شاخص های خشکسالی :

بارندگي به عنوان بي ثبات ترين متغير اقليمي در مناطق خشک و نيمه خشک است که تغييرات آن به طور مستقيم در رطوبت خاک، جريان هاي سطحي و زيرزميني انعکاس مييابد. به همين دليل بارش اولين عاملي است که مي تواند در بررسي خشکسالي به ويژه خشکسالي هواشناسي مورد توجه قرار گيرد(نوحي و عسگري، ۱۳۸۴)

قطره ساماني و همكاران (1387) برخي از  شاخصهاي هواشناسي را مرور كرددند.

**1-شاخص شدت خشکسالي پالمر  (PDSI: Palmer Drought Severty Index**) :

اين شاخص در سال 1965 توسط Palmer ابداع شد و مفهوم اساسي آن بر اساس دما و بارش و همچنين رطوبت خاك استوار مي باشد. اين شاخص در مقياس زماني ماهيانه به كار مي رود و فاكتور هاي اساسي مورد نياز جهت محا سبه اين شاخص شامل دما، بارش، رطوبت خاك و تبخير و تعرق طي محا سبه فرمول ها فراوان و نسبتاً پيچيده مي باشد.

**2- شاخص ذخيره آب سطحي ( SWSI: Surface Water Supply Index )** :

اين شاخص در سال 1982 توسط Shafer و Dezman ارائه شد.و مفهوم اصلي آن همان مفهوم شاخص پالمر است با اين تفاوت كه در اين شاخص ذخيره آب موجود در برف مورد توجه و تاًكيد قرار گرفته شده است. اين شاخص نيز براي مقياس زماني ماهيانه به كار مي رود و فاكتورهاي اساسي هواشناسي و اقليمي مورد استفاده آن بارش و پوشش برف مي باشد.

**3- شاخص درصدي از نرمال ( PN: Percent of Normal )**:

اين شاخص در سال 1994 توسط Willeke و همكارانش ارائه شد و مفهوم اساسي آن تقسيم  بارش واقعي بر بارش نرمال مي باشد و تنها فاكتور مورد نياز جهت محاسبه آن بارش مي باشد و همچنين در مقياس زماني ماهيانه به كار برده مي شود.

**4-شاخص دهك ها(Deciles):**

اين شاخص در سال 1967 توسط Gibbs و Maher ارائه شد .اين شاخص اساساً از تقسيم توزيع احتمال وقوع آمار ثبت شده درازمدت بارش بر بخشي از هريك از ده درصد توزيع به دست مي آيد .تنها فاكتور مؤثر در محاسبه اين شاخص بارش مي باشد و مقياس زماني مورد استفاده دراين شاخص نيز مقياس ماهيانه مي باشد.

**5- شاخص بارش استاندارد ( SPI: Standardized Percipitation Index)** :

اين شاخص در سال 1995 توسط Mckee و همكارانش ارائه شد .اين شاخص بر اساس تفاوت بارش از ميانگين براييك مقياس زماني مشخص و سپس تقسيم آن بر انحراف معيار به دست مي آيد وتنها فاكتور مؤثر در محاسبه اين شاخص عنصر بارندگي مي باشد .اين شاخص را مي توان در مقياس هاي زماني 3-6-12-24 و48 ماهه محاسبه كرد.

ويژگي ديگر شاخص  SPI اين است كه براساس آن روش مي توان آستانه ي خشكسالي را براي هر  دورهي زماني تعيين كرد.  بنابراين بر اساس اين شاخص علاوه بر محاسبه ي شدت خشكسالي، مدت آن را نيز مي توانيم تعيين نماييم.  شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش براي هر بازه ي زماني مي باشد. و به منظور هشدار اوليه و پايش شدت خشكسالي اهميت زيادي دارد. اين شاخص براي كمي نمودن كمبود بارش در بازه هاي زماني چندگانه طراحي شده است(بذرافشان،1381).

**6- شاخص رطوبت محصول(CMI: Crop Moisture Index )** :

اين شاخص در سال 1968 توسط Palmer ابداع شد. مفهوم اين شاخص براساس ميانگين دما و مجموع بارش هر هفته دريك تقسيم اقليمي نسبت به مقادير CMI هفته قبل استوار است و با توجه به زمان و مكان داراي ضرائب وزني مي باشد. فاكتورهاي اساسي مورد استفاده در اين شاخص دما و بارش مي باشد و در مقياس زماني هفتگي به كار مي رود.

**7- شاخص خشکسالي رطوبت خاک  (SMDI: Soil Moisture Drouyht Index**) :

اين شاخص در سال 1994 توسط Hollinger و همكارانش ارائه شد. اين شاخص بر مبناي مجموع رطوبت خاك بطور روزانه براييك سال استوار است و تنها فاكتور اقليمي مورد استفاده در اين شاخص رطوبت خاك مي باشد. اين شاخص در مقياس هاي سالانه به كار مي رود.

**8- شاخص خشكسالي محصول-ويژه(CSDI: Crop Specific Drought Index )** :

اين شاخص در سال 1993 توسط Meyer وهمكارانش ارائه شد سپس در سال 1995 مجدداً توسط Meyer  و Hubbard اصلاح شد.اين شاخص پس از شاخص رطوبت محصول (CMI) ارائه شد. مفهوم اساسي اين شاخص، مجموع ارقام محاسبه شده تبخير وتعرق وتقسيم آن برتبخير وتعرقي كه ممكن است در طول دوره رشديك محصول ويژه اتفاق افتاده باشد. مهم ترين فاكتور اقليمي كه در اين شاخص بكار مي رود تبخير وتعرق مي باشد و در مقياس زماني فصلي از اين شاخص استفاده مي شود.

**9- شاخص بارش سراسريياکلي (RI: National Rain Fall Index )** :

اين شاخص در سال 1994 توسط Gommes و Petrassi عرضه شد .اين شاخص بر اساس الگوها ونابهنجاري هاي بارش دريك مقياس قاره اي استوار مي باشد و تنها فاكتور مؤثر در آن بارش مي باشد و در دو مقياس زماني سال و قرن بكار برده مي شود.

**10- شاخص نابهنجاري يا بي نظمي بارش (RAI: Rain Fall AnomalyIndex)** :

اين شاخص در سال 1965 توسط Rooy عرضه شد .اين شاخص براساس محاسبه بارش مقايسه شده با ارقام تصادفي از3- تا 3+ بدست مي آيد بطوري كه به بي نظمي هاي بارش 10 كرانه اختصاص داده شده است .تنها عامل مؤثر در محاسبه اين شاخص، بارش مي باشد. در ضمن اين شاخص در دو مقياس زماني ماهانه و سالانه بكار برده مي شود.

**11- شاخص خشکسالي احيائي (RDI: Reclamination Drought Index)** :

اين شاخص در سال 1996 توسط Weghorst ارائه شد. اين شاخص شبيه به شاخص ذخيره آب سطحي مي باشد و براساس فاكتورهاي اقليمي وهواشناسي، سطح آب رودخانه، بارش برف، جريانات سطحي، ذخائر آب و همچنين دما محاسبه مي شود و در مقياس زماني ماهانه بكار مي رود.

**12- شاخص بارش مؤثر (ERI: Effective Rain Fall Index)** :

اين شاخص در سال 1999 توسط Wilhit وByun  بعنوان جديدترين شاخص خشكسالي در سال هاي اخير ارائه گرديد و اين شاخص براساس تحليل هاي كمي از بارش مؤثر روزانه استوار است بنابراين تنها عامل مؤثر در آن بارش بوده و مقياس زماني آن روزانه مي باشد.

ميانگين SPI در مقياس زماني دريك موقعيت صفر خواهد بود و انحراف معيار آن برابريك مي باشد، اين يك مزيت است زيرا SPI نرمال شده است. بنابراين اقليم هاي خشك تر و مرطوب تر مي توانند به همان روش نشان داده شوند. علاوه بر دوره هاي خشكسالي، دوره هاي ترسالي هم به وسيله نمايه SPI بررسي مي شود.يك حادثه خشكسالي هر زماني كه SPI به طور مداوم منفي باشد و شدت آن به ارقام 1-يا كمتر برسد، اتفاق مي افتد. اين حادثه، زماني كه SPI به مقادير مثبت برگردد تمام مي شود. بنابراين حادثه خشكسالي داراييك دوره زماني مي باشد كه به وسيله شروع و خاتمه آن تعريف مي شود و شدت آن براي هر ماه تا زماني كه حادثه تداوم دارد محاسبه مي شود (نوريان و همكاران، 1381).

چون بارش داراي چولگي است بهترين روش برازش داده هاي بارندگي ايستگاه ها با توزيع هاي مختلف و انتخاب مناسب ترين توزيع است(حجازي زاده وهمكاران، 1382).

ليست برخي از شاخصهاي خشكسالي(پورمحمدي و همكاران 1387)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام شاخص** | **علامت اختصاري** | **ارائه دهنده** | **سال ارائه** | **مقياس زماني** | **فاكتورهاي مؤثر در تعيين شاخص** |
| شاخص شدت خشكسالي پالمر | PDSI | Palmer | 1965 | ماهيانه | دما-بارش-رواناب-تبخيروتعرق-رطوبت خاك |
| شاخص ذخيره آب سطحي | SWSI | Shafer  Decman | 1982 | ماهيانه | بارش وپوشش برف |
| شاخص درصدي از نرمال | PN | Willeke | 1994 | ماهيانه | بارش |
| شاخص دهكها | Deciles | Gibbs  Maher | 1967 | ماهيانه | بارش |
| شاخص بارش استاندارد | SPI | Mckee | 1995 | 3-6-12-24-48 ماهه | بارش |
| شاخص رطوبت محصول | CMI | Palmer | 1968 | هفتگي | بارش ودما |
| شاخص خشكسالي رطوبت خاك | SMDI | Hollinger | 1994 | سالانه | رطوبت خاك |
| شاخص خشكسالي محصول ويژه | CSDI | Meyer | 1993 | فصلي | تبخير |
| شاخص بارش كلييا سراسري | RI | Gommes  Petrassi | 1994 | قرن وسال | بارش |
| شاخص نابهنجاري وبي نظمي بارش | RAI | Rooy | 1965 | ماهانه وسالانه | بارش |
| شاخص خشكسالي احيائي | RDI | Weghorst | 1996 | ماهيانه | سطح آب رودخانه-بارش برف-جريانات سطحي-ذخائر آب ودما |
| شاخص بارش مؤثر | ERI | Wilhite  Byum | 1999 | سالانه وروزانه | بارش روزانه |
| شاخص خشکسالي اجمالي | RDI | Mckee | 2004 | سالانه | تبخير و تعرق و بارندگي |

در ايران و جهان تجربيات مختلفي در مورد شاخصهاي خشكسالي وجود دارد:

مک کي و همکارانش؛ (Mckee 1993) شاخص بارش استاندارد شده (SPI) را به منظور تعريف و پايش خشکسالي و تعيين کمبود بارش براي مقياس هاي زماني 3، 6، 12، 24 و 48 ماهه توسعه دادند. مرکز ملي تعديل خشکسالي ايالت متحده به منظور پايش خشکسالي و شرايط ذخيره رطوبت خاک از شاخص SPI استفاده مي نمايد. داله زيوس و همکاران؛ (2000) براساس تحليل منحني هاي شدت، تداوم و فراواني خشکسالي؛ نقشه هاي هم شدت خشکسالي را براييونان ترسيم کردند و نتيجه گرفتند که نواحي شمالييونان نسبت به نواحي جنوبي آن از خشکسالي شديدترين برخوردار است.

هايس و همكاران (Hayes ، 1999) گمان دارند كه استفاده کنندگان از شاخص SPI در دنيا رو به افزايش است. در ترکيه و در اکثر کشورهاي قاره آفريقا از اين شاخص در پايش خشکسالي استفاده شده است، همچنين گروه هاي ديگري مانند مرکز آب وهوايي کلرادو(آمريکا)مرکز اقليم منطقه ي غرب (CCRW)و مرکز ملي کاهش خشکسالي در ايالات متحده از اين شاخص استفاده مي نمايند.  در ايران نيز نتايج حيدري ويزداني نشان مي دهد شاخص بارندگي استاندارد(SPI) درمقياس فصلي عملکرد بهتري نسبت به ديگر شاخص ها دارد، برتري شاخص SPI در تحقيقات لشني زند و تلوري (1384) و مقدسي و همکاران (1384) و اختري و همکاران (1385) مطابقت دارد. تام؛ (1966) پي برد که توزيع آماري گاما برازش خوبي با سري زماني اقليمي بارندگي دارد.

مرکز ملي تعديل خشکسالي ايالت متحده به منظور پايش خشکسالي و شرايط ذخيره رطوبت خاک از شاخص بارش استاندارد شده استفاده مي نمايد (3NDMSَ، ۱۹۹۵). هنريکوس و سانتوز (۱۹۹۸Henriques, و. Santos) به منظور تحليل خشکسالي هاي پرتغال، ازيک مدل توزيع منطقه اي خشکسالي استفاده کردند و نقشه هاي پهنه بندي خشکسالي و منحني هاي شدت، مساحت- فراواني خشکسالي را ترسيم کردند. بنجامين و ساندرز (.Benjamin و Saunders ۲۰۰۲) رابطه فراواني و تداوم خشکسالي هاي اروپا را در مقياس هاي زماني مختلف مطالعه کرد و نتيجه گرفت که در مقياس زماني کوتاه مدت فراواني خشکسالي و در مقياس زماني درازمدت تداوم خشکسالي ها بيشتر است. داله زيوس و همکاران؛ (۲۰۰۰Dalezios) براساس تحليل منحني هاي شدت، تداوم و فراواني خشکسالي؛ نقشه هاي هم شدت خشکسالي را براييونان ترسيم کردند و نتيجه گرفتند که نواحي شمالي يونان نسبت به نواحي جنوبي آن از خشکسالي شديدتري برخوردار است. هانگ بيان داشتيک شاخص خشکسالي زماني مفيد است که بتواند ارزيابي کمي، ساده و روشني از خصوصيات اصلي خشکسالييعني تداوم، شدت، فراواني و سطح درگير با خشکسالي ارائه دهد (هانگ و هيز، ۲۰۰۱ Hong  و Hayes).

Hong Wu و همكاران (2001)، سه شاخص خشكسالي  بارندگي استاندارد شده،  Z چيني و ZSI را در چهار ناحيه در كشور چين كه شرايط خشك تا مرطوب را داشتند با استفاده از ۴۸سال آمار بارندگي (1998 تا 1951) و دوره هاي 1، 3، 6، 9 و12 ماهه ارزيابي كردند. در اين تحقيق شاخص SPI مبنا قرار داده شد و ساير شاخص ها و عكس العمل آنها در سال هاي خشك و تر نسبت به اين شاخص ارزيابي گرديد. براي اين بررسي از همبستگي خطي بين مقادير اين شاخص ها با SPI استفاده شد. اين همبستگي بين مقاديرSPI وCZI بيانگر اين است كه SPI وCZI معمولاً رابطه خوبي در مقياس هاي زماني مختلف، بجز در مقياس زماني ۳ ماهه و در شرايط بسيار خشك از خود نشان مي دهد.  در مجموع نتايج تحقيق فوق نشان داد كه،‌‌ اين شاخص ها توانايي خوبي براي پايش خشكسالي در مقياس هاي زماني مختلف دارد. برتري ZSI و  CZIنسبت به SPI از اين بابت است كه اين دو شاخص، بر خلاف  SPI نواقص آماري را در بين سري داده ها قبول مي كند و محاسبات ساده تري دارد. از طرف ديگر CZI نسبت به كمبود بارندگي و شرايط خشكسالي از دو شاخص ديگر عكس العمل بيشتري را نشان مي دهد و مقادير منفي بزرگتري را نسبت به بقيه ارائه مي نمايد. در صورتي كه ZSI براي خشكسالي هاي شديد قابليت زيادي را از خود نشان نداد.

قطره ساماني در سال 1379 روند خشكسالي ها و ترسالي هاي استان چهارمحال و بختياري را با استفاده از دهكها بررسي و دوره و روند خاصي نتوانست در ميان آنها پيدا كند و با توجه به دهك اول، دوم و سوم نشان داد كه از شرق به غرب و همچنين از شمال به جنوب تعداد دوره هاي خشك كاهش يافته است.

حسني ها و صالحي در سال 1379 وضعيت دوره هاي خشك و روند آن را در استان زنجان بر اساس چهار نمايه آماري درصد بارش ميانگين، انحراف از ميانگين، كلاسه بندي بارش و توزيع استاندارد مشخص و توصيف كرده اند.

خليلي و بذرافشان در سال 1382 به مطالعه برخي نمايه هاي خشكسالي و هواشناسي در چند نمونه اقليمي پرداختند و به اين نتيجه رسيدند كه نمايه هاي دهكهاي بارندگي و نمايه معيار بارندگي سالانه بهترين كاربرد را براي ارزيابي خشكسالي هاي هواشناسي ايران دارند.

از معايب شاخص استاندارد شده بارش عدم محاسبه در ماهاي فاقد بارش است. كه در برخي از ماه هاي موجود در ايستگاه ها داراي بارش نباشند شاخص بارش استاندارد شده قادر به تجزيه و تحليل داده ها و تعيين وضعيت ترسالي و خشكسالي در كل دوره در همان ماه را ندارد. اين مشكل توسط بذرافشان (1381) و محسني ساروي و همكاران (1383) نيز ذكر شده است.

شاخص احيائي خشكي يا RDI  شدت و مدت خشکسالي را نشان مي دهد و جهت پيش بيني خشکسالي استفاده مي شود. در اين شاخص ميزان آب حوضه آبخيز همراه با درجه حرارت، بارندگي، يخ، جريان آب و ميزان ذخيره آب  مورد استفاده قرار مي گيرد.اين شاخص دما و تبخير را نيز در نظر دارد و براي هر حوضه به طور جداگانه مورد استفاده واقع مي شود( حيدري شريف آباد،1383)

حميديان پور و خالدي (1384) به منظور بررسي ويژگي هاي خشکسالي و تحليل دوره هاي آن و همچنين ارتباط بين خشکسالي هاي اقليمي و هيدرولوژيک در منطقه دشت مشهد از داده هاي بارش سال هاي 53 تا 83 و آبدهي رودخانه هاي منطقه و داده هاي سطح ايستابي آبهاي زيرزميني منطقه در همين دوره استفاده نموده است.

براي مطالعه پديده خشكسالي وجود داده هاي مناسب و طولاني مدت پارامترهاي اقليمي و هيدرولوژيكي بسيار ضروري است. بدون وجود اين داده ها امكان مطالعه در اين زمينه ميسر نمي گردد. بارندگي اصلي ترين عاملي است كه ايجاد، گسترش و دوام خشكسالي ها را كنترل مي كند، اما تبخير و تعرق مهمترين پارامتر اقليمي است كه مي تواند رفتارهاي خشكسالي را در هر منطقه اي بيان نمايد. اما مشكلاتي كه بر سر را محاسبه تبخير و تعرق در طي تاريخ وجود داشته است موجب شده است كه بارندگي به عنوان مناسبترين و قابل دسترس ترين پارامتر اقليمي براي ساخت و محاسبه شاخص هاي خشكسالي شناخته شود. در واقع شاخص هائي كه تنها بر پايه داده هاي بارندگي استوار مي باشند در مقايسه با شاخص هاي پيچيده تر هيدرولوژيكي نتيجه بهتري مي دهند(Oladipio, 1985). از ميان شاخص هائي كه بر اساس استفاده از پارامتر بارندگي استوار مي باشند، شاخص بارندگي استاندارد (Standardized Precipitation Index, SPI)، و شاخص دهكها (Deciles) از اعتبار و دقت بسيار مناسبي بر خوردار هستند و مورد پذيرش جوامع علمي و كاربران قرار گرفته اند. در اين مطالعه نيز از شاخص SPI به جهت اعتبار خاصي كه در نزد متخصصين پيدا كرده است براي بررسي پديده خشكسالي در اين تحقيق بهره گرفته شده است.