شاخص استاندارد شده بارش (Standardized Precipitation Index or SPI)

یکی از مرسوم‌ترین شاخص‌ها در تعیین اندازه خشکسالی، شاخص استاندارد شده بارش یا SPI است . در میان شاخص‌های هواشناسی، این شاخص از کاربرد گسترده‌تری برخوردار است و به فراوانی در مقیاس‌های محلی، منطقه ای، قاره‌ای و جهانی . مورد استفاده قرار گرفته است . SPI یک شاخص بسیار قوی و در عین حال ساده از لحاظ محاسبات است . برای محاسبه این شاخص تنها احتیاج به داده‌های بارش می‌باشد. همچنین این شاخص در تشخیص دوره‌های تر و خشک بسیار مؤثر عمل می‌کند. به طور معمول برای محاسبه SPI نیاز به ۲۰ تا ۳۰ سال داده ماهانه بارش است. البته در صورت وجود داده، افزایش طول دوره آماری به ۵۰ تا ۶۰ سال شرایط مطلوب‌تری را فراهم می‌آورد.. یکی دیگر از مزیت اصلی بسیار مهم و اصلی SPI، قابلیت محاسبه آن در مقیاس‌های زمانی مختلف است که بر این اساس می‌توان خشکسالی‌های کوتاه‌مدت و همچنین بلندمدت را مورد بررسی قرار داد.

سری‌های زمانی در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ ماهه SPI بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. در این شاخص هریک از سری‌های زمانی با توزیع‌های مختلف برازش داده می‌شود و در نهایت بهترین روش توزیع گاما و پیرسون تیپ سه شناخته شد. توزیع آماری گاما برازش خوبی با سری زمانی اقلیمی بارندگی دارد. تابع توزیع گاما به صورت تابع چگالی احتمال یا فراوانی به صورت زیر تعریف شده است(Mckee, ۱۹۹۳).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \qquad for: x > 0$$

در اینجا $\alpha > 0$ پارامتر شکل، $\beta > 0$ پارامتر مقیاس، $x > 0$ مقدار بارندگی و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما است که به شکل رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

محاسبه شاخص بارش استاندارد شده در رابطه با برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی

برای یک ایستگاه معین می باشد. پارامترهای α و β برای هر ایستگاه و برای هر مقیاس زمانی و هر ماه از سال برآورد می شوند. با استفاده از روش حداکثر درست نمایی می توان مقادیر بهینه α و β را براساس معادلات زیر برآورد کرد(Edwards and Mckee, ۱۹۹۷).

$$\alpha = \frac{1}{4A}(1+\sqrt{1+\frac{4A}{3}})$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

که

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln(x_i)$$

n: تعدادمشاهدات بارندگی، x: میانگین بارندگی تجمعی برای یکماه مشخص در طی دوره آماری.

نتایج پارامترهای محاسبه شده در مرحله بعد برای پیدا کردن، احتمال تجمعی بارندگی برای ماه و مقیاس زمانی مشخص و برای هریک از ایستگاه ها استفاده می شود. احتمال تجمعی، با فرض t=x/β به تابع گامای ناقص تبدیل می شود.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\int_0^x x^{\alpha-1}e^{-x/\beta}dx$$

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^x t^{\alpha-1}e^{-t}dt$$

زمانی که تابع گاما برای x= ۰ تعریف نشده باشد و توزیع بارندگی دارای مقادیر صفر باشد؛ در این حالت احتمال تجمعی به صورت زیر محاسبه می شود.

$$H(x) = q + (1-q)G(X)$$

و در اینجا q احتمال بارندگی صفر است و H(x) مقادیر انتقال داده شده به نمره z با استفاده از تقریب آبراموتیز و استوگان است (Abramowitz and Stegun, ۱۹۶۵). این تقریب احتمالات تجمعی را به متغییر تصادفی نرمال استاندارد SPI تبدیل می نماید.

$$Z = spi = -(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2{}_1 + d_3 t^3}) \quad for \ 0\langle H(X)\langle 0.5$$

و

$$Z = SPI = (t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2{}_1 + d_3 t^3}) \quad for \ 0.5\langle H(x)\langle 1.0$$

در اینجا

$$t = \sqrt{\ln(\frac{1}{H(X)^2})} \quad for \ 0\langle H(X)\langle 0.5$$

و

$$t = \sqrt{\ln(\frac{1}{(1-H(X))^2})} \quad for \ 0.5\langle H(X)\langle 1.0$$

که ضرایب مربوط به قرار زیر خواهد بود (Mishra and Desai, ۲۰۰۵).

c. = ۲,۵۱۵۵۱۷ , c۱ =۰,۸۰۲۸۵۳, c۲ =۰,۰۱۰۳۲۸,

d۱=۱,٤۳۲۷۸۸, d۲ = ۰,۱۸۹۲٦۹, d۳ = ۰,۰۰۱۳۰۸.

بدین ترتیب SPI نمره Z را نشان می دهد و آن نرمالیزه شده است و مقدار انحرافات بالاتر و یا پایین تر از میانگین را نشان می دهد. جدول ۱، نشان دهنده طبقات خشکسالی بر اساس شاخص SPI می باشد.

جدول ۱: طبقه بندی شاخص SPI و تعریف کلاس های خشکسالی متناظر با آن

مقدار شاخص SPI	طبقه بندی
۲ و بیشتر ازآن	به شدت مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱/۰۰ تا ۱/٤۹	نسبتاً مرطوب
۰ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰/۹۹- تا ۰	خشکسالی ملایم
۱/۰۰- تا ۱/٤۹-	نسبتاً خشک
۱/۵۰- تا ۱/۹۹-	خیلی خشک
۲/۰۰- و کمتر از آن	به شدت خشک