ارزيابي شاخص‌هاي معيار بارش سالانه، بارش استاندارد شده و شدت خشکسالي پالمر در مراتع استان قم

مريم آذرخشي*[۱]، بهنوش فرخ‌زاده[۲]، محمد مهدوي[۳]، حسين ارزاني[۳] و حسن احمدي[٤]
[۱] استاديار مجتمع آموزش عالي تربت حيدريه، دانشکده کشاورزي و منابع طبيعي، ايران
[۲] دانشجوي دکتري آبخيزداري دانشگاه تهران دانشکده منابع طبيعي، ايران
[۳] استاد دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبيعي، ايران
۴ استاد دانشگاه آزاد اسلامي، واحد علوم و تحقيقات تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۸/۶/۱۴، تاريخ تصويب: ۸۹/۳/۱)

چکيده

ايران کشوري واقع در کمربند خشک کره زمين است و همواره با مشکل خشکسالي در بخش هاي مختلف مواجه بوده است . خشکسالي هر ساله خسارت هاي زيادي را به پوشش گياهي طبيعي، کشاورزي و جامعه وارد ميکند. يکي از راه‌هاي پايش خشکسالي استفاده از شاخص‌هاي خشکسالي مي‌باشد. در اين پژوهش براي ارزيابي اثر خشکسالي روي توليد علوفه گياهان مرتعي از شاخص‌هاي معيار بارش سالانه (SIAP)، بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص شدت خشکسالي پالمر (PDSI) استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه مشتمل بر هشت سايت مرتعي در مراتع استان قم مي‌باشد. در اين سايت‌ها فاکتورهاي مربوط به پوشش گياهي و خاک در زمان آمادگي مرتع در طي سال‌هاي ۷۷-۱۳۷۶ تا ۸۵-۱۳۸۴ هر سال‌هاندازه‌گيري شده است. با استفاده از روابط رگرسيون بين شاخص‌هاي خشکسالي و توليد کل گياهان مرتعي و همچنين توليد فرم‌هاي رويشي مختلف در هفت پايه زماني: سالانه، اول اسفند تا آخر تير ماه (فصل رشد)، اول بهمن تا آخر تير ماه (فصل رشد و ماه قبل)، اسفند تا خرداد، اسفند تا ارديبهشت، اسفند و فرودين، اسفند (شروع فصل رشد؛ مناسبترين شاخص خشکسالي بر اساس بيشترين ضريب همبستگي و کمترين مقدار خطاي استاندارد انتخاب گرديد. نتايج نشان داد که مناسبترين شاخص خشکسالي در مراتع استان قم به ترتيب اولويت عبارتند از SPI-3، PDSI،SPI-24 و SPI-6. بهترين پايه زماني نيز فصل رشد و بويژه ابتداي فصل رشد مي‌باشد.

واژه‌هاي کليدي: خشکسالي، شاخص معيار بارندگي سالانه، شاخص بارش استاندارد شده، شاخص شدت خشکسالي پالمر، توليد علوفه، رگرسيون، قم

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۵۳۱-۲۲۹۰۲۵۵ فاکس: ۰۵۳۱-۲۲۹۱۷۴۹ E-mail: azar39m@yahoo.com

مقدمه

ايران بعنوان يكي از كشورهاي واقع در كمربند خشك كره زمين با مشكل كم آبي مواجه مي‌باشد. همانطور كه آب اساسي ترين نياز بشر است، خشكسالي و كمبود آب مي‌تواند موجب بروز بحران‌هاي جدي در زندگي انسانها شود. خشكسالي ناشي از كمبود بارش است و به طور كلي از ٤ ديدگاه هواشناسي، هيدرولوژيكي، كشاورزي و اجتماعي و اقتصادي مورد بررسي قرار مي‌گيرد. مراتع معمولا داراي سيستم‌هاي پيچيده اكولوژيكي هستند و تحت تاثير تغييرات مقدار بارندگي مي‌باشند. از آنجا كه خشكسالي يک پديده خزنده است اگر بتوان زمان وقوع آنرا زودتر از ظاهر شدن اثرات آن مشخص كرد مي‌توان گام مهمي در مديريت مرتع از جمله تغيير سيستم‌هاي چرايي و تعيين ظرفيت مرتع برداشت.

خشكسالي در شاخه‌هاي مختلف علوم از قبيل هواشناسي، منابع طبيعي، جغرافيا، كشاورزي و اقتصاد وارد شده است. با توجه به سهولت كار و در دسترس بودن داده‌هاي هواشناسي در بيشتر مطالعات از داده‌ها و شاخص‌هاي هواشناسي براي بررسي خشكسالي استفاده مي‌شود و كمتر به اثرات اكولوژيكي آن پرداخته شده است. در اين پژوهش هدف، مقايسه شاخصهاي خشكسالي اقليمي با وضعيت توليد مرتع و اينكه وقتي شاخصي خشكسالي را نشان مي‌دهد آيا وضعيت توليد مرتعي نيز آنرا تاييد مي‌كند يا نه مي‌باشد.

انسان همواره با خشكسالي مواجه بوده و براي مقابله با آن به مطالعه و بررسي پرداخته است. Manich (2004) خشكسالي را به عنوان يكي از مهمترين مخاطرات مي‌داند كه هر ساله خسارت‌هاي زيادي به پوشش طبيعي، كشاورزي و جامعه وارد مي‌كند. Sivakumar (2002) اظهار داشت كه خشكسالي سه سال‌هاي كه از آگوست ٢٠٠١، بيشتر مناطق غربي و مركزي آسيا و خاورميانه را در بر گرفته بود در بيشتر اين كشورها توليد محصولات كشاورزي را به شدت كاهش داد. كشورهاي افغانستان، هند، ايران، پاكستان و تاجيكستان بيشترين تاثير را از اين خشكسالي گرفتند.

يكي از راه‌هاي پايش خشكسالي استفاده از شاخص‌هاي خشكسالي مي‌باشد. شاخص‌ها به منظور استفاده بيشتر از داده‌هاي خام جهت قابل فهم بودن آنها و همچنين ايجاد قدرت تصميم گيري براي طراحان و برنامه ريزان معمولاً تنها به صورت يک عدد بيان مي‌شوند. شاخص‌هاي خشكسالي زيادي ارائه شده‌اند كه از آنها براي ارزيابي اثرات خشكسالي روي پوشش گياهي استفاده مي‌شود.

Rahimzadeh و همكاران (2008) در پايش خشكسالي در شمال غرب ايران بيشترين ضريب همبستگي پيرسون را بين مقادير شاخص‌هاي NDVI و VCIو مقدار بارش دوره‌هاي سه ماهه بارش (بارش ماه جاري و دو ماه قبل) به دست آوردند.

Bhuiyan و همكاران (2006) در ارزيابي اثر خشكسالي روي پوشش گياهي در هند با استفاده از شاخص SPI[1] بر اساس داده‌هاي زميني و سنجش از دور به‌اين نتيجه رسيدند كه مقادير منفي SPI هميشه نشان دهنده خشكسالي نيست.Leilah و همكاران (2005) در آناليز آماري توليد گندم تحت شرايط خشكسالي نشان دادند كه كاهش توليد (تعداد خوشه در هر متر مربع، وزن دانه‌هاي هر خوشه و عملكرد بيولوژيكي) مهمترين متغيرهاي عملكرد در شرايط خشكسالي مي باشند. Rafie (2005) در بررسي خشكسالي منطقه گرمسار به‌اين نتيجه رسيد كه در سال زراعي ١٩٩٩ مقدار بارندگي ٨١ درصد و درسال ٢٠٠٠، ٦٢ درصد و در سال ٢٠٠١، ٧٢ درصد ميانگين بارش بوده است. كه‌اين خشكسالي‌ها اثرات زيادي بر دبي رودخانه حبله رود و كشاورزي منطقه داشته است.

Smart و همكاران (2005) نشان دادند كه در محيط‌هاي نيمه خشک بارش مهمترين فاكتور تعيين كننده توليد علوفه است. بطوري‌كه در دشتهاي شمالي آمريكا وقوع خشكسالي مي‌تواند مقدار توليد را بيش از ٥٠% متوسط سالانه كاهش دهد و موجب تخريب جوامع گياهي شود. Stampfli و همكاران (2004) در بررسي اثر

[1] Standardized Precipitation Index-Palmer Drought Severity Index

خشکسالي‌هاي شديد روي جوانه زني گياهان در علفي لندهاي سويس به‌اين نتيجه رسيدند که با افزايش احتمال وقوع خشکسالي‌هاي شديد، توالي و تهاجم گونه‌ها با تغييرات بارش قابل شبيه سازي است. Quiring و همکاران (2003) در ارزيابي شاخص‌هاي خشکسالي کشاورزي در چمنزارهاي کانادا به‌اين نتيجه رسيدند که‌اندیس Z پالمردر اولين رده نکويي برازش با داده‌هاي توليد علوفه و شاخص SPI در رده دوم قرار مي گيرد. وزارت کشاورزي بنگلادش (۲۰۰۰) در ارائه يك روش ملي براي ارزيابي و مديريت خشکسالي توزيع بارش و ويژگي ها خاک را عوامل اصلي موثر در خشکسالي مي‌داند. Pisani و همکاران (1998) براي تعيين اثرات خشکسالي در مراتع آفريقاي جنوبي از شاخص پالمر استفاده کردند و نتايج آنها نشان دهنده نامناسب بودن کاربرد اين شاخص براي مراتع آفريقاي جنوبي بود. White و همکاران (1998) در طرحي براي تخمين گسترش و شدت خشکسالي بر اساس يك سيستم چرا در استراليا نشان دادند که رابطه بين توليد محصول و بارش معمولا ضعيف است چون توليد محصول بستگي زيادي به زمان بارش دارد. Khalighi و همکاران (2007) در بررسي کمي خشکسالي وترسالي در استان‌هاي مازندران و گلستان دريافتند که در بين مدل‌هاي مورد استفاده مدل SPI به خاطر حساسيت بالا به تغييرات بارندگي و نمايش مقادير خشکسالي بسيار شديد منطبق با سال‌هايي با وقوع کمينه بارش و مدل SIAP[1]، با داشتن قابليت‌هاي بيشتر و محدوديت‌هاي کمتر، بهتر از ديگر مدل‌ها تشخيص داده شده‌اند. Bazrafshan (2003) در مطالعه تطبيقي هفت شاخص خشکسالي هواشناسي در چند اقليم ايران نشان داد که از بين شاخص‌هاي معيار بارندگي سالانه، دهك‌هاي بارش، بالم و مولي، بارش استانداردشده، بارش موثر و درصد از نرمال؛ شاخص معيار بارندگي سالانه براي ارزيابي سالانه خشکسالي از ديدگاه هواشناسي سنجه بهتري نسبت به ساير شاخص‌هاي مورد بررسي مي‌باشد. در اين پژوهش به منظور ارزيابي وضعيت خشکسالي در مراتع استان قم از سه شاخص معيار بارندگي سالانه (SIAP)، شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص شدت خشکسالي پالمر (PDSI[2]) استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات عمومي منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان قم با با وسعت تقريبي ۱۲۰۰۰ کيلومتر مربع در موقعيت ´۸ °۳۴ تا´۱۱ °۳۵ عرض جغرافيايي و´۶ °۵۰ تا ´۳ °۵۲ طول جغرافيايي مي‌باشد. مقدار بارش در سطح استان از غرب به شرق کاهش مي يابد. هسته‌هاي پر بارش استان به مقدار ۲۶۰ ميليمتر در نواحي کوهستاني غرب و جنوب غرب آن واقع شده است و کمترين مقدار بارندگي در نواحي کويري استان به مقدار کمتر از ۱۲۵ ميليمتر در سال مي‌باشد. سردترين نواحي استان در منطقه غرب و کوهستاني آن با ميانگين حدود ۱۳ درجه سانتيگراد و گرمترين نواحي استان در مناطق شرقي و کويري با ميانگين حدود ۲۰ درجه سانتيگراد واقع شده است. اقليم منطقه بر اساس روش دومارتن نيمه خشک تا خشک مي‌باشد. پوشش گياهي منطقه عمدتا شامل بوته‌ها و فورب‌ها مي‌باشد. بافت خاک هاي منطقه از نسبتا درشت تا خيلي ريز تغيير مي کند. عمق خاکهاي منطقه از بسيار کم عمق تا بسيار عميق مي‌باشد.

روش پژوهش

براي محاسبه شاخص‌هاي خشکسالي از آمار بارش و دماي ايستگاه‌هاي سينوپتيک و کليماتولوژي سازمان هواشناسي کشور استفاده شد. بررسي گراديان دما و بارش در منطقه مورد مطالعه نشان داد رابطه معني دار آماري بين تغييرات بارش و دما با ارتفاع وجود دارد. لذا براي تعيين آمار هواشناسي مناسب هر سايت مرتعي علاوه بر نزديکي ايستگاه هواشناسي به سايت مربوطه

[1] Standard Index of Annual Precipitation

[2] Palmer Drought Severity Index

ارتفاع ايستگاه نيز در نظر گرفته شده است. پس از محاسبه هر شاخص با مقايسه مقادير بدست آمده با مقادير استاندارد آن شاخص، وضعيت خشكسالي در هر سال يا ماه مشخص شد. در اين پژوهش از آمار ٤ ايستگاه هواشناسي استفاده شده است كه ويژگي ها آنها در جدول ١ آورده شده است. در مورد آمار هواشناسي قبل از هر گونه محاسبهآماري بايد كارهاي مقدماتي از قبيل:انتخاب پايه زماني مشترك، كنترل كيفيت آمارهاي موجود و بازسازي نواقص آماري انجام شود. طول دوره آماري مورد استفاده براي محاسبه شاخص‌ها دوره ٣٠ ساله از سال ١٣٥٥ تا ١٣٨٥ مي‌باشد. كمبودهاي آماري موجود با استفاده از روش رگرسيون و نسبت نرمال برطرف شد.

محاسبه شاخص‌هاي خشكسالي

جدول١- ويژگي ها ايستگاه‌هاي هواشناسي مورد مطالعه

نام ايستگاه	نوع ايستگاه	طول جغرافيايي	عرض جغرافيايي	ارتفاع
دوشان تپه	سينوپتيك	٥١ °٢٠ ″	٣٥ °٤٢ ″	١٢٠٩
قم	سينوپتيك	٥٠ °٥١ ″	٣٤ °٤٢ ″	٨٧٧
كاشان	سينوپتيك	٥١ °٢٧ ″	٣٣ °٥٩ ″	٩٨٢
شمس آباد	كليماتولوژي	٤٩ °٤٤ ″	٣٣ °٤٩ ″	٢٤٠٠

شاخص بارندگي استاندارد شده (**SPI**)

اين شاخص توسط McKee و همكاران (1993) ارائه شد و فقط از داده‌هاي بارندگي ماهانه استفاده مي‌كند و براي تشخيص كمبود مقدار بارندگي در مقياس‌هاي زماني چندگانه طراحي شده است. شرط استفاده از شاخص SPI برازش داده‌هاي بارش با توزيع گاما مي‌باشد (Fazeli و همكاران (2007)،Bazrafshan و همكاران (2003) و Hayes و همكاران (2006). تابع توزيع گاما به صورت تابع چگالي احتمال يا فراواني تعريف شده است رابطه ٢:

$$g(x)=\frac{1}{B^{\alpha}.\Gamma(\alpha)}.x^{\alpha-1}.e^{-x/B} \quad X>0 \quad \text{براي} \quad (٢$$

كه: α پارامتر شكل، β پارامتر مقياس، X مقدار بارندگي و $\Gamma(\alpha)$، تابع گاما بوده و از رابطه (٣) محاسبه مي‌شود.

(٣

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

چون تابع گاما براي x=0 (بارندگي صفر ميلي متر) تعريف نشده است و توزيع بارندگي ممكن است داراي مقادير صفر باشد، تابع احتمال تجمعي كه در برگيرنده مقادير صفر هم باشد از رابطه (٤)دست مي آيد:

(٤

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

كه q: احتمال صفر بودن مقدار بارندگي مي‌باشد.

شاخص معيار بارش سالانه(**SIAP**)

اين شاخص به منظور بررسي روند خشكسالي‌ها و ترسالي‌ها در گستره‌ايران توسط Kalili(١٩٩١ ١٩٩٨) (١٣٧٠، ١٣٧٧) ارائه شده است (رابطه ١) :

$$SIAP=\frac{P_i-\bar{P}}{SD} \quad . \quad (١$$

كه P_i: بارندگي سال i، $\bar{P}$: ميانگين و SD: انحراف استاندارد دوره آماري است

پس از محاسبه تابع تجمعي كل، H(x)، تغيير شكل هم احتمالي تابع تجمعي گاما به متغير تصادفي نرمال استاندارد Z (يا SPI) با ميانگين صفر و واريانس يك صورت مي گيرد. براي دستيابي راحت تر به مقادير Z يا SPI از تقريب Abramovitz و Stegun (1965) استفاده مي‌شود (رابطه‌هاي ۵ و ٦).

براي: $0 < H(x) \le 0.5$

$$Z = SPI = -\left[t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \qquad (۵$$

براي: $0.5 < H(x) < 1.0$

$$Z = SPI = +\left[t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \qquad (٦$$

كه:

براي: $0 < H(x) \le 0.5$

$$t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)}$$

براي: $0.5 < H(x) < 1.0$

$$t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{(1.0 - H(x))^2}\right)}$$

ثابتهاي معادله عبارتند از:

C_0=2/515517 C_1=0/802853 C_2=0/010328

d_1=1/432788

d_2=0/189269

d_3=0/001308

در اين مطالعه از شاخص SPI در ۴ پايه زماني ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه استفاده شده است. ابتدا داده‌هاي بارش هر يك از ايستگاه‌ها با استفاده از نرم افزار Hyfa با توزيع گاما برازش داده شد. از برنامهSPI.exe، براي محاسبه‌اين شاخص استفاده شده است.

شاخص شدت خشكسالي پالمر (**PDSI**)

شاخص پالمر (PDSI) در اوايل دهه ۱۹۶۰ توسط W.C.Palmer به عنوان روشي استاندارد براي كمي كردن شدت خشكسالي ارائه شد. شاخص پالمر بر پايه اطلاعاتي بيش از بارش بوده و انعكاسي از چگونگي وضعيت رطوبت خاك در مقايسه با شرايط نرمال است. براي محاسبه PDSI بايد مراحل زير را انجام داد.

- محاسبه تبخير تعرق پتانسيل با استفاده از فرمول تورنوايت

- محاسبه AWC[1] : AWC به بافت خاك بستگي دارد. به علت تغيير در مقدار تخلخل و اندازه خلل و فرج خاك مقدار AWC بر حسب بافت خاك تغيير مي كند. مقدار AWC براي خاكهاي مختلف از روي جدول ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاك آمريكا (١٩٦٤) بدست مي‌آيد. جدول ۲ ظرفيت آب موجود در خاك‌هاي با بافت‌هاي متفاوت را نشان مي‌دهد. مقادير AWC هر يك از سايت‌ها با توجه به بافت و عمق خاك كه از روي نقشه‌هاي قابليت اراضي با توجه به مختصات جغرافيايي سايت‌ها مشخص شده بود، به روش وزني محاسبه گرديد. مقياس نقشه‌هاي مورد استفاده ۱/۲۵۰۰۰۰ مي‌باشد.

- محاسبه اجزاي شاخص : علايم اختصاري در اين محاسبه‌اين شاخص عبارتنداز:

PET: تبخير تعرق پتانسيل، PR: پتانسيل تغذيه، RO: پتانسيل رواناب، PL: پتانسيل تلفات، ET: تبخير تعرق، R: تغذيه، RO: رواناب، L: تلفات، AWC: آب قابل دسترس ظرفيت نگهداري، Ss: محتوي رطوبت خاك سطحي، Su: محتوي رطوبت لايه زيرين خاك. PR مقدار آبي است كه مي‌تواند توسط خاك جذب شود و يا اختلاف AWC و رطوبت فعلي خاك مي‌باشد (رابطه‌هاي ۷ تا ۹).

[1] ظرفيت آب موجود در خاك

PR = AWC - (Su + Ss)(٧)

PRO = AWC – PR = AWC – (AWC – (Su + Ss)) = Su + Ss(٨)

PL = ((PET - Ss) × Su) / AWC + Ss (٩)

در كنار مقادير اين چهار پتانسيل (PL,PRO,PR,PET) مقادير واقعي آنها (L,RO,R,ET) نيز محاسبه مي شوند. قواعدتعيين چهار مقدار واقعي بسيار پيچيده بوده و به رابطه بارش و تبخيرتعرق پتانسيل بستگي دارد.

د- محاسبه تغييرات رطوبت: تغييرات رطوبت (d) اساسا كاهش يا افزايش رطوبت در يك ماه مشخص مي‌باشد.

كه در اينجا P بارش بوده و $\hat{P}$ بارش برآوردي (بارش شرايط اقليمي مناسب وضع موجود) ميباشد.

$$d = P - \hat{P}$$

$$\hat{P} = \alpha_i.ET + ß_i PR + \gamma_i PRO - \delta_i PL$$

نمايه i بيانگر ماه سال است .ضرايب α، ß، γ، δ متوسط نسبت هريك از مقادير واقعي (ET.R,RO,L) به مقادير پتانسيل (PET,PR,PRO,PL) مي‌باشد. اين نسبتها ضرايب بيلان آبي ناميده مي شوند.

$$\delta i = \frac{\sum_{allyears} Li}{\sum_{allyears} PLi}$$

$$\gamma i = \frac{\sum_{allyears} ROi}{\sum_{allyears} PROi}$$

$$\beta i = \frac{\sum_{allyears} Ri}{\sum_{allyears} PRi}$$

$$\alpha i = \frac{\sum_{allyears} ETi}{\sum_{allyears} PETi}$$

هـ- محاسبه شاخص شدت خشكسالي پالمر براي هر ماه (Z):

كه D: تغييرات رطوبت، Z: ناهنجاري رطوبت، K: خصوصيت اقليمي.

$$Z = D.K$$

$$K_i' = 1.5.\log_{10}\left[\frac{\overline{PET_i} + \overline{R_i} + \overline{RO_i}}{\overline{P_i} + \overline{L_i}} + 2.8\right] + 0.5$$

و

$$K_i = \frac{17.67}{\sum_{j=1}^{12} \overline{D_j} K_j'} K_i'$$

كه # تعداد سال‌هاي آماري جهت انجام محاسبات مي‌باشد.

$$\overline{D_i} = \frac{\sum_{all\ years} |d_i|}{\#of\ \ years\ \ in\ \ record}$$

جدول ٢- ظرفيت آب موجود در خاكهاي مختلف (منبع سازمان حفاظت خاك آمريكا -١٩٦٤)

بافت خاك	اينچ آب در هرفوت خاك
بافت خيلي درشت - شني درشت	٠/٤ - ٠/٧٥
بافت درشت - شني درشت،شني ريز و لومي شني	٠/٧٥ - ١/٢٥
بافت نسبتاً درشت - شني لومي و شني لومي ريز	١/٢٥ - ١/٧٥
بافت متوسط - شني لومي خيلي ريز،لومي و سيلت لومي	١/٥ - ٢/٣
بافت نسبتاً ريز - لومي رسي،سيلتي لومي رسي لوم شني رسي	١/٧٥ - ٢/٥
بافت ريز - رسي شني،رس سيلتي و رس	١/٦ - ٢/٥
پيت و ماك‌ها (Mucks و Peats)	٢ - ٣

بررسي تغييرات پوشش گياهي در سال‌هاي مختلف

ابتدا با بررسي اطلاعات پوشش گياهي و تجربيات كارشناسي، رويشگاه‌هاي عمدة استان تعيين گرديده است. در داخل اين رويشگاه‌ها مناطق كليد مشخص و سايت‌ها در اين مناطق مستقر شدند. هر ساله در اين سايت‌ها متغييرهاي پوشش و خاك از قبيل پوشش تاجي، تراكم، توليد، زادآوري و پوشش سطح خاك در زمان آمادگي مرتع در طول چهار ترانسكت ٤٠٠ متري در ٦٠ پلات دو متر مربعي اندازه گيري گرديده است. توليد گونه‌هاي قابل چراي دام در يك چهارم پلاتها با استفاده از روش قطع و توزين اندازه گيري شده است. به منظور تعيين اثر خشكسالي بر روي فرم‌هاي رويشي مختلف در هر سايت علاوه بر توليد كل علوفه مقدار توليد علوفه فرم‌هاي رويشي (بوته‌اي، فورب و علفيعلفي) مشخص شده است. در اين پژوهش از داده‌هاي طرح ارزيابي مراتع مناطق مختلف آب و هوايي كشور كه در موسسه پژوهش‌هاي جنگل‌ها و مراتع كشور در حال اجرا مي‌باشد استفاده شده است. داده‌هاي توليد از سال ۷۷-۱۳۷٦ تا سال ۸۵-۱۳۸٤ هر سال‌هاندازه گيري شده است. مشخصات سايت‌هاي مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. براي سنجش مقدار تغييرات توليد در سال‌هاي مختلف از درصد ضريب تغييرات (CV) استفاده شده است. ضريب تغييرات عبارتست از نسبت انحراف معيار به ميانگين داده‌ها. براي بررسي تغييرات پوشش گياهي در سال‌هاي مختلف و پاسخ اين سوال كه‌ايا در طول دوره اندازه‌گيري توليد پوشش گياهي تغييرات معني دار آماري داشته است يا نه؟ از آزمون هاي LSD و دانكن در سطح اعتماد ۹۵% استفاده شد. نتايج اين آزمون نشان داد كه در طول نمونه‌برداري تغييرات توليد گياهان مرتعي قابل مشاهده است و در طول دوره آماربرداري سال‌هاي خشك، مرطوب ونرمال از نظر توليد گياهي داشته‌ايم.

جدول ۳- مشخصات سايت‌هاي مرتعي استان قم

نام سايت	طول جغرافيايي	عرض جغرافيايي	ارتفاع از سطح دريا (متر)	تيپ گياهي	بافت خاك	عمق خاك *(Cm)*
باغ يك	۵۰°۲۷″	۳٤°۲۰″	۱۴۵۰	*Stipa barbata-Artemisia sieberi*	نسبتا درشت	۱۵
چشمه شور	۵۰°۵۸″	۳۵°۰۳″	۸۶۰	*Artemisia sieberi*	ريز - خيلي ريز	۹۰
قلعه محمد	۵۰°۵۷″	۳۵°۱٤″	۱۲۰۰	*Salsola rigida Artemisia sieberi*	نسبتا ريز	٤۰
حسين آباد	۵۰°۲۱″	۳٤°۲۰″	۱۲۰۰	*Asrragalus sp-Stipa barbata- Artemisia sieberi*	نسبتا ريز	٦۰
ورجان	۵۰°۵٤″	۳٤°۲۷″	۱۲۰۰	*Noea mucronata-Buffonia macrocarpa*	نسبتا ريز	٤۰
جاده كاشان	۵۱°۱۲″	۳٤°۲٤″	۹۳۰	*Salsola sp- Artemisia sieberi*	نسبتا ريز	۵۰
وسف	۵۰°۵۵″	۳٤°۱۱″	۲۵۰۰	*Artemisia aucheri-Astragalus sp*	متوسط تا سنگين	۳۰
كرمجگان	۵۰°۵۵″	۳٤°۱۳″	۲۵۰۰	*Artemisia aucheri-Astragalus sp*	متوسط تا سنگين	۳۰

تعيين رابطه توليد هر سايت با شاخص‌هاي خشكسالي

در هر ايستگاه هواشناسي شاخص‌هاي خشكسالي مورد نظر(معيار بارندگي سالانه، بارندگي استاندارد شده و

شدت خشکسالي پالمر) در طي يک دوره ٣٠ ساله محاسبه شد. در مورد شاخص شدت خشکسالي پالمر با استفاده از داده‌هاي هواشناسي متناسب با هر سايت مرتعي و با استفاده از ويژگي ها خاك شناسي همان سايت مرتعي مقدار شاخص محاسبه شد. سپس رابطه رگرسيوني بين شاخص‌هاي مختلف و توليد کل هر سايت و توليد فرم‌هاي رويشي تعيين گرديد Narasimhan و همکاران (2005)،Rahimzadeh و همکاران (2008)، Watanable و همکاران (2005) و US و همکاران (2005). براي بررسي نقش زمان وقوع خشکسالي در مقدار توليد از ٧ پايه زماني: سالانه، اول اسفند تا آخر تير ماه (فصل رشد، اول بهمن تا آخر تير ماه (فصل رشد و ماه قبل)، اسفند تا خرداد، اسفند تا ارديبهشت، اسفند و فرودين، اسفند (شروع فصل رشد)؛ استفاده شده است. از آنجا که پايه‌هاي زماني اين شاخص‌ها متفاوت مي‌باشد و در طول هر سال فقط يك داده توليد وجود دارد، براي تبديل کردن شاخص‌هاي با پايه‌هاي زماني ماه از جمع جبري شاخص (Quiring و همکاران-2003) در ٧ پايه زماني که قبلا ذکر شد استفاده شد. بدين ترتيب بر اساس آزمونهاي آماري، مقايسه روابط رگرسيوني بدست آمده بر اساس بيشترين ضريب همبستگي و کمترين مقدار خطاي استاندارد بهترين معادلات رگرسيوني انتخاب شد.

نتايج

با بررسي ميانگين متحرك ٣ و ٥ ساله بارش در ايستگاه‌هاي هواشناسي مشخص شد که در طول دوره آماري موجود و همچنين در طول دوره اندازه‌گيري توليد در مرتع دوره‌هاي خشك و مرطوب قابل مشاهده است. مقدار توليد متوسط کل و فرم‌هاي رويشي در هر سايت و همچنين درصد ضريب تغييرات آنها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- مقدار توليد و ضريب تغييرات فرم‌هاي رويشي مختلف در سايت‌هاي مرتعي قم در طي سال‌هاي ١٣٧۶ تا ١٣٨٥

	مقدار توليد (kg/ha)				درصد ضريب تغييرات			
سايت مرتعي	علفي	فورب	بوته	کل	علفي	فورب	بوته	توليد
باغ يك	٤٦/٥	٤٠/٧	٤٠/٦	١٢٧/٨	٤٢/٤	٦٩/٣	٦٣/٤	٢١/٧
چشمه شور	-	-	٤٨/٢	٤٨/٢	-	-	١٧/٦	١٧/٦
قلعه محمد خان	٢٠/٧	-	٨٠/٣	١٠١	٣٨/٦	-	٢٣/١	٢٢/٣
حسين آباد	٦٦/٥	١٦/٥	٨٦	١٦٩	٦٤/٢	٥٧/٣	٢٦/٧	٣٥/٧
ورجان	٣/٨	٨٩/١	٥٩/٤	١٥٢/٣	٥٣/٨	٥٢/٩	٤٣/٨	٤٠/٤
جاده کاشان	٨/٨	٢١/٨	٥٠/٥	٨١/٢	٩٤/٩	٥٦/٧	٢٢/٥	٣٦/٣
وسف	٢٨/٤	٣/٧	٨٩/٥	١٢١/٦	٦٨/٩	١٠٠/٩	١١/٥	٢٦/٤
کرمجگان	٧٨/٤	٤٤/١	٢٥/٣	١٤٧/٨	٢١/٢	٢٤/٩	٦/٦	١٩/٤

همانطورکه مشاهده مي‌شود مقدار توليدکل از ۴٨/٢ کيلوگرم بر هکتار در سايت چشمه شور تا١۶٩ کيلوگرم بر هکتار در سايت حسين آباد تغيير مي کند. بيشترين مقدار توليد بوته‌اي‌ها در سايت وسف (Kg /ha ٨٩/٥) و کمترين توليد بوته‌ايها در سايت کرمجگان (Kg /ha ٢٥/٣)، بيشترين مقدار توليد فورب‌ها در سايت ورجان (Kg /ha ٨٩/١) و کمترين توليد فورب‌ها در سايت وسف (Kg /ha ٣/٧) و بيشترين مقدار توليد علفي‌ها در سايت کرمجگان (Kg /ha ٧٨/۴) و کمترين توليد علفي‌ها در سايت ورجان (Kg /ha ٣/٨) مشاهده مي‌شود. ضريب تغييرات توليدکل در سايت‌هاي مورد مطالعه از ١٧/۶ % در سايت چشمه شور تا ۴٠/۴% در سايت ورجان تغيير مي کند. بيشترين ضريب تغييرات توليد بوته‌اي‌ها در سايت باغ يک (۶٣/۴%) و کمترين ضريب تغييرات

بوته‌اي‌ها در سايت كرمجگان (۶/۶%)، بيشترين ضريب تغييرات توليد فورب‌ها در سايت وسف (۱۰۰/۹%) و كمترين آن در سايت كرمجگان (۲۴/۹%) و بيشترين ضريب تغييرات توليد علفي‌ها در سايت جاده كاشان (۹۴/۹%) و كمترين ضريب تغييرات علفي‌ها در سايت كرمجگان (۲۱/۲%) ديده مي‌شود. در منطقه مورد مطالعه بيشترين ضريب تغييرات را فورب‌ها و كمترين را بوته‌ها نشان مي‌دهند. نتايج آزمون دانكن و LSD در سطح اعتماد ۵% نشان داد كه در همه سايت‌ها مقدار توليد حداقل در يكي از سال‌ها در طول آماربرداري به طور معني داري با ساير سال‌ها متفاوت است. در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد مرتع نتايج شاخص معيار بارندگي سالانه به شرح جدول ۵ باشد، كه نشان مي‌دهد طبق اين شاخص در سال‌هاي مورد مطالعه سايت‌هاي مختلف شدتهاي مختلف خشكسالي يا ترسالي را تجربه كرده‌اند. در اين جدول شديدترين خشكسالي‌ها در طول دوره نمونه برداري از مراتع با اعداد تيره تر مشخص شده است. همانطور كه مشاهده مي‌شود در همه سايت‌ها به جز سايت جاده كاشان درسال ۱۳۷۷-۷۸ شديدترين خشكسالي اتفاق افتاده است. در سايت جاده كاشان شديدترين خشكسالي در سال ۱۳۷۸-۷۹ مشاهده شده است. نتايج شاخص SPI در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد در مرتع در جدول ۶ آورده شده است. در اين جدول خشك‌ترين سال در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد مرتع با استفاده از شاخص بارندگي استاندارد شده با رنگ تيره تر مشخص شده است. با توجه به نتايج جدول ۴ خشكترين سال در سايت‌هاي باغ يک، قلعه محمد خان، حسين آباد، ورجان و جاده كاشان بر اساس شاخص SPI سه ماهه و شش ماهه سال ۱۳۷۸-۷۹ ودر سايت‌هاي وسف و كرمجگان سال۱۳۸۴-۸۵ ودر سايت چشمه شور سال ۱۳۷۷-۷۸ مي‌باشد. بر اساس شاخص SPI دوازده ماهه سايت‌هاي باغيک، قلعه محمد خان، حسين آباد، ورجان و جاده كاشان سال ۱۳۷۸-۷۹، سايت چشمه شور سال ۱۳۷۶-۷۷ و در سايت‌هاي وسف و كرمجگان سال ۸۵-۱۳۸۴ خشكترين سال‌ها مي‌باشد. بر اساس شاخص SPI بيست و چهار ماهه خشكترين سال در سايت‌هاي باغ يک، قلعه محمدخان، حسين‌آباد، ورجان سال ۸۰-۱۳۷۹، در سايت چشمه شور سال ۱۳۷۶-۷۷، در سايت جاده كاشان سال ۱۳۷۸-۷۹ و در سايت‌هاي وسف و كرمجگان سال ۸۵-۱۳۸۴ بوده است.

جدول ۵- نتايج شاخص معيار بارندگي سالانه در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد در مرتع

سال	۱۳۷۶-۷۷	۱۳۷۷-۷۸	۱۳۷۸-۷۹	۱۳۷۹-۸۰	۱۳۸۰-۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲-۸۳	۱۳۸۳-۸٤	۱۳۸٤-۸۵
باغ يك	۱/۱۰	-۱/۵۳	-۱/۵۱	-۰/۷۷	۰/۰۸	۱/۹۹	۰/۵٤	۰/۲۳	۰/۳۷
چشمه شور	۰/۳٦	-۱/۱۳	-۰/٤۵	۱/۷۰	۰/۵۹	۰/٦۹	۰/۸۲	۰/۰۳	-۰/۳۹
قلعه محمدخان	۱/۱۰	-۱/۵۳	-۱/۵۱	-۰/۷۷	۰/۰۸	۱/۹۹	۰/۵٤	۰/۲۳	۰/۳۷
حسين آباد	۱/۱۰	-۱/۵۳	-۱/۵۱	-۰/۷۷	۰/۰۸	۱/۹۹	۰/۵٤	۰/۲۳	۰/۳۷
ورجان	۱/۱۰	-۱/۵۳	-۱/۵۱	-۰/۷۷	۰/۰۸	۱/۹۹	۰/۵٤	۰/۲۳	۰/۳۷
جاده كاشان	۰/۷۲	-۰/۱۷	-۱/٤۹	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/٦۲	۰/۲۵	-۰/٤۸	-۰/۷۸
وسف	-۰/۵۵	-۱/۹۲	-۱/۱۵	۰/۳٤	-۰/۰۱	-۰/۱۰	۰/۵۷	-۰/۱۱	-۰/۵۵
كرمجگان	-۰/۵۵	-۱/۹۲	-۱/۱۵	۰/۳٤	-۰/۰۱	-۰/۱۰	۰/۵۷	-۰/۱۱	-۰/۵۵

جدول ۶- نتايج شاخص **SPI** در طول اندازه گيري توليد مرتع

SPI-۳

کرمجگان	وسف	جاده کاشان	ورجان	حسين آباد	قلعه محمدخان	چشمه شور	باغ يک	سال
۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۴۰	۰/۶۲	۱۳۷۶-۷۷
-۰/٤۸	-۰/٤۸	۰/۰۹	-۰/۴۴	-۰/۴۴	-۰/۴۴	-۰/۲۵	-۰/۴۴	۱۳۷۷-۷۸
-۰/۵۷	-۰/۵۷	-۰/۹۷	-۰/۷۹	-۰/۷۹	-۰/۷۹	۰/۲۳	-۰/۷۹	۱۳۷۸-۷۹
-۰/۳۹	-۰/۳۹	۰/۷۵	-۰/۱۵	-۰/۱۵	-۰/۱۵	۰/۷۱	-۰/۱۵	۱۳۷۹-۸۰
۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۲۰	۰/۱٤	۰/۱٤	۰/۱٤	۰/۱۲	۰/۱٤	۱۳۸۰-۸۱
-۰/۰٦	-۰/۰٦	۰/۵۵	۰/٦۸	۰/٦۸	۰/٦۸	۰/٤۷	۰/٦۸	۱۳۸۱-۸۲
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/٤۷	۰/٤۷	۰/٤۷	۰/٤۱	۰/٤۷	۱۳۸۲-۸۳
-۰/۷۷	-۰/۷۷	-۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۳۰	۱۳۸۳-۸٤
-۱/۳٦	-۱/۳٦	-۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۲۷	۱۳۸٤-۸۵

SPI-۶

کرمجگان	وسف	جاده کاشان	ورجان	حسين آباد	قلعه محمد خان	چشمه شور	باغ يک	سال
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۵۴	۱۳۷٦-۷۷
-۰/۸۸	-۰/۸۸	۰/۰۱	-۰/۷۵	-۰/۷۵	-۰/۷۵	-۰/۴۸	-۰/۷۵	۱۳۷۷-۷۸
-۰/۸۸	-۰/۸۸	-۱/۲۲	-۰/۹۰	-۰/۹۰	-۰/۹۰	-۰/۲۳	-۰/۹۰	۱۳۷۸-۷۹
-۰/۸۸	-۰/۸۸	۰/۸٦	-۰/٤٤	-۰/٤٤	-۰/٤٤	۰/۸۵	-۰/٤٤	۱۳۷۹-۸۰
-۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/٤۹	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۵۲	۰/۱۵	۱۳۸۰-۸۱
-۰/۲۳	-۰/۲۳	۰/۵۱	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۰/۳۲	۱/۰۲	۱۳۸۱-۸۲
-۰/۱٦	-۰/۱٦	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/٤۸	۰/۳۳	۱۳۸۲-۸۳
-۱/۰۵	-۱/۰۵	-۰/۱۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۳۳	۱۳۸۳-۸٤
-۱/٦۰	-۱/٦۰	-۰/٤۳	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	-۰/۱۲	۰/۳۲	۱۳۸٤-۸۵

SPI-۱۲

کرمجگان	وسف	جاده کاشان	ورجان	حسين آباد	قلعه محمد خان	چشمه شور	باغ يک	سال
۰/۲۲	۰/۲۲	-۰/۰۵	-۰/۱٦	-۰/۱٦	-۰/۱٦	-۰/۷۳	-۰/۱٦	۱۳۷٦-۷۷
-۰/۷۷	-۰/۷۷	۰/۲۹	-۰/۵۰	-۰/۵۰	-۰/۵۰	-۰/۳۵	-۰/۵۰	۱۳۷۷-۷۸
-۱/۳٤	-۱/۳٤	-۰/۹۷	-۱/۳۷	-۱/۳۷	-۱/۳۷	-۰/۲٤	-۱/۳۷	۱۳۷۸-۷۹
-۱/٤۳	-۱/٤۳	۰/٤۹	-۰/۹۰	-۰/۹۰	-۰/۹۰	۰/۸۸	-۰/۹۰	۱۳۷۹-۸۰
-۰/٤۵	-۰/٤۵	۰/۱۷	-۰/۵۹	-۰/۵۹	-۰/۵۹	۰/۵۱	-۰/۵۹	۱۳۸۰-۸۱
-۰/۵۵	-۰/۵۵	۱/۰٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۰/۵۰	۱/۲٤	۱۳۸۱-۸۲
-۰/۱۹	-۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۹٦	۰/۹٦	۰/۹٦	۰/۷۳	۰/۹٦	۱۳۸۲-۸۳
-۱/۱۲	-۱/۱۲	۰/۰۹	۰/٤۹	۰/٤۹	۰/٤۹	۰/٤۸	۰/٤۹	۱۳۸۳-۸٤
-۱/۸۵	-۱/۸۵	-۰/٦۳	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	-۰/۱۸	۰/۲۸	۱۳۸٤-۸۵

SPI-۲۴

کرمجگان	وسف	جاده کاشان	ورجان	حسين آباد	قلعه محمد خان	چشمه شور	باغ يک	سال
۰/۲۴	۰/۲۴	-۰/۰۵	-۰/۷۱	-۰/۷۱	-۰/۷۱	-۱/۲۴	-۰/۷۱	۱۳۷٦-۷۷
-۰/۳۱	-۰/۳۱	۰/۱۰	-۰/۳۸	-۰/۳۸	-۰/۳۸	-۰/۷۹	-۰/۳۸	۱۳۷۷-۷۸
-۱/۳٤	-۱/۳٤	-۰/٦۲	-۱/۳۷	-۱/۳۷	-۱/۳۷	-۰/۵٤	-۱/۳۷	۱۳۷۸-۷۹
-۱/۸۵	-۱/۸۵	-۰/۳۲	-۱/۷۱	-۱/۷۱	-۱/۷۱	۰/٤۵	-۱/۷۱	۱۳۷۹-۸۰
-۱/۲۳	-۱/۲۳	۰/٤۵	-۱/۱٤	-۱/۱٤	-۱/۱٤	۱/۰۰	-۱/۱٤	۱۳۸۰-۸۱
-۰/٦۸	-۰/٦۸	۰/۹۷	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۷۰	۰/۵۱	۱۳۸۱-۸۲
-۰/٤۹	-۰/٤۹	۱/۰۱	۱/٦۰	۱/٦۰	۱/٦۰	۰/۸۵	۱/٦۰	۱۳۸۲-۸۳
-۰/۸۲	-۰/۸۲	۰/۲۱	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳	۰/۸٤	۱/۰۳	۱۳۸۳-۸٤
-۲/۵۱	-۲/۵۱	-۰/٤۹	۰/٤۸	۰/٤۸	۰/٤۸	۰/۱۷	۰/٤۸	۱۳۸٤-۸۵

در جدول ۷ وضعيت تجمعي (زيرا دوره‌هاي ترسالي و خشکسالي محاسبه شده با اين شاخص ممکن است فراتر از دوره يک سال آماري باشد) شدت خشکسالي پالمر در طول ۱۲ ماه هر سال در دوره‌اندازه‌گيري توليد مرتعي ارائه شده است. در اين جدول خشکترين سال در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد مرتع با استفاده از شاخص پالمر با رنگ تيره تر مشخص شده است. همانطور که نتايج اين جدول نشان مي‌دهد خشکترين سال در سايت‌هاي ورجان، حسين آباد، قلعه محمد خان و باغ يک و چشمه شور ۷۸- ۱۳۷۷ و در سايت‌هاي کرمجگان، وسف ۷۹-۱۳۷۸ بوده است. در سايت جاده کاشان سال ۷۹-۱۳۷۸ خشکترين سال بوده است.

جدول ۷- وضعيت تجمعي شدت خشکسالي پالمر در طي سال در طول دوره‌اندازه‌گيري توليد مرتع

سال	۱۳۷۶-۷۷	۱۳۷۷-۷۸	۱۳۷۸-۷۹	۱۳۷۹-۸۰	۱۳۸۰-۸۱	۱۳۸۱-۸۲	۱۳۸۲-۸۳	۱۳۸۳-۸٤
باغيك	۲/۷۰	-۵/۲٤	-٤/۷۱	۰/٤٦	-۱/۸۳	۳/۰۹	۱/۱۲	۰/۵۲
چشمه شور	۰/۵۳	-۳/٤۲	-۲/٤۳	۱/٦۸	-۳/۰۵	۰/۱۵	۰/۱٦	-۱/۲۷
قلعه محمدخان	۲/۵٦	-۵/۸۲	-٤/۵۳	-۰/۳۹	-۱/۸۷	۲/۵٤	۱/۱۲	۱/۲۳
حسين آباد	۱/۹۰	-۵/۸۸	-٤/۵۲	-۰/۵۳	-۱/۳۷	۲/۹۷	۱/۲۶	۰/۷۹
ورجان	۲/۵٦	-۵/۸۲	-٤/۵۳	-۰/۳۹	-۱/۸۷	۲/۵٤	۱/۱۲	۱/۲۳
جاده کاشان	۰/۷۹	-۳/۸۳	-۵/۱۲	۳/۳۱	۱/٤۲	۱/۹۷	۰/۰۱	-۱/۵۲
وسف	۰/٦۵	-۳/۷۵	-٤/۱۹	-۲/۸۱	-۱/۰۹	-۲/۰۹	-۱/۰۱	۰/۳۵
کرمجگان	۰/٦۵	-۳/۷۵	-٤/۱۹	-۲/۸۱	-۱/۰۹	-۲/۰۹	-۱/۰۱	۰/۳۵

براي تعيين مناسبترين شاخص خشکسالي که بيشترين همخواني و همبستگي را با داده‌هاي توليد دارد از رابطه رگرسيوني خطي و غير خطي (معادله درجه دو) استفاده شده است. بهترين شاخص بر اساس بيشترين ضريب همبستگي و کمترين مقدار خطاي برآورد انتخاب شده است. جدول ۸ مناسبترين شاخص‌هاي خشکسالي را در مراتع استان قم نشان مي‌دهد. دراين جدول علائم اختصاري به کار رفته به شرح زير مي باشند:

B: بهمن ماه، E: اسفند، F: فروردين، O: ارديبهشت، K: خرداد، T: تيرماه، Annual: سالانه، Total: کل، Shrub: بوته، Forb: فورب، Grass: علفي، Rsq: ضريب همبستگي به توان ۲، df: درجه آزادي Sigf: سطح معني داري، b0، b1 و b2 ضرايب معادله رگرسيون ($Y=b_0+b_1x+b_2x^2$)، x مقدار هر شاخص و Y مقدار توليد مي‌باشد. همانطور که جدول ۸ نشان ميدهد مناسبترين شاخصهاي خشکسالي که بيشترين همبستگي را با مقدار توليد علوفه در مراتع قم داشته‌اند به ترتيب اولويت عبارتند از SPI-۳، شاخص شدت خشکسالي پالمر، SPI-۲٤ و SPI-٦. نکته قابل توجه‌اينکه در هيچ سايتي شاخص معيار بارندگي سالانه شاخص مناسب نبوده و همبستگي معني داري با داده‌هاي توليد مرتع نشان نداده است. بعلاوه بهترين پايه زماني براي برآورد خشکسالي با استفاده از شاخص‌هاي مورد مطالعه فصل رشد و بويژه ابتداي فصل رشد ميباشد. در بررسي معادلات بدست آمده علاوه بر تعيين مناسبترين شاخص، معادلات ديگر نيز که از نظر آماري معني‌دار بوده و مي‌توان از آنها در سطح اعتماد ۹۵% استفاده کرد نيز وجود دارند. در بررسي کليه روابط بدست آمده مشخص شد که شاخص SIAP با پايه زماني سالانه هيچ رابطه معني داري با داده‌هاي توليد نداشته است. در ۸۳ در صد موارد مي‌توان از شاخص SPI با پايه‌هاي زماني مختلف و در ۱۷ % موارد از شاخص شدت خشکسالي پالمر براي ارزيابي اثرات خشکسالي در مراتع استفاده کرد. بهترين پايه زماني نيز فصل رشد مي‌باشد.

جدول ۸- مناسبترين شاخص‌هاي خشكسالي در سايت‌هاي مرتعي استان قم

سايت	زمان	شاخص	فرم رويشي	Rsq	Sigf	b0	b1	b2
باغ يك	E	SPI-٢٤	Forb	۰/۶۸۶	۹۹	۲۷/۵۶	۱۱/۱۵	۱۰/۳۷
جاده كاشان	EFOKT	PDSI	Forb	۰/٦٧١	۹۹	۲۴/۶	۳/۸	
	EFOKT	PDSI	Grass	۰/۸۳٤	۹۹	۱۰	۱۳/۴	
	EFOKT	PDSI	Shrub	۰/۷۰۵	۹۹	۵۲/۷	۳/۵	
	EFOKT	PDSI	Total	۰/۸۷۵	۹۹	۸۷/۳	۱۰	
چشمه شور	EFOKT	SPI-۳	Total	۰/۷۷۹	۹۹	۴۹/۴	۲/۹	
حسين آباد	E	SPI-۳	Forb	۰/٦۰۱	۹۵	۴/۸	۵	۸/۳
	E	SPI-۳	Grass	۰/۵۳۱	۹۵	۲۵/۰۸	۲۸/۶	۳۵/۷
	EFO	PDSI	Shrub	۰/۳۷۹	۹۵	۹۲/۶	۷/۳۱	
	E	SPI-۳	Total	۰/۶۲	۹۵	۱۰۴/۲	۳۶/۸	۵۳/۵
قلعه محمد	E	SPI-۶	Grass	۰/٦٤٣	۹۵	۱۳/۵۵	۰/۶۴	۱۱/۶
	EFOKT	SPI-۳	Shrub	۰/۴۵۲	۹۵	۸۲/۷	۲/۶	
	EFOKT	SPI-۳	Total	۰/۴۳۶	۹۵	۱۰۳/۹	۳/۱	
كرمجگان	Ef	PDSI	Forb	۰/۹٤۷	۹۵	۵۸/۱	۸۲	۷۹/۱
	E	SPI-٢٤	Grass	۰/۶۷۶	۹۶	۹۶/۷	۱۳/۴	
	Ef	SPI-۳	Shrub	۰/۹۳	۹۹	۲۷/۹	۲/۴	
	Annual	SPI-٢٤	Total	۰/۶۹۸	۹۶	۵۳	۱/۷	
وسف	E	SPI-۳	Forb	۰/۹۹۳	۹۹	۱۱/۸	۲۵/۸	۱۴
	E	SPI-۳	Grass	۰/۹۷۶	۹۹	۱۰۸/۶	۱۹۸/۲	۹۷/۵
	BEFOKT	SPI-۶	Shrub	۰/۹۰۳	۹۷	۵۳/۹۲	۸/۲۹	۱/۰۱
	BEFOKT	SPI-۳	Total	۰/۹۹۸	۹۹	۱۰۰/۵	۵/۵	۱/۱
ورجان	Annual	SPI-۳	Forb	۰/۴۱۵	۹۵	۸۱/۶	۴/۸	
	Annual	SPI-٢٤	Grass	۰/۶	۹۹	۴/۱	۰/۱	
	E	SPI-۶	Shrub	۰/۵۲۹	۹۵	۳۵/۶	۷/۴	۳۸
	EFOKT	SPI-۳	Total	۰/۵۰۶	۹۷	۱۵۶/۳	۷/۹	

بحث و نتيجه‌گيري

بررسي ضريب تغييرات شكل هاي مختلف پوشش گياهي نشان داد كه در مناطق مورد مطالعه بيشترين تغييرات توليد در طول سال‌هاي اندازه‌گيري مربوط به فورب‌ها و كمترين مربوط به بوته‌ها مي‌باشد. اين نتيجه نشان مي‌دهد كه بوته‌ها حساسيت كمتري به تغييرات بارش داشته و واكنش كمتري نسبت به بارش نشان مي دهند، زيرا بوته‌ها داراي ريشه‌هاي عميق بوده و مي‌توانند آب را از اعماق بيشتر خاک جذب نمايند. اين نتيجه بر عكس نتيجه Zhang (2000) و Ni مي‌باشد.

مقدار توليد مرتع در طول سال‌هاي اندازه‌گيري نشان داد، در بيشتر سايت‌ها سال‌هاي ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ حداقل توليد را دارا بوده‌اند. كاهش توليد در بيشتر موارد بيش از ۵۰% توليد بوده است. شاخص‌هاي خشكسالي نيز عمدتا اين سال‌ها را جزء سال‌هاي خشكسالي شديد و بسيار شديد برآورد كرده‌اند.

نتايج آزمون هاي دانكن وLSD نشان دادكه در همه سايت‌ها مقدار توليد حداقل در يكي از سال‌ها در طول

آماربرداري به طور معني داري با ساير سال‌ها متفاوت است. با توجه به‌اينكه شرايط بهره برداري از مرتع در طول سال‌هاي اندازه گيري توليد تغيير نكرده است، منشا تغييرات توليد، عامل آب و هوايي و بويژه وقوع خشكسالي ها مي‌باشد، كه‌اين با نتايج Szabolcs (2006) مطابقت دارد. آنچه از محاسبه شاخص شدت خشكسالي پالمر بدست مي آيد، نشان مي‌دهد حتي در سايت‌هايي كه از آمار ايستگاه هواشناسي مشترك استفاده مي كنند اما بافت و عمق خاك (مقدار آب قابل دسترس ظرفيت نگهداري) مختلف دارند، دوره‌هاي ترسالي و خشكسالي با هم متفاوت بوده و با تاخير زماني نسبت به يكديگر در سايت‌هاي مختلف اتفاق مي افتند. اين نتيجه نشان دهنده نقش عمق و بافت مناسب خاك در تعديل اثرات خشكسالي است، همانطور كه وزارت كشاورزي بنگلادش (۲۰۰۰) نيز خاك را بعنوان يكي از عوامل موثر در خشكسالي مي داند. بررسي نتايج بدست آمده از شاخص‌هاي مختلف نشان داد كه در مناطق مورد مطالعه استمرار و فراواني وقوع دوره‌هاي ترسالي و نرمال بيش از ۵۰ % بوده و خشكسالي هاي بسيار شديد و شديد كمترين احتمال وقوع و فراواني را دارند. اين نكته مشابه نتايج Khalighi و همكاران (2007) مي‌باشد. نتايج شاخص SPI كه با پايه‌هاي زماني مختلفي محاسبه شده است، نشان داد كه هرچه پايه زماني محاسبه بزرگتر مي‌شود، شاخص خشكسالي‌ها راكمتر برآورد مي‌كند. بطوريكه شاخص SPI سه ماهه عكس‌العمل بهتري نسبت به كمبود بارش نشان داده و خشكسالي‌هاي كوتاه مدت را بهتر برآورد مي كند. اما در برآورد خشكسالي‌هاي طولاني مدت شاخص‌هاي با پايه زماني طولاني تر مناسب تر بوده و نتايج بهتري ارايه مي‌نمايند. از طرفي شاخص SPI-24 ماهه تاثير بارش‌هاي سال قبل را در خشكسالي سال جاري در نظر گرفته و در صورت وقوع خشكسالي آنرا ديرتر برآورد مي‌كند. در اين خصوص نتايج مشابهي توسط Katsiabani و همكاران (2006) ارائه شده است.

در بررسي معني دارترين روابط بين مقدار توليد و شاخص‌هاي خشكسالي به ترتيب مناسبترين شاخص‌ها عبارتند از SPI-3 (۴۸%)، شاخص شدت خشكسالي پالمر(۲۴%)، SPI-24 (۱۶%) و SPI-6 (۱۲%). برتري شاخص SPI و پالمر توسط Quiring (2003) مشخص شده اما نتايج Ntale (2003) و Pisani (1998) در مناطق پر باران آفريقا برعكس مي‌باشد. مناسبترين پايه زماني براي برآورد مقدار توليد با استفاده از شاخص‌هاي مورد نظر فصل رويش و سپس ابتداي فصل رويش مي‌باشد(۸۸%) و فقط در (۱۲%) موارد پايه زماني سالانه رابطه معني داري را نشان داده است. در بررسي كل معادهاي معني‌دار (۹۵%) مشخص شد كه شاخص‌هاي با پايه زماني سالانه كمترين فراواني را در روابط معني دار داشته و فقط در حدود ۸ % موارد مي‌توان خشكسالي در مرتع را از روي شاخص‌هاي خشكسالي با پايه زماني سال برآورد كرد. همچنين در هر يك از سايت‌هاي مرتعي بيش از يك شاخص خشكسالي رابطه معني دار با مقدار توليد داشت، بنابراين در ارزيابي خشكسالي بايد بيش از يك شاخص را مورد بررسي قرار داد كه‌اين يافته (Hayes, 2006). چون پايه و اساس بيشتر شاخص‌هاي خشكسالي كمبود بارش مي‌باشد و بيشتر شاخص‌ها به نوعي اين كمبود بارش را نشان مي دهند. در ضمن مناسبترين پايه زماني براي ارزيابي خشكسالي فصل رشد و بويژه ابتداي فصل رشد مي‌باشد. زيرا وقوع خشكسالي در ابتداي فصل رشد مانع از جوانه زني گياهان شده و توليد را كاهش مي‌دهد. اين يافته مشابه نتايج Quiring (2003) است.

References

- Bazrafshan, J., 2003. Comparative research some of meteorological drought indices in some climatological sample of Iran. Mcs. Thesis. University of Tehran.
- Bhuiyan C., .Singh, R.P., Kogan, F.N., 2006. Monitoring drought dynamics in the aravalli region (India) using different indices based on griund and remote sensing data. International Journal of applied earth observation and geoinformation6, 289-302.

- European communities, 1995-2005. Weather driven natural hazard, Stefan Niemeyer, Important legal notice.
- Fazeli F., Ghorbanli, M., Niknam, V., 2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid per oxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars, Biologia plantrum51 (1), 98-103.
- Hayes Michael J., 2006. What is drought? Drought indices, National drought mitigation center, www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm
- Hayes Michael J., Mark. D.Svoboda, Donald A. Wilhite, and Olga V.Vanyarkho, 1999, Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index , Bulletin of the American meteorological society80(3), 429-438.
- http://www.cegisbd.com/study_project_rep.htm, Application of agro ecological zones database in drought management & eater availability assessment.
- Katsiabani K., Anastasios, M., Constantinos C., Georgios, Th., 2006. Estimation of the temporal evolution of drought episodes in Greece with the use of the SPI meteorological drought index Proceedings of the International Conference "Information Systems in Sustainable Agriculture, Agroenvironmental and Food Technology" Volos, Greece.
- Khalighi Sh., K.Osati ,B.Karimi &M.Karami, 2007, Research and Analyses of drought and wetnees in Station of Mazandaran and Golestan Provinces. 4th National Conference of science and engineering watershed management.
- Leilah A.A., Al-Khateeb, S.A., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought condition. Journal of arid environments 61,483-496.
- Narasimhan B., Srinivasan, R., 2005. Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. Agricultural and forest meteorology133, 69-88.
- Ntale Henry, K., Gan, Th., 2003. Drought indices and their application to east Africa. International Journal of climatology 23, 1335-1357.
- Palmer Wayne C.,1965, Meteorological drought . Washinghton,D.c, p.59
- Pisani L.G., Fouche, H.J., Venter; J.C., 1998. Assessing rangeland drought in south Africa. Agricultural systems, 57(3), 367-380.
- Quiring Steven M., Papakryakou, T.N., 2003. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies . Agricultural and forest meteorology118,49-62.
-Rafiee, A., 2005. Drought research in Garmsar region and its effect on water and agriculture. Mcs. Thesis, Azad Islamic University.
- Rahimzadeh Bajgiran, P., Darvishsefat, A.A., Khalili A., Makhdum, M., 2008. Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the northest of Iran. Journal od Arid environment 72(4).
- Sivakumar, D.A., Wilhite, B., 2002. Drought preparedness and drought management. http://www.drought.unl.edu.monitor/monitor.html
- Smart, A.J., Gates, R., Dunn, H., 2005. Drought and stocking rate effects on forage yield from western south Dakota rangelands. Animal and rangeland sciences.
- Stampfli A., Zeiter, M., 2004. Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought : a13- year study in southern Switzerland. Journal of ecology 92,568-576.
- Szabolcs, B., Szalai, S., 2006. Drought vulnerability, changing of vulnerability of southern Transdanubium, Hungary . Proceedings of the International Conference Information Systems in Sustainable Agriculture, Agroenvironmental and Food Technology, Volos, Greece
- Watanabe, T., Nagano, T., Kanber, R., 2005. Innovation cross-disciplinary approach to impact assessment of climate change on agricultural production system in arid areas., http://www.Chikyu.ac.jp/iccap
-Victor, U., Srivastava, N.N., Kumar, N.N., 2005. Drought Vulnerability of rainfed crops in semiarid tropics in India: New methods of determining rainfall variability. - White David H., S.Mark Howden, James J. Walcott, Rob M. Cannon, 1998, A framework for estimating the extent and severity of drought, based on a grazing system in sought-eastern Australia . Agricultural systems 57(3), 259-270.

Assesment of the Standard Index of Annual Precipitation,Standardized Precipitation Index and Palmer Drought Severity Index in the Rangelands of Qom Province

M. Azarakhshi*[1], B. Farokhzadeh[2], M. Mahdavi[3], H. Arzani[3] and H. Ahmadi[4]
[1] Assistant professor, Agriculture and Natural Resources College, Torbat-e- Heydariyeh High Education Complex, Torbat-e- Heydariyeh, I.R. Iran
[2] Assistant Professor, Malayer University, Malayer, I.R. Iran
[3] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
[4] Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, I.R. Iran
(Received: 2009/September/05 , Accepted: 2010/May/22)

Abstract
Iran is located in dry belt of the earth and always involved with drought in different sections. Drought has already caused many losses to natural plant cover, agriculture and human society. For drought monitoring, we can use some drought indecies. In this research, the Standard Index of Annual Precipitation(SIAP),Sandardized Precipitation Index (SPI) and Palmer Drought Severity Index (PDSI) were used for assessment of drought effects on rangeland plant production. The research area is located in Qom province that contains eight rangeland sites. Plant production and soil factors were measured in rangeland readiness period from 1997-1998 to 2005-2006 annualy. Regression techniques were used between drought indices and total production and also production of different vegetation forms in seven time scales (early March to late July (growth season) and early February to late July (growth season and the previous month), March to June, March to May, March to April and March (start of growth season). The best drought index was then selected based on the highest correlation coefficient and lowest standard error. The result showed that the best drought indices in Qom rangelands are SPI-3, PDSI, SPI-24 and SPI-6, respectively. Also the most significant time step was resulted growth season and specially early stage of growth season.

Keywords: Drought, Standard Index of Annual Precipitation,Standardized Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index, Forage production, Regression, Qom province

*Corresponding author: Tel: +98 531 2290255 Fax: +98 531 2291749 E-mail:azar39m@yahoo.com