Archive of SID

پايش مكاني خشكسالي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ استان تهران با استفاده از شاخصهاي DI، SPI، EDI و سيستم اطلاعات جغرافيايي

مهنوش مقدسي[۱]، شهلا پايزد[۲]، سعيدمريد[۲*]

۱- دانشجوي دوره دكتراي سازه‌هاي آبي دانشكده كشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس
۲- استاديار دانشكده كشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس

دريافت: ۸۳/۲/۲۶ پذيرش: ۸۳/۱۲/۱۷

چكيده

طي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ استان تهران شاهد شديدترين خشكسالي‌هاي دهه‌هاي اخير بوده كه بررسي گستره و تحليل درباره آن لازم است. لازم به ذكر است كه براي اين تحليل استفاده از شاخصهاي خشكسالي مي‌تواند مؤثر باشد. اين شاخصها در واقع بيان كمي بليه طبيعي خشكسالي بوده تا امكان ارزيابي آن را در مقياسهاي مختلف زماني و مكاني ممكن سازند. در تحقيق حاضر براي پايش خشكسالي اين دوره و تهيه نقشه‌هاي آن از سه شاخص DI[۱]، SPI[۲]، EDI[۳] و تكنيك سيستم اطلاعات جغرافيايي GIS[۴] استفاده شده و به اين منظور اطلاعات ۴۳ ايستگاه در سطح استان به كار رفته است. نتايج نشان داد كه DI نسبت به بارندگي نوسانهاي شديدي داشت، ضمن اينكه هماهنگي زماني و مكاني مناسبي بين نتايج آن قابل مشاهده نمي‌باشد. همچنين شاخص SPI در مقياس ماهانه واكنش كافي به كمبود ريزشها از خود نشان نمي‌دهد. اما شاخص جديد EDI در مجموع عكس‌العمل مناسبي را نسبت به خشكسالي‌ها داشته و پيوستگي منطقي بين نتايج آن قابل مشاهده است.

---

* نويسنده مسؤول مقاله
E-mail: sa@modarres.ac.ir -morid

1. Deciles Index
2. Standardized Precipitation Index
3. Effective Drought Index
4. Geographic Information System

www.SID.ir

Archive of SID

كليد واژه‌ها: سيستم پايش خشكسالي، شاخصهاي خشكسالي هواشناسي، استان تهران، خشكسالي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰، سيستم اطلاعات جغرافيايي.

۱- مقدمه

استان تهران طي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ با يكي از شديدترين خشكساليهاي دهه‌هاي اخير مواجه شد كه بررسي اين دوره ضمن آنكه ضرورت دارد مي‌تواند در پاره‌اي از تحليلها مانند ارزيابي عملكرد شاخصهاي خشكسالي و تدوين سيستمهاي پايش مؤثر باشد. طراحي سيستم پايش خشكسالي از ضروري‌ترين ابزارهاي لازم در مقابله با اين بليه طبيعي بوده و به كرات مورد توصيه قرار گرفته است[۱، ص۱۷۴؛ ۲، صص۲۹-۳۸].

به دنبال خشكساليهاي سالهاي۱۹۸۶ ـ ۱۹۹۲م. در آمريكا، گزارشي به‌وسيله آژانس مديريت ضرورت فدرال[1] در خصوص مديريت خشكسالي اين دوره تدوين شد و توصيه‌هايي را در آن ارائه كرد كه اولين آنها تهيه سيستم پايش خشكسالي بود[۱، ص ۱۷۴؛ ۲، صص ۲۹-۳۸]. اداره ارزيابي تكنولوژي[2] نيز مطالعه‌اي خاص را به درخواست كنگره آمريكا انجام داد تا بررسي كند كه ايالت متحده در مقابله با تغيير اقليم چگونه بايد عمل كند. در اين مطالعه خشكسالي به طور گسترده‌اي مد نظر قرار گرفت و مجدداً بر لزوم ايجاد سيستم پايش خشكسالي و نقش مهم آن در مديريت فعال خشكسالي تأكيد شد[۳، صص ۱-۹۳]. اين سيستم هم اكنون راه اندازي شده است و از طريق سايت مركز ملي مقابله با خشكسالي قابل دسترس مي‌باشد[۴]. مطالب بيشتر در اين خصوص به وسيله مريد ارائه شده است[۵، صص ۱۹۱-۲۰۰].

در ايران بخصوص بعد از خشكساليهاي اخير، استفاده از شاخصها و پهنه‌بندي خشكسالي بيش از پيش مد نظر قرار گرفته است. ابرقوئي و همكاران نقشه‌هاي شدت و پهنه‌بندي خشكسالي را براي استان يزد ترسيم نمودند[۶، صص۸۳۷-۸۶۷]. قطره ساماني روند خشكسالي در استان چهار محال و بختياري را بررسي كرد و نقشه توزيع خشكسالي اين استان را در سالهاي ۱۹۹۹ -۲۰۰۰ با توجه به دهك‌هاي اول، دوم و سوم رسم نمود[۷، صص۳۶-۴۴]. لشني زند و خرميان پهنه‌بندي خشكسالي اقليمي در استان لرستان را بر پايه

1. FEMA: Federal Emergency Management Agency
2. OTA: Office of Technology Assessment

www.SID.ir

Archive of SID

درجه شدت خشکسالي تعيين نمودند و با استفاده از نرم افزار SURFUR ترسيم کردند؛ سپس مساحت گستره هاي خشکسالي استان را در طول اين دوره مورد بررسي قرار دادند[۸، صص۱۰۹-۱۲۱]. در پايش و منطقه‌بندي خشکسالي، استفاده از سيستم اطلاعات جغرافيايي کاربرد و قابليت فراواني يافته است که مقدسي و ناوا در تحقيقات خود به آن اشاره داشته اند[۹، صص۳۰-۴۰؛ ۱۰].

اما از طرفي ديگر، سيستمهاي پايش خشکسالي متکي به شاخصهايي مي‌باشند که در واقع بيان کمي شدت خشکسالي بوده و امکان ارزيابي آن را در مقياسهاي مختلف زماني و مکاني ميسر مي‌سازد. از جمله مهمترين اين شاخصها، DI است که در استراليا به دليل محاسبات نسبتاً ساده، داده‌ها و فرضيه‌ها کمتر کاربرد فراواني دارد[۱۱، صص ۱۱-۱۲]. طي سالهاي اخير SPI نيز توجه زيادي را به خود جلب کرده و بسياري از محققان خشکسالي به قابليت انعطاف پذيري اين روش اشاره داشته‌اند. از دلايل اصلي امکان جايگزيني اين شاخص نسبت به شاخص پيچيده پالمر مي‌توان اتکا به آمار کمتر و محاسبات ساده‌تر را نام برد[۱۲، ص۴۳؛ ۱۳، صص ۴۲۹-۴۳۸]. بويان و وايلهايت[1] نقدي را به طور کامل بر شاخصهاي خشکسالي ارائه دادند که مهمترين آنها عبارت بود از اينکه شاخصهاي مرسوم نمي‌توانند به طور دقيق شروع و خاتمه خشکسالي را تعيين کنند، تأثير تجمعي بارش را در پايش خشکسالي نمي‌بينند و مقياس زماني آنها که حداقل ماهانه است، نمي‌گذارد تا خشکسالي به طور پيوسته پايش شود. بنابراين اين موارد انگيزه ارائه شاخص جديدي به نام EDI شد[۱۴، صص۲۷۴۷-۲۷۵۶].

تحقيق حاضر تلاشي براي پايش خشکسالي در سطح گسترده با استفاده از شاخصهاي DI، SPI، EDI و سيستم اطلاعات جغرافيايي است. به اين منظور استان تهران به عنوان منطقه مطالعاتي و سالهاي ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ که يکي از شديدترين دوران خشکسالي در استان بوده است، ارزيابي مي‌شود.

۲- مواد و روشها

۲-۱- منطقه مطالعاتي و داده‌ها

1. Byun and Wilhite

www.SID.ir

Archive of SID

آب و هواي استان تهران تحت تأثير سامانه‌هاي مختلف هواشناسي قرار دارد كه از مهمترين آنها سامانه‌هاي كم فشار مديترانه‌اي و سوداني است. هر قدر تواتر اين سامانه‌ها روي منطقه كمتر باشد، از ميزان بارش ساليانه كاسته شده و در نتيجه منجر به خشكسالي و كم آبي مي‌شود. عدم تأثير اين سامانه‌ها زماني محقق مي‌شود كه پرفشاري روي استان مستقر شود و مانع از انتقال سامانه مزبور شود. در شرايطي كه پر فشار جنب حاره روي كشور حاكم باشد، چنين خشكساليهايي صورت مي‌گيرد مانند آنچه كه طي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹- ۱۳۸۰ رخ داد[۱۵].

براي اين تحقيق ۹۳ ايستگاه متعلق به وزارت نيرو و سازمان هواشناسي در سطح استان شناسايي شد. از اين مجموع ۴۳ ايستگاه يافت شد كه قدمت لازم براي تهيه يك دوره آماري حداقل ۳۰ ساله را دارا بودند(نقشه ۱). آمار اين ايستگاهها پس از تكميل، تصحيح و همسان‌سازي تقويم به يك پايه مشترك زماني ۱۳۴۸-۱۳۴۹ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ ارتقا يافت.

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه ۱ نقشه محدوده تقسيمهاي استانداري تهران و موقعيت ايستگاههاي باران سنجي مورد استفاده شده

بر اساس آخرين تقسيمات كشوري، استان تهران داراي ۱۲ شهرستان شامل اسلامشهر، پاكدشت، تهران، دماوند، رباطكريم، ري، ساوجبلاغ، شهريار، شيمرانات، فيروزكوه، كرج و ورامين و ۴۰ شهر ميباشد. در نقشه ۱ موقعيت استان براساس تقسيمهاي مذكور ارائه شده است كه در ارائه نتايج تحقيق نيز از همين تقسيمبندي استفاده خواهد شد.

۲-۲- شاخصهاي خشكسالي

۲-۲-۱- شاخص دهك (DI)

محاسبه DI به اين صورت است كه وقوع بارندگيهاي طولاني مدت در دهمهايي از توزيع نرمال تقسيم شده است كه هر يك از اين گروهها يك دهك ناميده ميشود. اولين دهك، يعني مقدار بارندگي كه از ده درصد و دومين

www.SID.ir

Archive of SID

دهك از بيست درصد وقوع بارندگي تجاوز نكند. اين دسته‌بندي به همين ترتيب تا دهك دهم ادامه پيدا مي‌كند[۱۶]. در جدول ۱ نحوه طبقه‌بندي دهك‌ها نشان داده شده است[۱۷]. براي استفاده از اين روش لازم است كه داده‌ها داراي توزيع نرمال باشند و از آنجايي‌كه داده‌هاي بارندگي معمولاً از اين توزيع پيروي نمي‌كنند ابتدا لازم است با يكي از روشهاي مناسب، داده‌ها را نرمال كرد. يكي از اين روشها روش Box-Cox بوده كه از فرمول زير براي آن استفاده مي‌شود[۱۸، ص۵۶]:

$$R_n = \frac{R^{\lambda} - 1}{\lambda} \qquad (۱)$$

در اين رابطه R_n داده‌هاي بارندگي نرمال شده، R داده‌هاي بارندگي مشاهده شده و λ پارامتر معادله مي‌باشد. مقدار λ از روش سعي و خطا و جايگزيني اعداد مختلف به طوري حاصل مي‌شود كه چولگي مقادير R_n به سمت صفر ميل كند.

جدول ۱ طبقه‌بندي دهك‌ها (DI)

مقدار درصد وقوع	وضعيت	شماره دهك
كمتر از ۱۰ درصد	خشكسالي خيلي شديد	اول
۱۰ - ۲۰ درصد	خشكسالي شديد	دوم
۲۰ - ۳۰ درصد	خشكسالي	سوم
۳۰ - ۴۰ درصد	تقريباً نرمال	چهارم
۴۰ - ۵۰ درصد	نرمال	پنجم

www.SID.ir

Archive of SID

۵۰ - ۶۰ درصد	نرمال	ششم
۶۰ - ۷۰ درصد	كمي مرطوب	هفتم
۷۰ - ۸۰ درصد	مرطوب	هشتم
۸۰ - ۹۰ درصد	بسيار مرطوب	نهم
بيشتر از ۱۰۰ درصد	فوق‌العاده مرطوب	دهم

۲-۲-۲- شاخص بارندگي استاندارد شده (SPI)

اين شاخص به‌وسيله مكي و همكاران تدوين شد[۱۹، صص۱۷۹-۱۸۴]. بسياري از محققان در زمينه خشكسالي به قابليت انعطاف‌پذيري اين روش اشاره داشته‌اند[۱۳، صص۴۲۹-۴۳۸]. شاخص SPI براي هر منطقه بر اساس ثبت بارندگيهاي طولاني‌مدت آن محاسبه مي‌شود. در ابتدا توزيع آماري مناسب بر آمار بلندمدت بارندگيها برازش داده مي‌شود. سپس تابع تجمعي توزيع با استفاده از احتمالات مساوي به توزيع نرمال تبديل مي‌شود؛ به‌طوري‌كه استاندارد شده و متوسط آن براي هر منطقه و دوره مورد نظر صفر شود[۲۰، صص۱-۳۰]. مقادير مثبت SPI نشان‌دهنده بارندگي بيشتر از بارش متوسط و مقادير منفي آن معناي عكس را دارد. طبق اين روش، دوره خشكسالي هنگامي اتفاق مي‌افتد كه SPI به طور مستمر منفي و به مقدار ۱- يا كمتر برسد و هنگامي پايان پيدا كند كه SPI مثبت شود. بنابراين مدت دوره خشكسالي با شروع و خاتمه ارقام منفي SPI تعيين مي‌شود. مقادير تجمعي SPI نيز بزرگي و شدت دوره خشكسالي را نشان مي‌دهد[۱۷]. طبقه‌بندي اين شاخص در جدول ۲ مشاهده مي‌شود.

جدول ۲ طبقه‌بندي بارندگي استاندارد شده (SPI)

www.SID.ir

Archive of SID

وضعيت	بارندگي استاندارد شده
خيلي خيلي مرطوب	≥۲
خيلي مرطوب	۱/۵ - ۱/۹۹
كمي مرطوب	۱-۱/۴۹
نزديك به نرمال	(-۰/۹۹) - ۰/۹۹
كمي خشك	(-۱) - (-۱/۴۹)
خشك شديد	(-۱/۵) - (-۱/۹۹)
بسيار زياد خشك	≤ -۲

۲-۲-۳- شاخص خشكسالي مؤثر (EDI)

اين شاخص به وسيله بويان از دانشگاه ملي پيوكيانگ[1] در سال ۱۹۹۶ م. تحت عنوان EDI ارائه شد[۱۴، صص۲۷۴۷-۲۷۵۶]. در اين شاخص، خشكسالي به طور روزانه پايش مي‌شود كه اين قابليت در شاخصهاي قبلي وجود نداشت. براي محاسبه EDI مراحل بسيار متعددي وجود دارد كه در ادامه به اختصار تشريح مي‌شود.

اصلي‌ترين مفهوم در اين شاخص، بارش مؤثرEP[2] است. EP جمع مقادير بارش روزانه با يك تابع كاهشي وابسته به زمان مي‌باشد. به عبارت ديگر EP هر روز، تابعي از بارندگي همان روز و يك دوره ماقبل خود بوده كه در آن بارشهاي اخير نسبت به بارشهاي قديمي‌تر وزن بيشتري دارند.

مراحل محاسباتي اين شاخص با انتخاب دوره فرضي كمبود آب آغاز مي‌شود و در ادامه محاسبات، دوره واقعي آن تعيين خواهد شد. اين دوره فرضي مي‌تواند ۳۶۵ (نماينده مقدار كل منابع آب ذخيره شده براي يك دوره طولاني) و يا ۱۵ روز (نماينده مقدار كل منابع آب ذخيره شده براي يك دوره كوتاه مدت) باشد. در اين تحقيق دوره ۳۶۵ روزه (كه دوره بارندگي قالب جهاني و حاكم بر كشور است) انتخاب شد. بعد از انتخاب تداوم فرضي مي‌توان محاسبات را مطابق مراحل زير ادامه داد[۱۴، صص ۲۷۴۷-۲۷۵۶]:

بارش مؤثر روزانه EP كه اصلي‌ترين مفهوم در اين روش است با استفاده از رابطه زير محاسبه مي‌شود :

1. Puk yong National University
2. Effective Precipitation

www.SID.ir

Archive of SID

$$EP_i = \sum_{n=i}^{i}[(\sum_{m=1}^{n} P_m)/n] \qquad (۲)$$

که در آن i تداوم فرضي و P_m بارندگي تا m-۱ روز قبل (مثلا $P_۱$ بارندگي همان روزي که بايد بارش مؤثر محاسبه شود و $P_۲$ بارندگي يک روز قبل) مي‌باشد. به عنوان مثال اگر i برابر ۳ روز باشد، EP مطابق رابطه زير براورد خواهد شد :

$$EP_۳ = (P_۱)/۱ + (P_۱ + P_۲)/۲ + (P_۱ + P_۲ + P_۳)/۳ \qquad (۳)$$

اين رابطه بخوبي تأثير بالاتر بارشهاي اخير را نسبت به بارشهاي قديمي‌تر نشان مي‌دهد و در انتها هر روز در طي دوره آماري مستقلاً يک EP خواهد داشت و براي هر دوره که هدف بررسي خشکسالي باشد، بايد EP هر روز آن را با در نظر گرفتن تداوم مورد نظر به دست آورد. بديهي است که اين محاسبات براي سال اول دوره آماري قابل انجام نخواهد بود و از سال دوم به بعد قابل انجام مي‌باشد (به عنوان مثال چنانچه ۳۰ سال آمار وجود داشته باشد، ۲۹* ۳۶۵ مقدارEP به دست خواهد آمد).

محاسبه ميانگين بارش مؤثر روزانهMEP که در حقيقت ميانگين يا نرمال EP براي هر روز تقويمي بوده، مرحله بعد است که ويژگيهاي اقليمي را در يک مکان و زمان معين نشان مي‌دهد. همچنين براورد انحراف EP از MEP (DEP) براي کل روزهاي دوره آماري و مقدار استاندارد شده آن SEP محاسبات بعدي است:

$$DEP = EP - MEP \qquad (۴)$$

مقدار مثبت DEP، نشان‌دهنده ذخيره آب در همان تاريخ و مکان بوده و مقداربارش مؤثر منفي آن، معناي عکس دارد. به منظور امکان مقايسه نتايج قبل بين مناطق مختلف و بدون توجه به شرايط آب و هوايي، ارقام به دست آمده با استفاده از رابطه ذيل استاندارد مي‌شود:

$$SEP = \frac{DEP}{ST(EP)} \qquad (۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه بالا ST(EP) انحراف معيارEP براي هر روز تقويمي مي‌باشد (نظير MEP كه ميانگين EP هاي يک روز خاص بود). چون مقادير منفي DEP و SEP حاكي از بارندگي زيرحد نرمال مي‌باشد، بنابراين دوره‌هاي خشک را مي‌توان، دوره‌هايي با مقادير منفي متوالي اين پارامترها تلقي كرد. تداوم واقعي از جمع‌كردن تداوم فرضي (۳۶۵ روز در اين تحقيق) و دوره خشک يا تر مشاهده شده به دست مي‌آيد. براي مثال اگر تا تاريخ دوم ارديبهشت ماه به مدت ۳۵ روز مقدار DEP يا SEP منفي باشد (۲۸ اسفند تا ۲ ارديبهشت)، تداوم واقعي براي اين تاريخ، ۳۵ روز (دوره خشک) بعلاوه تداوم فرضي اوليه خواهد بود (روز ۳۹۹ =۱-۳۵+۳۶۵). بنابراين مي‌توان براي هر روز در دوره آماري يک تداوم واقعي را به دست آورد.

محاسبه شاخص بارندگي مورد نياز براي برگشت به شرايط نرمال روزانه(PRN)[1] ، با تكرار مراحل قبل با توجه به دوره تداوم واقعي حاصل از مرحله قبل آغاز مي‌شود. به عنوان مثال چنانچه اول فروردين سال دوم آماري تداوم واقعي ۳۷۷ روز را داشته باشد، لازم خواهد بود تا براي اول فروردين كليه سالها، EP ۳۷۷ روزه و سپس MEP و DEP مربوط محاسبه شود. به همين ترتيب براي اول فروردين در سال بعد با توجه به تداوم واقعي محاسبه شده آن عمليات مجدداً (براي سالهاي قبل و بعد) تكرار مي‌شود. كليه اين مراحل براي تمامي روزها به همين ترتيب انجام خواهد گرفت. پس از محاسبه DEP هر روز با توجه به تداوم واقعي، PRN مربوط مطابق رابطه زير محاسبه مي‌شود كه انديس j در آن اشاره به تداوم واقعي دارد :

$$PRN_j = \frac{DEP_j}{\sum_{N=1}^{j}(1/N)} \qquad (۶)$$

PRN در حقيقت مقدار بارندگي لازم براي برگشت به شرايط نرمال، از حالت كمبود را نشان مي‌دهد. با توجه به اينكه مقدار كمبود بارندگي، نشان‌دهنده شدت خشكسالي مي‌باشد، لذا مي‌توان با PRN شدت خشكسالي را ارزيابي كرد، اما به شرايط آب و هوايي وابسته بوده و لازم است

1. Precipitation Needed for a Return to Normal

www.SID.ir

Archive of SID

تا مانند SEP استاندارد شود. شاخص خشکسالي مؤثر EDI که در واقع شکل استاندارد شده PRN مي‌باشد، مطابق رابطه زير براورد مي‌شود:

$$EDI_j = \frac{PRN_j}{ST(PRN_j)} \qquad (۷)$$

در رابطه فوق ST (PRN) نشان‌دهنده انحراف معيار PRN مي‌باشد (مطابق با منطقي که براي EP ارائه شد). به اين ترتيب اين شاخص قابليت آن را دارد تا براي هر شرايط آب و هوايي، وضعيت خشکسالي را در مناطق مختلف بر اساس طبقه‌بندي خاصي که براي آن تعريف شده است محاسبه و با هم مقايسه کند (جدول ۳).

جدول ۳ طبقه‌بندي شاخص خشکسالي مؤثر (EDI)

وضعيت	مقدار شاخص خشکسالي مؤثر
خيلي خيلي مرطوب	≥۲/۵
خيلي مرطوب	≥۱/۵
کمي مرطوب	≥۰/۷
نرمال	<۰/۷ ≥(-۰/۷)
خشکسالي ملايم	≤ -۰/۷
خشکسالي شديد	≤ -۱/۵
خشکسالي بسيار زياد خشک	≤ -۲/۵

۲-۳- ارزيابي مکاني شاخصهاي هواشناسي

براي چنين تحليلهاي استفاده از GIS بسيار کارامد مي‌باشد. در اين تحقيق از نرم‌افزار IDRISI[1] که قابليتهاي بسيار زيادي در تحليلهاي سلولي[2] دارد، استفاده شده است. روش تيسن[3] ـ با توجه به اينکه شاخصهاي خشکسالي در ماهيت اصلي خود نسبت به مکان استاندارد شده و بخصوص

1. Intelligent Document Retrieval and Information Search
2. raster analysis
3. Thiessen

www.SID.ir

Archive of SID

تأثير ارتفاع حذف مي‌شود- به عنوان يكي از روشهاي ممكن براي تحليل مكاني نتايج استفاده شد. به اين منظور در ابتدا مقدار عددي شاخص در موقعيت ايستگاههاي مربوط به آن در يک لايه برداري قرار داده شد؛ سپس در مرحله بعد نقشه تيسن مربوط آماده گرديد و نقشه محدوده‌هاي استان روي آن قرار داده شد[1] تا ارقام شاخص خشكسالي با توجه به چند ضلعيهاي تيسن، به طور متوسط در هر محدوده از استان مشخص شود.

۳- نتايج و بحث

بر اساس آنچه كه ذكر شد، نقشه‌هاي خشكسالي سالهاي آبي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ با استفاده از سه شاخص تهيه و رسم شدند كه در ادامه با توجه به تعداد بالاي آنها، تنها به چند مورد اشاره و توضيحات لازم ارائه مي‌شود.

۳-۱- پايش خشكسالي با DI

شاخص DI استان را در مهرماه ۱۳۷۷ در وضعيت كاملاً مرطوبي اعلام مي‌كند (نقشه ۲- الف). سپس در ماه آبان شرايط كاملاً تغيير كرده و خشكي تا حد شديدي، بخصوص در جنوب پاكدشت و شرق فيروزكوه اعلام مي‌شود (نقشه۲- ب). اين وضعيت با نوسانهايي تا ارديبهشت سال ۱۳۷۸ ادامه پيدا مي‌كند و در اين فاصله شرايط تر و خشك معمول در استان ديده مي‌شود اما در خرداد ماه بخشهايي از شميرانات و دماوند با خشكسالي شديدي مواجه مي‌شود (نقشه۲- ج) ولي در تير و مرداد به يكباره وضعيت تغيير كرده و شرايط مرطوب مي‌شود (نقشه ۲- د). تا اسفند ۱۳۷۸ شرايط با نوسانهايي مرطوب و خشك اعلام شده است، اما در اسفند ۱۳۷۸ و فروردين ۱۳۷۹ خشكسالي بخصوص در شرق استان توسعه پيدا مي‌كند. اين شاخص از دي ماه سال ۱۳۷۹ خشكسالي شديدي را در سطح استان اعلام مي‌دارد كه تبعات آن تا فروردين ۱۳۸۰ ادامه دارد (نقشه ۲- ه). ولي در تابستان اين سال پس از وضعيت نسبتاً نرمال، شرايط مرطوب مي‌شود.

شاخص DI ضمن اينكه تغييرات شديد بين ماهها را به همراه دارد، اما گاهي در يک ماه نيز تغييرات شديدي بين محدوده‌هاي استان را نيز نشان مي‌دهد، مانند شهريور ماه

1. Overlay

www.SID.ir

Archive of SID

سال ۱۳۷۸ که در استان وضعیت بسیار مرطوب تا بسیار خشک را اعلام مي‌کند (نقشه ۲- و).

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه ۲ نقشه‌هاي خشكسالي ماهانه استان تهران از سال آبي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ براساس شاخص DI (V.m.b.n= خشكسالي بسيار شديد؛ M.b.n= خشكسالي شديد؛ B.n= خشكسالي؛ S.b.n= تقريباً نرمال؛ S.a.n= كمي

www.SID.ir

Archive of SID

مرطوب؛ A.n = مرطوب؛
M.a.b= بسیار مرطوب؛ V.m.a.n= فوق العاده مرطوب.)

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- پايش خشكسالي با SPI

بر اين اساس خشكسالي در آبان ۱۳۷۷ به طور موقتي و در حد خفيف در قسمتهاي مركزي، شمال و شرق استان حاكم شده است؛ سپس تا دي ماه، شرايط نرمال و در مواردي حتي مرطوب مي‌شود. در بهمن ماه ۱۳۷۷ به يكباره شرق و جنوب استان (نقشه ۳- الف) بخصوص مناطقي از شهرستانهاي كرج و ساوجبلاغ با شرايط خشكسالي شديد و بسيار شديد مواجه مي‌شود. اين وضعيت در ماه بعدي بهبود پيدا كرده و تنها در مواردي خشكسالي خفيف مشاهده مي‌شود و حتي به دليل بارندگيهاي تابستان در آن وضعيت مرطوب نيز اعلام شده است(نقشه ۳- ب). مجدداً از ماه اسفند ۱۳۷۸ (نقشه ۳- ج) خشكسالي به طور گسترده‌اي قسمت غرب (بخصوص رباط كريم) و قسمتهايي از شرق را فرا گرفته و تا ارديبهشت ماه ۱۳۷۹ ادامه پيدا مي‌كند (نقشه ۳- د). در ارديبهشت بجز منطقه ساوجبلاغ بقيه استان در وضعيت خشكسالي ملايم تا شديد به سر مي‌برد. براي ماههاي بعدي مجدداً وضعيت به طور عمده به شرايط نرمال برگشته و حتي در ماههايي وضعيت مرطوب مي‌شود. اما در دي‌ماه ۱۳۷۹ خشكسالي گسترده‌اي بر استان غلبه مي‌كند(نقشه ۳- ه) و بخصوص براي

www.SID.ir

Archive of SID

شهرستانهاي فيروزكوه و دماوند وضعيت شديد مي‌شود. اين وضعيت تا ارديبهشت۱۳۸۰ (نقشه ۳- و) ادامه پيدا مي‌كند، با اين تفاوت كه شدت خشكسالي در مناطق مختلف فرق كرده است و سپس تا شهريور ۱۳۸۰ وضعيت نرمال مي‌شود. اعلام وضعيتهاي غير عادي از شرايط مرطوب در بعضي از ماههاي تابستان و اعلام شرايط نرمال در بسياري از ماهها را طي اين دوره، از ويژگي اين شاخص مي‌توان برشمرد.

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه ۳ نقشه‌هاي خشكسالي ماهانه استان تهران از سال آبي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ بر اساس
شاخص SPI؛ (Ex.Dr= خشكسالي بسيار شديد؛ Mo.Dr= خشكسالي متوسط؛
Se.Dr= خشكسالي شديد؛ Mo.We= ذخيره كمي از آب؛
Ve.We= ذخيره بالايي از آب.)

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳- پايش خشکسالي با EDI

با توجه به ماهيت EDI، مقادير اين شاخص در ابتدا به طور روزانه محاسبه و سپس ارقام ماهيانه براورد شد. شاخص EDI، خشکسالي را طي اين دوره، يعني از تاريخ مهرماه ۱۳۷۷ در جنوب شهرستان پاکدشت اعلام کرد (نقشه ۴- الف)؛ سپس توسعه آن را در ماه بعد به سمت جنوب و رباط کريم نشان داد. در اين نقشه نشان مي‌دهد که طي ماههاي دي، بهمن و اسفند، شدت خشکسالي در جنوب پاکدشت افزايش پيدا کرده و از خشکسالي خفيف به شديد ارتقا نموده است.

در طول بهار ۱۳۷۸ خشکسالي شديد به سمت غرب استان پيشروي کرده؛ به طوري‌که در خرداد ماه بجز شرق استان، ساير نواحي آن در خشکسالي به سر برده است(نقشه ۴- ب). اين وضعيت به‌تدريج کاسته شده، ولي از فروردين ۱۳۷۹ مجدداً خشکسالي در استان ظاهر شده(نقشه ۴- ج) و تا شهريور ادامه پيدا کرده است. لازم به ذکر است که اين وضعيت بتدريج افول کرده ولي از اسفند ۱۳۷۹ (نقشه ۴- د) تا شهريور ۱۳۸۰ (نقشه ۴- ه)، خشکسالي در استان حاکم شده است. در اين مدت شهرستانهاي فيروزکوه و پاکدشت، بيشتر تحت تأثير اين پديده بوده‌اند.

برخلاف SPI، اين شاخص طي اين دوره در اکثر ماهها وضعيت خشکسالي را اعلام کرده است. در اين

www.SID.ir

Archive of SID

دوره رفتار غيرمنطقي كه در تابستانها به چشم مي‌خورد، ملاحظه نمي‌شود. به عنوان نمونه وضعيت خشكسالي تيرماه ۱۳۷۸ (نقشه۳- ب) كه با SPI شرايط نرمال تا رطوبت بسيار شديد را اعلام كرده بود، با EDI خشكسالي خفيف تا شديد را نشان مي‌دهد(نقشه ۴- و).

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه ۴ نقشه‌هاي خشکسالي ماهانه استان تهران از سال آبي ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ بر اساس شاخص EDI؛ (Ex.Dr= خشکسالي بسيار شديد؛ Mo.Dr= خشکسالي متوسط؛
Se.Dr= خشکسالي شديد؛ Mo.We= ذخيره کمي از آب؛ Ve.We= ذخيره بالايي از آب.)

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتيجه‌گيري

توانايي سه شاخص DI، SPI، EDI در پايش مكاني خشكسالي و در مقياس ماهيانه در سطح استان تهران براي دوره خشكسالي ۱۳۷۷ - ۱۳۸۰ بررسي و نتايج زير حاصل شد:

۱- تحقيق نشان داد كه SPI (حداقل در مقياس زماني ماهيانه) عكس‌العمل كافي به كمبود ريزشها از خود نشان نمي‌دهد ولي شروع خشكسالي را از ساير شاخصها زودتر اعلام كرده است.

۲- DI نقاط ضعفي را نيز از خود نشان داد كه مهمترين آنها تغييرات شديد وضعيت خشكسالي بين ماهها و ناهماهنگي كاملاً مشهود بين وضعيت خشكسالي در مناطق مختلف استان در يك ماه بود.

۳- در شاخص جديد EDI هيچكدام از ضعفهاي بالا ملاحظه نشد. شاخص هم عكس‌العمل مناسبي نسبت به خشكساليها نشان مي‌دهد و هم پيوستگي زماني و مكاني را حفظ مي‌كند. از مهمترين دلايل كارايي اين شاخص اتكا به آمار روزانه و مفهوم EP است كه بارندگي گذشته را در محاسبات جاي مي‌دهد. البته تهيه آمار مورد نياز (كه علاوه بر روزانه بودن لازم است پيوسته باشد) و مراحل محاسباتي طولاني آن از محدوديتهاي اين شاخص مي‌باشد.

۴- روش به‌كار رفته در تحقيق و استفاده از لايه مرزهاي سياسي استان اين امكان را فراهم ساخت تا شناخت لازم از شدت تأثير شهرهاي استان از خشكسالي با هم مقايسه شود تا اينكه در تخصيص اعتبارات جبراني و ديگر بحثهاي مديريتي كارايي داشته باشد.

۵- استفاده از GIS در دقت، سرعت محاسبات و ارائه نقشه‌هاي لازم بسيار مؤثر بود؛ همچنين اين امكان را فراهم ساخت تا پايش خشكسالي در عرصه‌هاي وسيع استاني و كشوري بخوبي ميسر شود.

۵- تشكر و قدرداني

شايان ذكر است كه اين مطالعات بخشي از طرح تحقيقاتي مورد حمايت دفتر امور پژوهشي و پشتيباني علمي معاونت امور آب وزارت نيرو با كد WRE۱-۷۹۴۸۹ بوده است كه به اين وسيله تشكر مي‌شود. همچنين از همكاري سازمان تماب و سازمان هواشناسي در تأمين آمار مورد نياز اين تحقيق قدرداني مي‌شود.

۶- منابع

www.SID.ir

Archive of SID

[1] Riebsame, W. E., Chandon, S. A., Jr. & Karl, T. R; "Drought and natural resources management in the United State", *Impacts and Implications of the 1987-1989 Drought;* 1990.

[2] Wilhite, D. A.; "Drought planning: A process for state government"; *Water Resources Bulletin*, No. 1, 1991.

[3] Wilhite, D. A.; "An assessment of drought mitigation technologies in the United States"; *Final Report to the Soil Conservation Service/USDA*, IDIC Technical Report, 1997.

[4] NDMC "National drought mitigation center"; *URL*, http://enso.unl.edu /ndmc/watch/watch.htm, 2000.

[۵] مرید، س.؛ «ارزیابي عملکرد دولت آمریکا در مقابله با خشکسالي و نقطه نظرات کنگره»؛ *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملي بررسي راهکارهاي مقابله با بحران آب زابل*، ج۳ ۱۳۸۰.

[۶] ابر قویي، ح.، توکلي، م و طالبي، م.؛ «بررسي تغییرات اقلیمي و درصد فراواني خشکسالي استان یزد»؛ *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملي بررسي راهکارهاي مقابله با کم آبي و خشکسالي کرمان*، ج۲، ۱۳۷۹.

[۷] قطره ساماني، س.؛ «بررسي روند خشکسالي در استان چهارمحال و بختیاري»؛ *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملي بررسي راهکارهاي مقابله با کم آبي و خشکسالي کرمان*، ج ۱، ۱۳۷۹.

[۸] لشني زاده، م. و خرمیان، ن.؛ «پهنه‌بندي خشکسالي‌هاي اقلیمي در استان لرستان با به‌کارگیري شاخصهاي آماري»؛ *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملي بررسي راهکارهاي مقابله با بحران آب زابل*، ج۲، ۱۳۸۰.

[۹] مقدسي، م.؛ «ارزیابي و پایش روزانه خشکسالي استان تهران»؛ *پایان‌نامه کارشناسي‌ارشد دانشکده کشاورزي*، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱.

[10] Nava, K.; Drought monitoring in Zambia using meteosat and NOAAAVHRRData, *URL*, http://www.gisdevelopment.net.aars/2000/ ps3/ps304.shtm, 2000.

[11] Smith, D. I., Hutchinson, M. F. & Mc Arthur, R. J.; "Australian climatic and agricultural drought payments and policy"; *Drought Network News*, No. 3, 1993.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] Palmer, W. C.; "Meteorological drought U. S. weather bureau"; *Research Paper 43,* Washington D.C., 1963.

[13] Hayes, M.J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A. & Vanyarkho, O.V.,;"Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index"; *Bulletin of American Meteorological Society*, No. 80, 1996.

[14] Byun, H. R. & Wilhite, D. A.; "Objective quantification of drought severity and duration"; *Journal of Climate*, No. 12, 1999.

[۱۵] قائمي، ه.؛ مكاتبات شخصي؛ سازمان هواشناسي كشور، ۱۳۸۲.

[16] Gibbs, W.J. & Maher, J. V.; "Rainfall deciles as drought indicators"; *Bureau of Meteorology Bulletin*; No. 48 Commonwealth of Australia, Melbourne, 1967.

[17] Hayes, M. J.; "What is drought? climate impacts specialist"; URL, http:// www.drought.unl.edu. 2000.

[18] Mc Mahon, T. A.; "River and Reservoir Yield"; *Water Resources Publications*, 1986.

[19] Mckee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J.; "The relationship of drought frequency and duration to time scales"; *Preprints 8th conference on applied climatology*, 1993.

[20] Edwards, D.C. & Mc Kee T. B.; "Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales"; *Climatology Report*, No. 2-97, Colorado: Colorado State University, 1997.

www.SID.ir