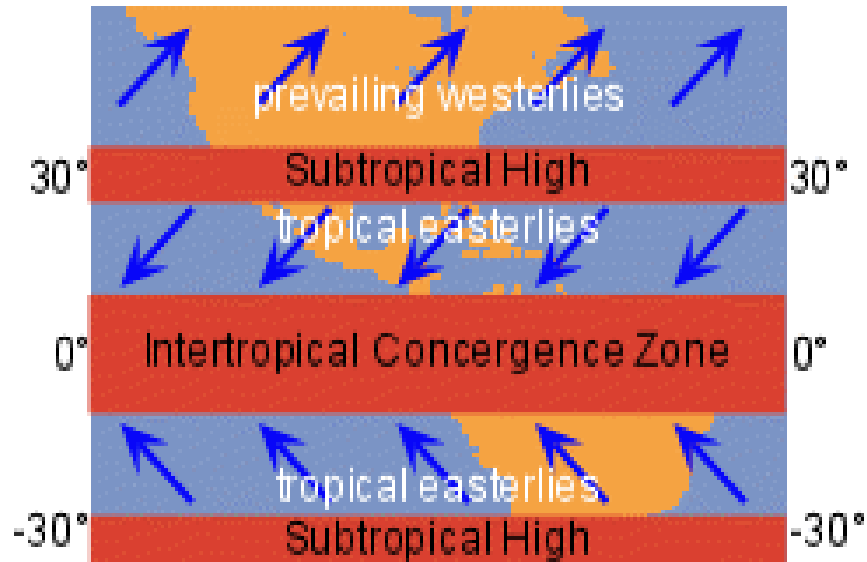
- اولین مورد (ITCZ) منطقه همگرایی درون حاره‌ای یا حلقه توفان‌های تندری می‌باشد که دور تا دور کره زمین را در مناطق حاره‌ای می‌پوشاند. در شکل 7-45 امواج شرقی تجارتی در نزدیکی استوا همگرا می‌شوند و توفان‌های تندری را ایجاد می‌کنند که می‌توان آنها را توسط تصاویر ماهواره‌ای در طول استوا مشاهده کرد.



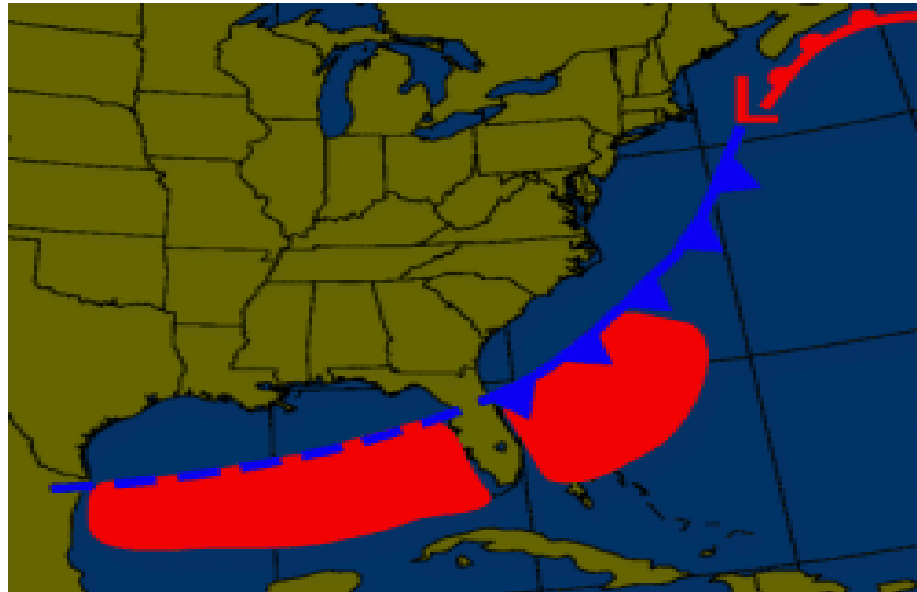
شکل 7-44. تصویری از سامانه توفان تندری همراه با تگرگ

- دومین منبع برای توفان‌های تندری که می‌توانند هاریکن ایجاد کنند امواج متحرک جوی هستند که به امواج شرقی معروفند امواج شرقی شبیه امواج عرض‌های میانی هستند با این تفاوت که آنها در

جریان تجاری شرقی هستند همگرایی ناشی از این امواج باعث ایجاد توفان‌های تندری می‌گردد که می‌توانند به هاریکن تبدیل شوند.



شکل 7-45. نوارهای تشکیل بادها در اطراف خط استوا



شکل 7-46. تولید توفان‌های تندری در امتداد مرز جبهه‌های پیر

- سومین مکانیسم تولید توفان‌های تندری در امتداد مرز جبهه‌های پیر¹ می‌باشد (شکل 7-46) که به

سوی سواحل فلوریدا و خلیج مکزیک حرکت می‌کنند توسعه و پیشرفت این جبهه‌ها می‌تواند باعث

ایجاد توفان گردد که اگر شرایط جوی و اقیانوسی مساعد باشد این توفان‌ها می‌توانند به چرخندهای

حاره‌ای توسعه پیدا کنند نقشه زیر مناطقی از جهان را که چرخندهای حاره‌ای می‌توانند از آنجا

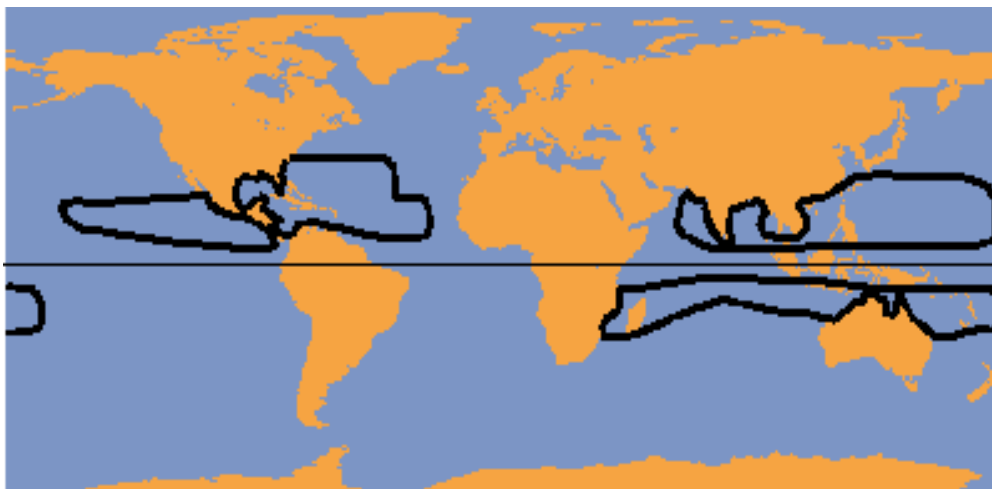
سرچشمه بگیرند نشان می‌دهد توفان‌های تندری معمولاً در نیمکره شمالی یافت می‌شوند اما اقیانوس

آرام و اقیانوس هند نیز می‌توانند توفان‌هایی را در نیمکره جنوبی ایجاد کنند در نقاط مختلف جهان

هاریکن‌ها با نام‌های مختلف نام گذاری می‌شوند.

در استوا سطح اقیانوس برای تولید هاریکن به اندازه کافی گرم است اما هیچ‌هاریکنی ایجاد نمی‌شود زیرا

نیروی کوریولیس برای ایجاد چرخش و القا کردن پتانسیل هاریکن کم است

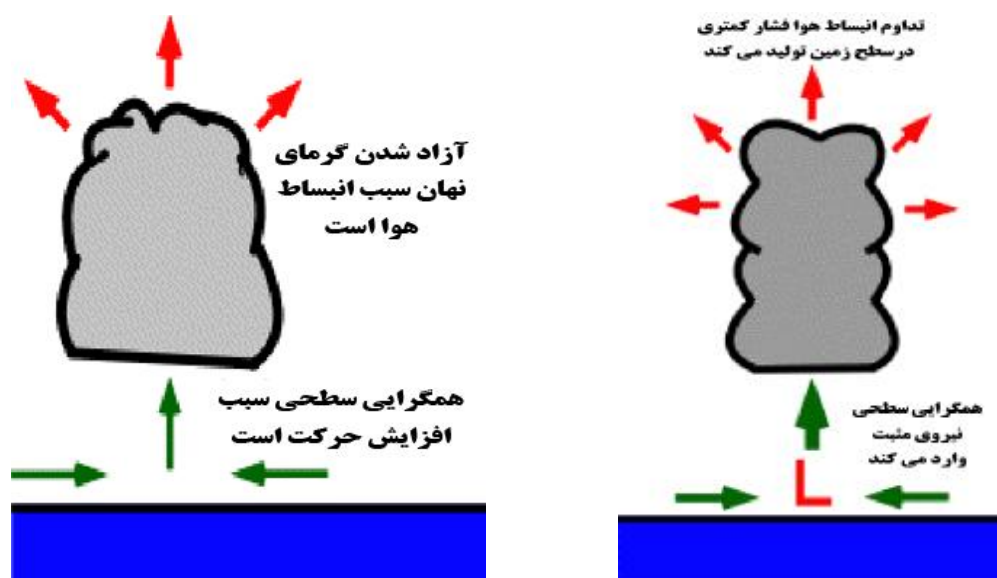


شکل 7-47.

7-3-2. چگونه توفان‌های تندری به هاریکن تبدیل می‌شوند؟

¹. Old

واپیشش همرفتی نوع دوم نظریه معروفی است که توضیح می‌دهد که چگونه توفان‌ها تندی می‌توانند چگالیده شده و به هاریکن تبدیل شوند واپیشش همرفتی نوع دوم یک سامانه پس خوراند مثبت است. به این معنی که هرگاه یک عملیات آغاز می‌شود منجر به یک سری پیشرفت‌هایی می‌شود که خود باعث پیشرفت کل آن عملیات می‌گردد و این چرخه به طور متناوب تکرار می‌گردد. پس خوراند هوا روی سطح که به درون یک مرکز کم فشار می‌چرخد باعث ایجاد همگرایی می‌شود و مرکز کم فشار به طرف بالا صعود می‌کند و هوا سرد می‌شود و رطوبت چگالیده می‌شود که موجب آزاد شدن گرمای نهان می‌گردد این گرمای نهان آزاد شده‌است که باعث تامین انرژی توفان می‌شود.



شکل 7-48. طرح واره تشکیل جریانات بالارو

از آنجا که چگالی هوای گرم از هوای سرد کمتر است هوای گرم فضای کمتری را اشغال می‌کند این گسترش هوای گرم هوای بیشتری را از مرکز توفان به بیرون منتقل می‌کند و فشار سطح (وزن هوای بالای سطح) کاهش می‌یابد وقتی که فشار سطح کاهش پیدا می‌کند. یک گرادیان فشار بزرگتر شکل می‌گیرد و هوای بیشتری به سمت مرکز توفان همگرا می‌شود. این امر باعث ایجاد همگرایی سطحی بیشتری می‌شود و

موجب می شود که هوای مرطوب سطحی بیشتری به هوا بلند شود. این هوا وقتی که سرد شود، چگالیده شده و به ابر تبدیل می شود که وقتی این امر اتفاق می افتد گرمای نهان بیشتری آزاد می شود.

این چرخه به طور متناوب تکرار می شود و هر بار باعث قوی تر شدن توفان می شود تا آنجا که فاکتورهای دیگر مانند آب سرد سطح خشکی و یا برش شدید باد باعث ضعیف شدن آن می شود.

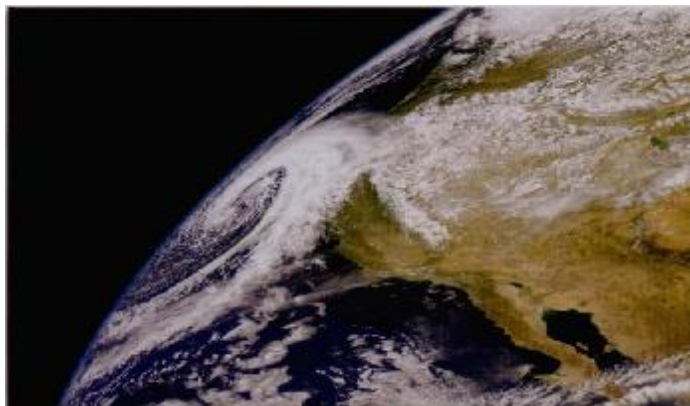
3-3-7. مراحل توسعه توفان (از آشفتگی‌های حاره‌ای تا هاریکن)

توفان‌ها در یک چرخه از تولد تا مرگ دچار آشفتگی‌های زیادی می‌شوند یک آشفتگی حاره‌ای می‌تواند با دستیابی به یک سرعت باد مشخص به یک مرحله شدیدتر توسعه پیدا کند پیشرفت آشفتگی حاره‌ای در تصویر زیر قابل دیدن است.

توفان‌ها گاهی اوقات می‌توانند برای یک دوره زمانی طولانی به اندازه دو یا سه هفته زندگی کنند آنها ممکن است از دسته ای از توفان‌های تندری بر روی آب‌های اقیانوس‌های حاره‌ای سرچشمه بگیرند.

وقتی که یک آشفتگی به یک آشفتگی حاره‌ای تبدیل می‌شود مدت زمانی که طول می‌کشد تا به مرحله بعد توسعه پیدا کند (توفان حاره‌ای) نصف روز تا دو روز می‌باشد. گاهی اوقات هم ممکن است این اتفاق نیافتد. همین مدت زمان نیز طول می‌کشد که یک توفان حاره‌ای به شدت یک هاریکن تقویت شود. شرایط اقیانوس و جو مهمترین نقش را در رخداد این پدیده‌ها ایفا می‌کنند.

در شکل 7-50 که مربوط به یک توفان در سال 1995 است آشفتگی‌های حاره‌ای به وضوح دیده می‌شوند.



شکل 7-50. یک توفان سیکلونی شدید که با حرکت ساعتگرد به سواحل غربی امریکای شمالی نزدیک می‌شود

بخش

۸

نتیجه گیری

و

ارائه

راهکار

مقدمه

برخی پدیده‌ها و عوارض سطح زمین در طی دوره زمانی تغییر می‌یابد. علت این تغییرات می‌تواند عوامل طبیعی مانند سیل، آتشفشان، زلزله، تغییرات آب و هوایی، یا عوامل مصنوعی مانند دخالت انسان در محیط زیست باشد.

8-1. دیرین شناسی محیطی (دوران چهارم) در حوضه گاوخونی

نوسانات اقلیمی و آثار آن در چهره‌پردازی پوسته خارجی زمین، از جمله موضوعات قابل توجهی است که در متون قدیم ایران زمین، بعضاً به آن اشارات عمیقی شده‌است و از آن جمله تفسیر شیخ الرئیس بو علی سینا در مورد سنگواره‌ها و بازشناسی موارث اقلیمی دوره‌های سرد و گرم است. سطح آب چاله‌ها و دریاچه‌های داخلی مناطق جنب حاره در طول دوره‌های سرد و بارانی، بر خلاف سطوح ساحلی در دریا‌های آزاد سیر صعودی داشته‌است. این امر بیشتر معلول بیلان مثبت آبی مناطق در گذشته بوده‌است. پادگانه‌های بسیاری که در حواشی چاله‌های فعلی وجود دارد به خوبی این واقعیت را نشان می‌دهد.

در دوره‌های گرم درست مقارن با بالا آمدن سطح دریا‌های آزاد، سطح دریاچه‌های درون قاره‌ای سیر نزولی خود را طی می‌کرده‌اند و پاره‌ای از آنها به طور کلی خشک شده‌اند. چشم اندازه‌های مشابهی را ایجاد کرده‌اند به طوریکه ما امروز شاهد ده‌ها پلایا و چاله‌های خشک شده هستیم که آبگیرهای فصلی مناطق خشک و نیمه خشک کمربند مجاور را تشکیل می‌دهند. تراس‌های سه گانه دریاچه‌های داخلی ایران همچون تراس‌های گاوخونی، ارومیه، هامون، خزر و کویر ابرقو همه از آن جمله‌اند.

غالب شهرهای بزرگ و کوچک ایران در حاشیه سواحل قدیمی دریاچه‌های دوران چهارم که به مراتب میزان دریافت آبی آنها بیشتر از دوره حاضر بوده قرار دارند. چنانچه از جمله عوامل مهمی که در شکل‌گیری بستر شهر اصفهان نقش مهمی داشته‌است، می‌توان از دریاچه گاوخونی و رودخانه

زاینده رود نام برد. همچنین تغییر مسیر رودخانه‌ها و نیز نوسان ارتفاع زبانه‌های یخچالی کوهستانی از عوامل اصلی دیگر تأثیر گذار در تبلور و شکل گیری کالبدی کانون‌های مدنی ایران به شمار می‌آیند. تغییرات محیطی و اقلیمی موضوعی بسیار گسترده و بحث برانگیز در عرصه علم جغرافیای طبیعی می‌باشد.

2-8. علل تغییرات و نوسانات اقلیمی

مهمترین رخدادی که در سامانه‌های شکل‌زای سطح خارجی زمین نقش برتر را داشته، تغییرات اقلیمی است. البته ناگفته نماند عوامل ژئوتکتونیک و ... در این مقطع زمانی (دوران چهارم) وجود داشته‌اند که گاه تأثیرات مهمی هم بر بخشهای خاصی از سطح زمین از نظر شکل‌زایی اعمال داشته‌اند. ولی تغییرات اقلیمی و تأثیر آنها در سطح سیاره‌ای پدیده برتری بوده‌است. تغییرات محیطی علل گوناگون دارد و از جمله عواملی که سبب تغییرات محیطی می‌شود می‌توان به نوسانات اقلیمی اشاره کرد. با بروز نوسانات اقلیمی که بیش از نود سیکل اقلیمی عمده در دوران چهارم تجربه شده‌است، محیط دستخوش تغییرات زیادی گشته‌است. اگر تغییرات و یا نوسانات اقلیمی را به عنوان یک پدیده تکرار پذیر تلقی کنیم علت وقوع چنین رخدادهایی مسائل مهمی است که باید به آن پاسخ داد. علل تغییرات اقلیمی بسیارند ولی شاید بتوان مجموعه این عوامل را در سه دسته زیر خلاصه نمود:

§ عوامل سماوی و نجومی

در دهه 1910 میلادی میلانین ملانکوویچ¹ ریاضیدان صربستانی نظریه‌هایی را بیان کرد که در نهایت بر اساس آن افت و خیزهای طبیعی در اقلیم توصیف شد. او اظهار داشت که سه تغییر اساسی در حرکت زمین به دور خورشید تغییرات اقلیم در مقیاس سیاره‌ای را برای زمین به وجود می‌آورد. کره

¹ - Milatin Milankovich

زمین دارای محوری است که زمین به دور آن می چرخد. این محور اکنون دارای زاویه اندکی حدود شش درجه نسبت به شمال جغرافیایی است که به صورت آرام دچار تغییر می‌شود. تغییرات همین زاویه نسبت به محور عالم که بین ستاره نصر و ستاره قطبی در نوسان است، 41000 سال طول می‌کشد تا یک دور کامل را سپری کرده و دوباره به حالت اولیه خود باز گردد و لذا اقلیم کره زمین در هر بار تکرار تغییرات عمده‌ای را شاهد است. تغییر محور زمین، سیکل دیگری را در مسیر گردش به دور خود به وجود می‌آورد که ناشی از کم و زیاد شدن زاویه بین محور زمین و صفحه دایر البروج است و هر 23000 سال یکبار تکرار پذیر است. همین تغییر مسیر حرکت وضعی، تغییرات اقلیمی مهمی را به وجود می‌آورد که تکرار آن با سیکل فوق تجدید می‌شود.

همچنین میلانکوویچ به این نکته اشاره نمود که محور زمین، موقعیت زمین در فضا را نیز نسبت به موقعیت خورشید تغییر می‌دهد و همین موضوع عامل اصلی در تغییر اقلیم زمین است.

سیکل یکصد هزار ساله مربوط به تغییر مسیر حرکت زمین به دور خورشید است و مسیر این حرکت در هر یکصد هزار سال تغییر می‌کند، بدیهی است تغییر موقعیت زمین در فضا تغییرات تکرار پذیر اقلیمی منظمی را در زمین به دنبال خواهد داشت.

بر اساس سیکل‌های یاد شده می‌بایست انتظار دوره‌های سرد نسبتاً طولانی را در زمین داشت که البته تأثیر چنین دوره‌هایی در وسعت یخسارهای زمین¹ منعکس شده است.

به خوبی آشکار است که حوادث و رخداد‌های متعدد سماوی دیگری هم وجود دارد که تبعات اقلیمی آن در زمین تجربه شده است که می‌توان از آن جمله کلف‌های خورشیدی، ظهور پاره‌ای از سحابه‌های سماوی و یا سیارات دیگر (ستاره هالی) را نام برد.

§ علل درون خاست زمینی

¹ - Ice Sheet

بخش عمده دیگری از تغییرات اقلیمی که منظم نبوده و یا دارای سیکل شناخته شده‌ای نیستند، منشأ درون خاست زمینی دارند. بسیاری از حوادث درون خاست در زمین مانند آتشفشانها و یا کوهزایی و فعالیت‌های بشری با دخالت در جریان عادی تبادل انرژی زمین و جو و یا تغییر در عناصر تأثیر گذار بر پدیده‌های کنترل کننده اقلیم مانند پاره‌ای از گازها مانند (CO₂)، (CH₄) و ... سبب بروز تغییر اقلیم در کره زمین و یا بخش‌های خاصی از آن می‌شوند.

آثار باقیمانده از وقایع فوق نشان می‌دهد که بعضاً انقراض و یا ظهور بسیاری از گونه‌های جانوری و گیاهی و رخدادهای دیگر متأثر از این عوامل بوده‌اند.

در طی دوران‌های گذشته سطح زمین به تحولات عظیمی از لحاظ توزیع آب و خشکی، گرمی و سردی و ... دچار شده‌است. اتمسفر بر اثر خاکستر آتشفشانها و رابطه آن با کاهش انرژی خورشید، نقش مهمی در ایجاد تغییرات اقلیمی زمین در گذشته داشته‌است. در حال حاضر نقش انسان در اقلیم بیشتر شده‌است. تولید گازهای گلخانه‌ای و نابود کننده لایه اوزون و موارد مشابه نیز به عقیده بسیاری از دانشمندان سبب تغییراتی بر اقلیم زمین شده‌است. تغییرات اقلیمی در مقیاس زمان را می‌توان به طور کلی به چند نوع تقسیم کرد:

- تغییرات اقلیمی بلند مدت در طی چند میلیون سال

- تغییرات در هر ده هزار تا بیست هزار سال

- تغییرات چند ساله

علت تغییرات نوع اول عمدتاً به عوامل زمین شناسی مانند جابجایی قاره‌ها و حرکت خشکی‌ها مربوط می‌شود. علت تغییرات نوع دوم بیشتر سپری شدن دوره‌های یخچالی و بین یخچالی می‌باشد و علت آنها عمدتاً ناشی از تغییرات در مدار زمین به دور خورشید و پخش خاکسترهای آتشفشانی در

هوا بوده‌است. آخرین نوع تغییرات که از بررسی اندازه گیری های قرون اخیر نتیجه شده‌است، علاوه بر دلایل طبیعی همچون اثرات خورشید، عوامل انسانی را نیز در آن دخیل می‌شناسد.

3-8. روابط تعاملی عناصر سامانه های محیطی

دسته سوم عوامل موثر در تغییرات اقلیمی، متوجه روابط تعاملی و پیچیده بین عناصر به وجود آورنده محیط است. همواره این سوال مطرح بوده که چرا تغییرات اقلیمی در مقیاس سیاره‌ای در همه جا یکسان عمل ننموده‌است. مطالعات جدید نشان می‌دهد عوامل کنترل کننده اصلی اقلیم، یعنی دما و رطوبت به شدت تحت تأثیر تعادل آب و یخ در سطح سیاره است. موضوعی که اهمیت دخالت خصوصیات فیزیکی و جغرافیایی سطح زمین را در برابر بیلان انرژی خورشیدی نشان می‌دهد.

برای مثال گرم شدن هوا در عرض‌های بالا افزایش بارندگی را به دنبال دارد (به ازای هر سه درجه سانتیگراد 20% افزایش بارندگی) حال آنکه حاکمیت این پدیده در عرض های پست موجب کاهش رطوبت نسبی بارندگی می‌شود. بنابر نظر مارکوف به اثنای دوره‌های بین یخچالی درجه حرارت آب اقیانوس‌ها و تبخیر افزایش می‌یافته، و اگر چه میزان بارندگی با رشد مثبت همراه بوده‌است اما چنین مکانیسمی در همه جا حاکمیت نداشته‌است و در مقابل، در دوره‌های یخچالی تبخیر از سطح اقیانوس‌ها به ویژه آبهای عرض‌های پایینتر تا 20% با کاهش روبرو بوده و همین امر کاهش نزولات جوی را به دنبال داشته‌است. چنین مکانیسمی با طبقه‌بندی‌های زمانی عام در مورد دوره‌های یخچالی و بین یخچالی مغایرت دارد و علت اصلی چنین تفاوتی در آن است که این طبقه بندی ها در حوضه سیاره‌ای چندان صادق نیست و بیشتر در حوضه‌های محلی و منطقه‌ای صادق می‌باشد. نکته قابل توجه دیگر در مورد روابط تعاملی، آستانه‌های تغییر هستند. بدین ترتیب که اگر در بعضی عوامل اقلیمی تغییری در مجاورت نقطه‌های بحرانی رخ دهد ولو اینکه دامنه تغییر ممکن است ناچیز باشد اما آثار ناشی از آن بسیار عظیم بوده به طوری که کل سامانه دچار تحول می‌شود. برای مثال، ایجاد یک لایه

سطحی یخ در آب اقیانوس شمالی آن هم در ماههای سرد فقط یک تغییر چند دهم درجه‌ای دمای آب را لازم دارد و اگر چنین واقعه‌ای رخ دهد لایه‌های قطور یخی با دمای سطحی بیش از 28- درجه سانتیگراد به وجود می‌آیند بدون اینکه عوامل بیرونی در چنین رخدادی دخالت داشته باشند. بنابر این اگر چه شرایط عادی تغییر 0/1 تا 0/3 درجه‌ای دما اثر محسوسی ندارد ولی همین مقدار تغییر در نقطه‌های بحرانی تأثیر عظیمی را بر محیط تحمیل می‌کند. چنین تعبیری در مورد میزان نمک موجود در آبهای قطبی و گرم نیز صادق است و همه این موارد نشان می‌دهند که روابط تعاملی بین عناصر به ویژه نقش لنگر اقلیمی که آب اقیانوس ها به عهده دارند اهمیت فوق العاده‌ای در تعادل بین آب و یخ یا به عبارتی بین آب سپهر و یخ سپهر بازی کرده و به تغییر اقلیم سیاره دست می‌زنند.

به طور کلی تغییرات اقلیمی در نتیجه بروز این سه دسته عوامل سبب شده تا تغییراتی در حوضه عملکرد سامانه های شکل‌زا به ویژه سطح اساسی دریاچه‌های بسته داخلی مانند ارومیه و گاوخونی، تغییر ارتفاع مرز برف دائمی و ... به وقوع بپیوندد.

8-4. نوسانات سطح آب تالاب گاوخونی و عوامل آن در دوران چهارم

محدوده دریاچه گاوخونی در دوران چهارم بسیار وسیعتر از دریاچه فعلی بوده‌است و اولین اثر علمی که این محدوده را بر اساس شواهد زمین ریخت شناسی بازسازی کرده‌است، مربوط به سال 1371 شمسی است. در این اثر به استناد شواهد ژئومورفیک ساحلی، محدوده گاوخونی در دوران چهارم منحنی تراز 1550 متری شناسایی کرده و عمق دریاچه را نزدیک به 70 متر تخمین زده‌است.

اگرچه پایین رفتن آب گاوخونی با توجه به تراس‌های متعدد موجود یکباره صورت نگرفته‌است، ولی به خوبی می‌توان بر اساس شواهد زمین ریخت شناسی ساحلی، تحلیل دانه‌بندی رسوب و شیب زمینی، محدوده گاوخونی قدیم را بازسازی نمود. این محدوده از مرکز دریاچه گاوخونی تا پشت

دروازه‌های شرقی فعلی شهر امتداد یافته و سپس به صورت باریکه‌ای به بخش شمال غربی کشیده می‌شده‌است.

بر اساس مطالعات و تحقیقات فوق وسعت دریاچه گاوخونی در دوران چهارم (آناگلیشیال) معادل 2400 کیلومتر مربع بوده‌است و به این ترتیب اصفهان فعلی شهری است که بر حاشیه ساحل قدیمی آن بنا شده‌است. در جدول 1-8 نحوه تغییرات سطوح دریاها و دریاچه‌ها و تغییر سامانه های شکل‌زا در دوره‌های سرد و گرم ذکر شده‌است.

جدول 1-8. نحوه تغییرات سطوح دریاها و دریاچه‌ها و تغییر سامانه های شکل‌زا در دوره‌های سرد و گرم

دوره‌های تناوبی	تراز آب دریا	تراز آب دریاچه	مرز برف دائمی	سامانه های شکل‌زا
کاتاگلیشیال (دوره گرم)	#	\$	#	بادی، پدیمانتاسیون، فلوویال، جنب یخچالی، ایجاد شیب تراس رودها، کاهش وسعت یخسارها، کاهش فرایند کارست
آناگلیشیال (دوره سرد)	\$	#	\$	یخچالی، جنب یخچالی، فلوویال، پدیمانتاسیون، بیوستازی، تختان تراس رودها، افزایش وسعت یخسارها، افزایش دامنه کارست

در دوره‌های سرد و گرم دوران چهارم نحوه تغییر سطوح آب دریاها، دریاچه‌ها و مرز برف دائمی در اثر عملکرد سامانه های شکل‌زا مطابق جدول 1-8 به صورتی بوده‌است که تراز آب دریا (آبهای آزاد) در دوره کاتاگلیشیال (دوره گرم) به سمت بالا حرکت کرده و برعکس، تراز آب دریاچه‌ها در این دوره به سمت پایین حرکت نموده‌است و در دوره سرد (آناگلیشیال) نیز وضعیت تراز آب دریاچه کاملاً برعکس بوده‌است. همچنین ارتفاع مرز برف دائمی در دوره گرم بر اثر ذوب شدید یخچال‌ها به سمت بالا حرکت می‌کرده و به عبارتی ارتفاع برف دائمی زیاد می‌شده‌است و برعکس در دوره سرد بر اثر برودت بیشتر محیط و گسترش یخچال‌ها مرز برف دائمی به سمت پایین حرکت و ارتفاع آن کاهش پیدا کرده‌است.

از طرفی با توجه به تحقیقات ارزنده و مفیدی که در منطقه زفره (حدود 90 کیلومتری شمال غربی گاوخونی) صورت گرفته است، سیرک های یخچالی، مرز برف دائمی و پایین ترین حد زبانه های یخی در منطقه زفره بیانگر این واقعیت است که سطح آب دریاچه گاوخونی در گذشته (آناگلیشیال) به مراتب بالاتر از سطح فعلی آن بوده است و این تحقیقات و نتایج قابل تعمیم به حوضه گاوخونی نیز می باشد. حد پایین آمدن زبانه های یخی در منطقه زفره اصفهان (خط منحنی میزان 2100 متری) را می توان خط اسکان دائمی انسانهای آن عصر تلقی نمود. این حد محل استقرار روستاهای عمده و مهم منطقه بوده و غالباً این روستاها نیز از قدمت بیشتری برخوردارند که از مطالعه اسامی آنها نیز می توان به صحت این نکته پی برد. دهکده های فشارک، کرد آباد، زفره، موسیان، چاریسه و ... از جمله این دهکده ها می باشند که همگی حول و حوش منحنی تراز 2100 متر یعنی آخرین حد پایین آمدن زبانه های یخی شکل گرفته اند.

8-5. تاریخ نگاری نوسانات آب دریاچه گاوخونی

اینکه در چه زمانی سطح آب دریاچه گاوخونی در ارتفاع 1550 متر قرار داشته از جمله مسائلی است که به صورت دقیق امکان اظهار نظر در مورد آن وجود نداشته ولی اولین سن گذاری به روش نسبی در سال 1371 صورت گرفت. در این روش سعی شده است به صورت تطبیقی نوسانات عمده آب دریاچه گاوخونی که به صورت تراس های دریاچه ای در اطراف آن قابل ردیابی است با ترمینالهای زبانه ای یخی شیرکوه معادل سازی شود ولی هرگز رقومی برای آن ذکر نشده است.

بر اساس تحقیقات فوق نتایج زیر از اهمیت خاصی برخوردار است:

§ تعداد زبانه های یخچالی در شیرکوه با تعداد تراس های عمده دریاچه گاوخونی برابر است.

§ کم ارتفاع ترین زبانه یخی در مهریز یزد (ارتفاع 1650 متر) با بالاترین سطح آب در

گاوخونی 1550 متر معادل سازی شده است.

۵ از تحقیقات فوق می‌توان نتیجه گرفت که در حاکمیت دوره‌های یخبندان (آناگلیشیال)^۱ در

ایران که به واسطه تغذیه مناسب و برودت بیشتر محیطی زبانه‌های یخچالی شیرکوه تا دروازه‌های شهر مهریز پیش روی می‌کرده‌اند، سطح آب دریاچه گاوخونی به بالاترین حد خود می‌رسیده است، به عبارت دیگر بالاترین سطح آب در دریاچه گاوخونی مربوط به مقاطع آناگلیشیال در دوران چهارم است.

به استناد تاریخ نگاری با روش کربن ۱۴ در غرب ایران که توسط وان زیست^۲ (۱۹۸۰) و بروکس^۳ (۱۹۷۸) انجام گرفته، و بر اساس تحقیقات جدید زمین باستان‌شناسی ۸ رقوم ۳۳ هزار سال را برای این دوره پیشنهاد کرده‌است. به عبارت دیگر بر اساس این مطالعات می‌توان گفت در سی و سه هزار سال پیش آنچه در تابلو داستانی عبور حضرت سلیمان از زاگرس اصفهان تصویر شده بخوبی قابل بازسازی و تصور است و با توجه به آنکه باید محل تلاقی زاینده‌رود به گاوخونی را در بخش شرقی اصفهان تلقی کرد به وجود آمدن رسوبات دلتای اصفهان سنی معادل با ارقام فوق خواهد داشت. زیرا ایجاد چنین دلتایی در این محدوده نمی‌تواند حاصل عملکرد آب رودخانه به تنهایی باشد و بدین ترتیب اصفهان شهری است که بر حاشیه ساحلی دریاچه قدیم بنا شده‌است.

در حوضه آبخیز زاینده‌رود اراضی و دشتهای مستعد کشاورزی وجود دارد که توسط رودخانه زاینده‌رود و از طریق بندهای انحرافی و شبکه‌های مدرن و سستی آن، آبیاری می‌شود.

در واقع رودخانه زاینده‌رود مهمترین جریان آب سطحی حوضه به شمار می‌آید. این رودخانه از محدوده کوه‌رنگ شروع شده و به باتلاق گاوخونی ختم می‌شود. اختلاف ارتفاع بستر زاینده‌رود در محل چلگرد تا شهر اصفهان در حدود ۷۶۵ متر و بین اصفهان تا باتلاق گاوخونی حدود ۱۰۰ متر است.

1. Pluvial

2. Vaneist

3. Brookes

منبع اصلی تأمین کننده آب رودخانه زاینده رود، چشمه دیمه در ۱۴۰ کیلومتری غرب اصفهان و رواناب‌های ناشی از ذوب برف ارتفاعات شرق زاگرس است که میزان آب آن به طور متوسط در حدود ۸۰۰ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده‌است، اما به علت عدم تکافوی کافی این حوضه برای مصارف کشاورزی، از زمان‌های قدیم انتقال آب از حوضه آبخیز کارون مد نظر بوده و به همین دلیل در سال ۱۳۳۳ نخستین مرحله انتقال آب از حوضه کارون (کوه‌رنگ) با حفر تونل اول مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

رودخانه زاینده‌رود قبل از الحاق آب تونل‌های اول و دوم کوه‌رنگ دارای یک رژیم طبیعی بود و سامانه رودخانه‌ای عمدتاً از مجموعه چندین شاخه کوچه و پرآب به نامهای چم در، دره قاضی، دره خور به و دره دولت آباد تشکیل شده بود. در صورتیکه با الحاق تونل اول و دوم به زاینده‌رود به طور متوسط حدود ۷۰۰ میلیون متر مکعب در ناحیه چلگرد به شاخه آب زری منتقل گردید و این رودخانه نیز پس از طی مسافتی با دریافت شاخه‌ای از چم در و چشمه دیمه نام زاینده‌رود را به خود می‌گیرد. و از این زمان به بعد (۱۳۳۳) رژیم طبیعی زاینده‌رود به یک رژیم غیر طبیعی تبدیل گشت و آب زاینده‌رود تا حد زیادی به این دو تونل نیز وابسته شد. بعد از سد مخزنی زاینده‌رود توزیع جریان ماهانه آب به میزان آب سالانه ذخیره شده در دریاچه سد بستگی دارد و با توجه به وجود سدهای انحرافی و کانال‌های آبیاری و زهکشی، تغییرات زیادی در دبی رودخانه ایجاد شده و به علت برداشت زیاد آب رودخانه در بالادست با نزدیک شدن رودخانه به باتلاق گاوخونی از مقدار دبی آن کاسته می‌شود. همچنین تونل سوم کوه‌رنگ که بزرگترین تونل در خاورمیانه است با هدف بهره‌برداری ۲۵۰ میلیون متر مکعب برآورد گردیده‌است.

۹-۸. پیشنهادات عمومی و اجرایی در خصوص کاهش و مقابله با آثار زیانبار بلایای جوی در محدوده تالاب

گاوخونی

با توجه به وضعیت نابسامان تالاب گاوخونی و مناطق اطراف، دستیابی به توسعه‌ای پایدار و جامع در منطقه ضرورتی اجتناب ناپذیر است و این مهم با ارائه پیشنهادات و راهکارهای مناسب که با وضعیت تالاب همخوانی و تجانس داشته باشد عملی خواهد گردید. بنابر این اهم پیشنهادات به شرح زیر می‌باشد:

- اشتراک مساعی استان‌های مشرف و تأثیرگذار بر حوضه آبخیز زاینده‌رود (استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری) جهت هماهنگی تصویب منشور سلامت پایدار حوضه.
- بر اساس توتن بالقوه سراب حوضه آبخیز زاینده‌رود برای تولید محصولات علوفه‌ای دیم و دامپروری و همچنین جذب گردشگر، از هرگونه انحراف آب بیشتر از زاینده‌رود جلوگیری شده تا به سرمایه گذاری‌های انجام شده در پایین دست حوضه خللی وارد نگردد.
- اجرای طرح‌های سد خاکی، پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی به ویژه در زیر حوضه خشک‌رود و واحد هیدرولوژی اسفندران - دستجرد.
- در زیر حوضه‌های بالا دست سد، در زمان وقوع سیلاب، آب اضافه بر مصرف که بیش از تراز ارتفاعی رودخانه‌های فصلی و یا سیلابی و نهایتاً از دسترس خارج می‌گردد، از طرق مختلف از جمله انحراف به سطح اراضی، سامانه‌های پخش سیلاب، ذخیره در سدهای چند منظوره که نقش تأخیر در سیلاب، تغذیه آب‌های زیرزمینی و ذخیره آب را بر عهده دارند کنترل شده تا علاوه بر کاهش خسارات سیل، به تغذیه دشت‌های بحرانی کمک و تا حدودی بیلان منفی آب جبران گردد.
- اعمال محدودیت‌های قانونی در زمینه فعالیت‌های عمرانی و لزوم اخذ مجوز قانونی و طی نمودن مراحل کارشناسی موضوع از طریق ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری و محیط زیست

استان‌ها با عنایت به منشور توسعه پایدار حوضه قبل از هر گونه دستکاری و تخریب در حوضه .

- جلوگیری از ورود فاضلاب به رودخانه و احیای مجدد آن.
- زیبا سازی اطراف رودخانه و ایجاد محل گردشگری نمونه در منطقه و بالطبع پاکسازی داخل و سواحل رودخانه از زباله‌ها و فاضلاب‌ها و مواد صنعتی.
- ایجاد کمربند طبیعی با طرح جنگل کاری در حاشیه رود.
- ساخت جاده‌های استاندارد و بزرگراه با کیفیت مناسب و برخورداری از سامانه های کنترلی مدرن.
- زیبا سازی شهرهای مختلف با استفاده از استانداردهای جهانی و زیست محیطی بر اساس اصل رفاه اجتماعی و شادابی و سرزندگی.
- تدوین برنامه از پیش تعیین شده‌ای برای مقابله با شرایط بحرانی از جمله خشکسالی و آلودگی هوا توسط سازمان‌های ذی ربط.
- برگزاری جشنواره‌های مختلف شناخت زاینده‌رود و عوامل آلوده کننده آن.
- نصب تابلوهای هشدار دهنده و راهنمایی کننده جهت گردشگران.
- استفاد از طومار شیخ بهایی که نه تنها از آلودگی زاینده‌رود می‌کاهد بلکه آلودگی های فعلی آن را نیز از بین می برد و تالاب و حواشی آن را نیز احیا می کند.
- استفاده از شیوه کشاورزی نوین و اتلاف کمتر آب در این بخش.
- تشکیل شورای برنامه ریزی و مدیریت آب بین استانی.
- ممانعت از برداشت آب از این رودخانه توسط استان های پر آب.

- توسعه گردشگری می‌بایست به شکلی صورت گیرد که منابع طبیعی برای مدتی نامحدود، نگهداری و برای استفاده حال و آینده حفظ شوند.
- فراهم آوردن تسهیلات و امکانات برای سرمایه گذاران در بخش گردشگری و حذف تشریفات و مقررات زاید برای احداث اماکن تفریحی و رفاهی.
- احداث جاده‌های گردشگری به مناطق سرسبز، دیدنی و محورهای گردشگری زاینده‌رود خارج از شهرستان ها و فراهم آوردن امکانات ایاب و ذهاب که باعث رونق گردشگری می‌گردد.
- احداث پارکینگ های مخصوص خودرو در محورهای گردشگری.
- ساماندهی اردوگاه‌های گردشگری در مناطق خوش آب و هوای منطقه.
- فراهم نمودن کالاهای مورد نیاز و اقلام مصرفی به حد کافی برای اکوتوریست های زاینده‌رود در خارج از شهر.
- نظارت مستمر بر قیمت کالاها و خدمات مورد نیاز گردشگران در محل های گردشگری.
- احداث موزه عکس مربوط به زاینده‌رود و هنرهای مرتبط با آن.
- بازسازی شهرک های تفریحی توریستی در مسیر این رود.
- احداث پارک باغ‌های گوناگون در پای ارتفاعات این جاذبه با آبشارها، آبریز ها و کاشتن درختانی همچون سرو، چنار، نارون و ...
- بازسازی نمونه‌ای از آسیاب‌های آبی منطقه، برای بازدید گردشگران طبیعی.
- راه اندازی و توسعه ورزش‌های آبی مانند اسکی، قایقرانی، شنا و ماهیگیری.
- سرمایه گذاری و ایجاد خدمات رفاهی برای پیاده‌روی در قسمت‌هایی از ساحل این رودخانه که هنوز به صورت بکر هستند.

- تأسیس و راه اندازی دفترهای خدماتی مسافرتی، همچنین طرح سفرهای ارزان قیمت گروهی به تالاب گاوخونی.

- ساخت فیلم های مستند از چشم اندازهای طبیعی و بکر اکوسامانه زاینده رود.

- کشت گیاهان متناسب با اقلیم زاینده رود.

پیشنهاداتی به منظور افزایش بهره‌وری در تولیدات زراعی و کاهش خسارات

به منظور افزایش بهره‌وری در تولیدات زراعی و کاهش خسارات موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

§ به کارگیری مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا جهت بهبود و ارتقاء صحت پیش‌آگهی‌های هواشناسی

§ گسترش مدل‌های پیش‌بینی و ضرورت به کارگیری مدل‌های اقلیمی و آماری و...

§ تعمیم پیش‌بینی‌های کوتاه مدت هواشناسی و بلند مدت اقلیم شناسی به منظور آمادگی و اتخاذ تمهیدات لازم جهت جلوگیری از صدمه ناشی از عوامل نامساعد جوی و اقلیمی.

§ ایجاد سامانه هشدار و اعلام وضعیت اضطراری به کمک رسانه‌های ارتباط جمعی، ماهواره و اینترنت به منظور اطلاع رسانی به آحاد مردم به ویژه کشاورزان و دامداران.

§ گسترش مطالعات پژوهشی پیرامون تغییرات آب و هوا و اثرات سوء آن بر روی محصولات و...

§ آموزش لازم به کشاورزان برای محافظت محصولات زراعی در مقابل عوامل نامساعد جوی و ...

§ تقسیم بندی مناطق مختلف کشور با توجه به تنوع آب و هوا و گسترش مطالعات طبقه‌بندی اقلیم کشاورزی و تعیین پتانسیل کاشت محصولات کشاورزی در چهارچوب طرح آزمایش سرزمین.

§ ایجاد نظام بیمه فراگیر محصولات کشاورزی.

§ اطلاع رسانی به عموم رانندگان و مسافرین از طریق نصب تابل هوانما در ترمینالها به صورت اطلاعات خام و پیش بینی‌های جاده‌ای با هدف رعایت نکات و مجهز نمودن خودروها به وسایل ایمنی.

§ اطلاع رسانی به راهدارخانه جهت آمادگی و انجام به موقع فعالیت‌های پیشگیری با هدف مسدود نشدن جاده‌ها و برقراری امنیت جاده.

منابع:

- § امیر قاسمی. ت. ۱۳۸۱. سرمازدگی گیاهان. انتشارات آیندگان. ص ۱۲۳.
- § اذانی، مهری (۱۳۷۲). الگوی مصرف انرژی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه اصفهان.
- § انصافی مقدم، طاهره (۱۳۷۲). بررسی آلودگی هوای تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دمای جو (اینورژن)، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- § انصافی مقدم، طاهره (۱۳۸۴). تعیین شاخص خشکی در حوضه دریاچه نمک به روش دومارتن، نشریه نیوار، شماره ۵۶ و ۵۷، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ص ۴۷-۴۱.
- § اقلیم و گردشگری در استان اصفهان، (۱۳۸۰). کمیته تخصصی مقابله با خطرات ناشی از بلایای جوی و اقلیمی، انتشارات سازمان هواشناسی کشور،.
- § آمار و اطلاعات هواشناسی، اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱۳۸۹.
- § آمارنامه سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۸۴). انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان.
- § آمارنامه ترافیکی شهر اصفهان (۱۳۸۴). معاونت حمل و نقل شهرداری اصفهان.
- § بایرز (۱۳۷۵)، هواشناسی عمومی، ترجمه بنی‌هاشم، انتشارات نشر دانشگاهی، سمت.
- § بی‌جی رینالاک (۱۳۷۵)، هواشناسی فیزیکی، ترجمه صادقی حسینی، انتشارات نشر دانشگاهی.
- § باتان، لویی جی (۱۹۷۸). آلودگی هوا. ترجمه سیاوش آگاه، انتشارات بنگاه نشر کتاب.
- § بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان (۱۳۸۴-۱۳۷۷).
- § بایرز، هاریس رابرت (۱۳۷۷). هواشناسی عمومی، ترجمه تاج الدین بنی‌هاشم، بهروز حاجی، علیرضا بهروزیان، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ص ۲۹۴-۲۹۱.
- § بهرام سلیمانی، کامبیز (۱۳۷۴). مجموعه مباحث و روشهای شهرسازی، انتشارات سازمان مسکن و شهرسازی.
- § بوشر، کیت (۱۳۷۳). آب و هوای کره زمین، ترجمه بهلول علیجانی، انتشارات سمت، تهران.
- § بیرقدار، محمدعلی و رضایی، فریدون (۱۳۶۸). آلودگی هوا در مقیاس جهانی، نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § بوتکین و کلر (۱۳۷۱). مسائل محیط زیست، ترجمه یونس کریم پور، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آستان قدس، ص ۱۱۷-۱۱۱.
- § بلوکی، میترا (۱۳۷۹). مطالعه و بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان و عوامل اقلیمی مؤثر در آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

- § بلالی، مهدی و شریعت، مهدی (1375). آلاینده‌های هوا و اثرات سوء آنها بر سلامت انسان، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، شماره 31، ص 24-15.
- § بهروز وزیری و بیرقدار، محمد علی (1368). آلودگی هوا، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ص 19-9.
- § پرکینز، هنری (1373). آلودگی هوا، ترجمه منصور غیاث الدین، انتشارات دانشگاه تهران، ص 61-56.
- § پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی (1385). پهنه بندی اقلیمی استان اصفهان در راستای استفاده از انرژی‌های نو، گزارش پروژه، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § پوی، ه. س و روو، د. ر و چبانوگلاس، ج (1378). مهندسی محیط زیست (هوا و زایدات جامد)، جلد دوم، ترجمه محمدعلی کی‌نژاد و سیروس ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ص 53-30.
- § تریپله، روش (1380). هواشناسی عمومی، ترجمه جمشید شاه‌رخی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ص 48-10.
- § ری‌تالاک، بی‌جی (1373). هواشناسی عمومی، ترجمه احمد نوحی، جلد اول، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ص 31-39 و 184-185.
- § رسولی، علی اکبر (1381). تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر تبریز، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، شماره 47-46.
- § رضازاده، پرویز (1375). بررسی آلودگی هوای شهری، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § رنجبر، عباس و آزادی، مجید و علی اکبری بیدختی، عباسعلی (1383). مطالعه موردی و شبیه‌سازی جزیره گرمایی تهران، مجموعه مقالات همایش پیش‌بینی عددی وضع هوا، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی، تهران، ص 79-89.
- § زندنی‌پور، احمد و بحرینی، حسین (1371). مطالعات هواشناسی آلودگی هوا و کاربرد آن در طراحی شهر تهران، گزارش طرح تحقیقاتی، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § حبیبی، فریده (1377). بررسی و نحوه شناسایی توده‌های هوایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند، مجله نیوار 1377، شماره 39.
- § خدابخش؛ حسن (1388).: هواشناسی عمومی؛ انتشارات رجاء تهران، 190 ص.
- § سلطانیه، محمد (1375). مدل سازی و شبیه سازی تشکیل و انتقال مه دود در هوای شهر تهران، نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ص 62-51.
- § شفیع پور مطلق، مجید (1379). تدوین الگوی تهیه اقلام اطلاعاتی پایه برای مطالعه آلودگی هوای شهرها، گزارش طرح پژوهشی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی، تهران.

- § صدرنژاد، خطیب‌الاسلام و کرمانپور، احمد (1380). سوخت و انرژی (تأثیر انرژی بر محیط زیست)، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ص 471.
- § طالبی، مرتضی (1379). برنامه جامع کاهش آلودگی هوای اصفهان. گزارش نهایی طرح پژوهشی، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان، ص 129.
- § عرفان‌منش، مجید و افیونی، مجید (1379). آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا، انتشارات ارکان، تهران، ص 260.
- § علایی، مهدی (1376). نمونه‌گیری، تحلیل و مدل‌سازی ذرات معلق هوای شهر تهران جهت تعیین سهم منابع مختلف، گزارش پروژه، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § عرفان‌منش، مجید، افیونی، مجید (1379). آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا، چاپ اول، انتشارات ارکان.
- § عزتیان، ویکتوریا (1386). بررسی اثرات فراسنجهای هواشناسی بر کیفیت هوای شهر اصفهان، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.
- § فاضل‌رستگار، فرحناز (1376)، هواشناسی ماهواره‌ای و رادارهای هواشناسی، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § فرید، رضا و همکاران (1368). نقش عوامل جوی در ایجاد آلودگی یا حساسیت در انسان، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § قائمی، هوشنگ (1375)، هواشناسی عمومی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، سمت.
- § کرباسی، عبدالرضا (1376). انرژی و محیط زیست، انتشارات وزارت نیرو.
- § کلانتری، اردشیر (1379). مطالعه و بررسی منابع آلوده‌کننده هوا (سنتز تعیین ضوابط و استانداردهای خروجی از منابع آلوده‌کننده هوا)، گزارش پروژه، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
- § کلانتری، اردشیر (1378). طرح مطالعه منابع آلوده‌کننده هوا، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان.
- § کوچکی، عوض (1376). اثر آلاینده‌های اتمسفری بر خصوصیات اکوفیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان، نشریه نیوار، شماره 36، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § گزارش پروژه (1375). بررسی آلودگی هوا تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دما، معاونت آموزشی و پژوهشی سازمان هواشناسی کشور، ص 10-25.
- § معنوی فکوری، جواد (1375). میزان ذرات معلق شهر مشهد، نشریه نیوار، شماره 31، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- § میرمحمدی، مهدی. ع. مدیریت تنش‌های سرما و یخ‌زدگی گیاهان زراعی و باغی. 1383. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. 318 صفحه.

§ مبارکه، حسینعلی (۱۳۶۵-۷۰). صنایع و منابع آلوده کننده هوا در استان اصفهان، سلسله گزارشات، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان.

§ وارثی، حمید رضا (۱۳۷۴). ترافیک و آلودگی‌های ناشی از آن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲.

§ هسته ای، پیمان (۱۳۷۶). نقش فرودگاه مهر آباد در آلودگی هوای شهر تهران، گزارش پروژه، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.

§ هواشناسی سینوپتیکی (۱۳۷۴)، جزوه درسی انتشارات سازمان هواشناسی کشور

§

§ References:

- § Ahrens, C. Donald, 2007: Meteorology Today, An Introduction to Weather, Climate, and Environment, 8th ed., Thomson Brooks/Cole.
- § Ahrens, C. Donald, 2006: Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere, 3rd ed., Thomson Brooks/Cole.
- § An Introduction to Dynamic Meteorology(James R .Holton 1992).
- § Air conservation and associate for the advancement of science .,(1977).Air conservation commission, Publ:No.80, Washington D.C.
- § Air quality criteria for photochemical oxidants.,(1970).Publ.No.AP-63.washington,D.C.
- § Air quality criteria for nitrogen oxides.,(1970).Publ.No.AP-84.washington,D.C.
- § Air quality criteria for sulfur oxides.(1970).Publ. N o.AP-50.washington,D.C.
- § Assessment of trend in the vertical distribution of ozone. , SPARCE/ IO3C/GAW World Meteorological Organization .
- § Air quality management and air pollution control orientation course., (1975).(422-A). U.S.EPA. Atlanta.
- § Air quality criteria for photochemical oxidants.,(1970).Publ.NO.AP-63.Washington, D.C.
- § Air quality criteria for nitrogen oxides.,(1970).Publ.NO.AP-84.Washington , D.C.
- § Bishop,C.A.,(1957).EJC policy statement on air pollution and its control, Chem.Eng.Pprogr,53(11):146.
- § Bojkov.Rumen,D.,(1995).The Changing Ozone Layer, World Meteorological Organization.

- § Control techniques for hydrocarbon and organic solvent emissions from stationary sources.,(1970).Publ.No.AP-50.washington,D.C.
- § Dispersion& Forecasting of air pollution.,(2001).NO.319,World Meteorological Organization.
- § Esfahanian,v.& Ashrafi,K.& Ghader,S.,(2006).Air quality data analysis and locating of pollutant monitoring stations in Great Tehran ,Joint workshop on strategy for air pollution on Great Tehran.
- § Environmental Energy Review(EER).,(2004).-Iran World bank Group, Environmental Strategy for the Energy Sector: Fuel for thought,MOE,300190/ZR/EER-Iran.Final Report.
- § Environmental Sustainability(ESI).Index.,(2002). Yale center for environmental law and policy,
- § Flash Flood Forecasting (WMO).
- § Miller, A. charlie.,(1966).Meteorology. Columbus. Ohaio.
- § Pickett E.E . Atmospheric pollution ., (1987). Springer – Verlag .
- § Ghazi,I(2002),Water resources management and planning in Iran: the challenges of the third world development ,Volume 48,No2,pp77-90.
- § Ghazi,I(2004),Is climatic change science a policy – relevant? Proceedings ,Resource utilization: Local structure VS globalization, GIAN, University of Tehran,PP275-285.
- § Ghazi,I(2004),Renewable Energies and Environmental Sustainability in Iran, Proceedings, Globalization: Towards a Sustainable International Cooperation for Environmental ,Human Resources Development and Higher Education ,GIAN, University of Esfahan,PP203-217.
- § Ghazi,I(2004),Information Technology and Environmental Management, Proceedings, First Seminar for Information Technology ,government & university, University of Esfahan,PP217.
- § Photochemical oxidant and air pollution health effects., (1977).American lung association report.
- § Pilot Environmental Performance Index(EPI).,(2002).Yale center for environmental law and policy.
- § Protocol Monitoring.,(2005).Global Ozone Monitoring Station Service Quality Assessment Report, TEM /SQAR 4/001.

- § Scientific assessment of ozone depletion.,(1998- 2002). Global Ozone Research & Monitoring Project – Report No.44 .World Meteorological Organization
- § The ozone layer & Environment.,(1998). Global Ozone Research Center. World Meteorological Organization
- § The study on integrated master plan for air pollution.,(1997). Progress report, Japan weather association.
- § The effects of air pollution .,(1966).Public health service .Division of air pollution. .Washington ,D.C.
- § RAO,M.N&RAO,H.V.N.,(2001).Air pollution, chapter 19,20.
- § Shaheen,Ebsen.,(1974).Environmental pollution, awareness and control ,Eng Tech.Mahomet III.
- § Starman,ernest.S.,(1975).Emission control and fuel.Env.Sci.Tech,9(9):824
- § . Mavi. H.s and G.J. tupper. 2004. agrometeorology principles and applications of climate studies in agriculture. 363 pages.

سایت‌های اینترنتی مفید

<http://www.greenpeace.org/~climate>
<http://www.colorado.edu/hazards>
<http://www.zianet.com/irc1/bordline>
<http://www.agadsrv.msu.montana.edu/Extension/Beef-JP/Drought/DroughtMngt.htm>
<http://www.colorado.edu/hazards/sites/sites.html>
<http://www.nasa.gov/imagewall/ drought.html>
http://www.okstate.edu/OSU_Ag/agedcm4h/bobslist.htm
<http://www.epa.ohio.gov/ddagw/drought.html>
<http://www.usda.gov/oce/waob/jawf/drought.htm>
<http://www.nal.usda.gov/wqic/drought.html>
http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_sitemap.html
<http://www.nws.noaa.gov/oh/hic/current/drought/state.html>
http://www.agu.org/sci_soc/hosk2.html
<http://water.dnr.state.sc.us/>
<http://www.drought.noaa.gov/>
<http://www.penpages.psu.edu/univdrought.html>
<http://www.enso.unl.edu/ndmc/go/go.htm>
<http://www.enso.unl.edu/ndmc/watch/watch.htm> - 19k -
<http://www.websites.noaa.gov/guide/sciences/atmo/drought.html>
<http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/GPA/drought2.htm>
<http://www.cas.psu.edu/docs/cashome/drought/WebSites.htm>
<http://www.grassland.org.nz/Publications/Vol60/elite.htm>
<http://www.chicagotribune.com/business/printedition/article/0,2669,SAV-0006160212,FF.html>
<http://www.100topweathersites.com/Weather/drought/100/44k>
<http://www.100topclimatesites.com/Climate/drought/100/23k>
<http://www.usatoday.com/weather/news/2000/wdrought0.htm>
<http://www.tamu.edu/univrel/news/stories/00/032000-2.htm>
<http://www.colorado.edu/hazards/sites/drought.html>
<http://www.grassland.org.nz/Publications/Vol60/elite.htm>
<http://www.gujaratnews.freeyellow.com/news7.htm>
<http://www.nws.noaa.gov/oh/hic/current/drought/>
<http://www.usatoday.com/weather/news/1999/wdrowt0.htm>
<http://www.ag.ndsu.nodak.edu/drought/drought.htm>
<http://www.timesofindia.com/050500/05mahm2.htm>
<http://www.xbeta.ocs.ou.edu/drought/>

<http://www.100topweathersites.com/o-oo/Weather/drought/100/>
http://www.water.dnr.state.sc.us/climate/sercc/drought_info.html
<http://www.cnr.colostate.edu/RES/rc/drought.htm>
<http://www.agadsrv.msu.montana.edu/Extension/Beef-JP/Drought/DroughtMngt.htm> -
<http://www.colorado.edu/hazards/sites/sites.html>
<http://www.svs.gsfc.nasa.gov/imagewall/drought.html> -
http://www.okstate.edu/OSU_Ag/agedcm4h/bobslist.htm
<http://www.epa.ohio.gov/ddagw/drought.html>
<http://www.usda.gov/oce/waob/jawf/drought.htm>
<http://www.nal.usda.gov/wqic/drought.html> -
http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_sitemap.html -
<http://www.nws.noaa.gov/oh/hic/current/drought/state.html>
http://www.agu.org/sci_soc/hosk2.html
http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_instrumental.html -
<http://www.txwin.net/Monitoring/Meteorological/Drought/> -
<http://www.europe.cnn.com/2000/ASIANOW/central/09/26/tajikistan.drought/>
<http://www.cnn.com/WEATHER/9908/09/drought.01/>
<http://www.cnn.com/2000/NATURE/06/08/tracking.drought/>
<http://www.dnr.state.mo.us/droughtupdate.htm>
<http://www.meteo.go.ke/dmc>
<http://www.oclc.org/oclc/new/hottopics/000610b.htm>
<http://www.tampabayonline.net/reports/drought>
<http://www.meteor.wisc.edu/~hopkins/wx-links/ag-wxurl.htm>
<http://www.aces.edu/drought/>
<http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s391c.htm>
<http://www.extension.iastate.edu/Pages/communications/drought>
<http://www.phschool.com/science/planetdiary/background/drou.html>
<http://www.epa.gov/owm/drouhome.htm>
http://www.dep.state.pa.us/dep/subject/hotopics/drought/drou_map.htm
<http://www.ok.water.usgs.gov/public/drought.html>
<http://www.westgov.org/wga/publicat/drght99.htm>
<http://www.md.water.usgs.gov/drought/briefing/> -
<http://www.uregina.ca/biology/faculty/leavitt/drought/drought1.htm> -
<http://www.twdb.state.tx.us/data/drought/DroughtinPerspective.htm> -
<http://www.ozemail.com.au/~sjhop/prayer.htm>
<http://www.gcsaa.org/resource/drought.html>
<http://www.africanwater.org/drought.htm>

<http://www.usda.gov/oce/waob/jawf/poplinks.htm>
<http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-21.html>
<http://www.texnews.com/tune.index.shtml>
http://www.enn.com/enn-news-archive/1999/08/080499/drought_4785.asp
http://www.enn.com/enn-news-archive/1999/08/082499/newdrought_5162.asp -
<http://www.reeusda.gov/1700/whatnew/drylinks.htm> - 10k -
<http://www.agadsrv.msu.montana.edu/Extension/Beef-JP/drought/range.htm> - 7k -
<http://www.water.usgs.gov/wrd002.html> - 16k -
<http://www.ag.ohio-state.edu/~corn/drought99/> - 15k -
<http://www.geocities.com/~lmrenault/> - 11k -
<http://www.weather.nmsu.edu/drought/main.htm> - 46k -
<http://www.uwyo.edu/ces/drought/thorow.htm> - 51k -
<http://www.fema.gov/nwz99/drought.htm> - 32k -
<http://www.ag.arizona.edu/OALS/IALC/links/desert.html> - 9k -
<http://www.library.stmarytx.edu/acadlib/doc/txgovsit.htm> - 14k -
<http://www.wrds.uwyo.edu/wrds/wwwsites.html> - 19k
<http://www.wtvm.com/weather/> - 6k -
<http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s391.htm> - 9k -
<http://www.agebb.missouri.edu/y2dry/> - 10k -
<http://www.westgov.org/wga/initiatives/drought2.htm> - 7k -
<http://www.interaction.org/about/sites.html> - 8k -
<http://www.dot.state.tx.us/othrtran/othrtran.htm> - 17k -
http://www.dcpages.com/Weather/Drought_Updates/ - 15k -
<http://www.brunel.ac.uk/depts/geo/sahelrep.html> - 69k -
<http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-23.html> - 18k -
<http://www.water.nr.state.ky.us/wsp/wsp10.htm> - 14k -
<http://www.agr.ca/pfra/drsites.htm> - 9k -
<http://www.forestry.uga.edu/efr/abstracts/for99-010.html> - 14k -
http://www.webpointers.com/el_nino.html - 8k -
<http://www.epa.gov/owm/linkspg.htm> - 9k -
<http://www.geog.le.ac.uk/cti/drought.html> - 6k -
<http://www.dnr.state.oh.us/odnr/water/temp/drought99.html> - 17k -
<http://www.wm.edu/wmnews/042398/drought.html> - 11k -
http://www.cio.com/WebMaster/080197_internet_content.html - 24k -
<http://www.ifad.org/www.html> - 5k -
http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/docs/websites/othr_web.htm - 10k
<http://www.igc.org/prb/news/stateweb.htm> - 101k -

<http://www.elnino.noaa.gov/notnoaa.html> - 8k -
<http://www.ks.cr.usgs.gov/Kansas/drought/droughtlinks.html> - 6k -
<http://www.un.org/esa/sustdev/desert.htm> - 11k -
<http://www.unccd.int/> - 15k -
<http://www.uswaternews.com/links.html> - 15k -
http://www.uk.dir.yahoo.com/Science/Earth_Sciences/Meteorology/Weather_Phenomena/Drought/ - 4k
<http://www.outreach.missouri.edu/grundy/drought.htm> - 9k -
<http://www.udel.edu/dgs/drought.html> - 6k -
<http://www.208.201.97.5/pubs/fcw/1999/0809/web-drought-8-12-99.html>
<http://www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/analclim/>
<http://www.irandeserts.com/default.htm>
<http://www.marxist.com/flood-disaster-pakistan-human-catastrophe-system-decay.htm>
<http://www.emergencydude.com/storm.shtml>
<http://www.hupaa.com5>.
<http://www.chaharmahalmehmet.ir6>.
<http://www.iranianuk.com>
<http://www.irandeserts.com8.8>. <http://www.iranianuk.com>

<http://www.wxdude.com>
<http://www.daneshju.ir>
[http:// wikipedia.org](http://wikipedia.org)
www.ngdir.ir/geoportal.info
maps.google.com/
www.esfmunict.ir
<http://shardari.isfahan.ir>
<http://www.iranenergy.org.ir>
<http://www.grads.igs.org>
<http://www.saba.org.ir>
<http://www.ieeo.org.ir>
<http://www.esfahan.refinery.ir>
<http://www.isfahancement.com>
[http:// www.polyacril.com](http://www.polyacril.com)
<http://www.epciran.com>
[http:// www.mobarakeh-steel.ir](http://www.mobarakeh-steel.ir)
<http://www.esfahansteel.com>

<http://www.esfahanenviron.org.ir>
<http://www.esfahanps.com>

<http://www.irimo.ir>

<http://www.ardebilmet.ir>