

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۰، شماره پیاپی ۱۰۱

M. Baiati khatibi
F. Karami
M. Zahedi
D. Mokhtari

مریم بیاتی خطیبی: دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز

فریبا کریمی: دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز

مجید زاهدی: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

داود مختاری: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

E.mail: M_bayati@tabrizu. ac. ir

شماره مقاله: ۸۱۵

شماره صفحه پیاپی ۱۷۰۳۹-۱۷۰۰۹

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، در حوضه آذرشهرچای، با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی

چکیده

حوضه‌های زهکشی نواحی نیمه خشک، به لحاظ حاکمیت شرایط خاص، نسبت به وقوع خشکسالی‌ها حساسیت زیادی را از خود نشان می‌دهند. عکس العمل این حوضه‌ها نسبت به وقوع خشکی سطوح دامنه‌ها، به صورت از بین رفتن پوشش گیاهی، تشدید فرسایش آبراهه‌ای و خندقی و وقوع لغزش‌های متعدد در کنار مسیرهای جریان آب‌ها جلوه گر می‌شود. حوضه آذرشهر (واقع در مختصات جغرافیایی از $36^{\circ} 37'$ تا $49^{\circ} 37'$ عرض شمالی و از $44^{\circ} 20'$ الی $45^{\circ} 49'$ طول شرقی) به عنوان یکی از حوضه‌های توده کوهستانی سهند، در اثر وقوع خشکسالی‌های اخیر تغییرات قابل ملاحظه‌ای را بر عملکرد فرآیندهای ژئومورفولوژیک و در نتیجه، در اشکال ناشی از آنها تجربه کرده است. بررسی تغییرات آب‌های سطحی و زیرسطحی، ویژگی‌های شیمیایی آب‌ها، داده‌های رسوب رودخانه‌ها و... با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در طی سال‌های آماری، حاکی از تاثیرپذیری این ویژگی‌ها از وقوع خشکسالی‌هاست. در این مقاله، به منظور تعیین میزان تغییرات ژئومورفولوژیک ناشی از وقوع خشکسالی‌ها در محدوده مورد مطالعه، کلیه متغیرهای مورد نیاز تحلیل و با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه عصبی مصنوعی بررسی گردید و نقشه نهایی نیز با به کارگیری Arc/view ترسیم شد. نتیجه

حاصل از این تحلیل‌ها و انطباق آنها با واقعیات زمینی، حاکی از این است که بخش‌های مختلف حوضه از وقوع خشکسالی‌های اخیر کاملاً متأثر شده است، اما میزان و شدت تاثیرگذاری خشکسالی‌ها در پیدایش و توسعه پدیده‌های ژئومورفولوژیک در بخش‌های جنوبی، انتهای غربی و شرقی حوضه و قسمت‌های جنوبی بیشتر بوده است. در این بخش‌ها دامنه‌ها به شدت بر اثر وقوع خشکسالی‌ها آسیب دیده اند و خندق‌های عمیقی نیز شکل گرفته است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، فرسایش خندقی، لغزش، فرسایش، حوضه آذرشهرچای، شبکه عصبی مصنوعی

-مقدمه

به لحاظ حاکمیت شرایط خاص در چشم اندازهای کوهستانی، مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیک با نمودها و آثار کاملاً متفاوتی از سایر چشم اندازها ظاهر می‌گردند. این مناطق به دلیل دارا بودن پتانسیل زیاد برای وقوع انواع تغییرات، انعکاس تغییرات را با ابعاد متفاوت و مختلف جلوگر می‌سازند. وجود دامنه‌های پرشیب، خاک و سازندهای سطحی تحکیم نیافته، عدم حفاظت کامل دامنه‌ها توسط پوشش گیاهی و فعال بودن فرآیندهای مختلف در طول سال، برش پای دیواره دره‌ها توسط آب‌های جاری و در دهه‌های اخیر، دستکاری‌های غیراصولی انسان در محیط، زمینه را برای وقوع انواع مخاطرات مساعد ساخته است. خشکسالی یک مخاطره طبیعی و تاثیرگذار بر فعالیت فرآیندهای طبیعی، اقتصادی و انسانی است که عمده ترین پیامدهای آن، برهنگی زمین، بویژه برهنگی سطوح دامنه‌ها و تغییر در فعالیت فرآیندهای فرسایشی، در مناطق تحت تاثیر است (اته و گاستارد^۱، ۲۰۰۰، ۵۰ و چن و همکاران^۲، ۲۰۰۵، ۳۰۲). ابعاد پیامدهای

1 -Eate and Gustard

2 -Chen et al. ,

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۲۱

خشکسالی‌ها با ویژگی‌های محلی (مانند، اندازه حوضه‌ها، اقلیم حاکم، ویژگی‌های زمین شناسی و واحدهای سنگی، جهت‌گیری دامنه‌ها، نوع و ابعاد لایه‌های آبدار زیر زمینی) در رابطه است. از این نظرپایش‌های مکانی و بررسی‌های آثار ژئومورفولوژیک محلی وقوع خشکسالی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۴، ۴۴). گاه پیامدهای ژئومورفولوژیک پدیده‌های مذکور و پیامدهای آنها در محدوده زیست انسان، به مرور زمان و در اثر کاربری‌های نامناسب، به یک بلیه طبیعی منجر می‌شوند و با توجه به ابعاد گسترده و میزان تاثیرگذاری و همچنین نمود مختلف آنها در تمامی جنبه‌های انسانی، مقابله با حوادث یاد شده دشواری شود (مائو وهمکاران^۳، ۲۰۰۴؛ زو وهمکاران^۴، ۲۰۰۷ و هیسداروتالس^۵، ۲۰۰۳).

تشخیص خشکسالی‌ها برخلاف سایر مخاطرات طبیعی، به لحاظ ویژگی‌های فضائی و زمانی و مشخص نبودن آغاز و خاتمه آن بسیار دشوار است. به همین دلیل پی‌گیری اثرات آنها در سطح زمین، صرفاً با بررسی بعضی از اشکال ژئومورفولوژیک، - مانند میزان رشد طولی خندق‌ها، شیارها و افزایش میزان رسوبات به هنگام وقوع سیلاب‌ها- امکان پذیر است. در حیطه حوضه‌های کوهستانی، بویژه حوضه‌های کوهستان‌های نیمه خشک، آثار نهایی پدیده‌های مذکور، برهنگی سطح زمین و افزایش شدت سایش است (هنریکوز و سانتوس^۶، ۱۹۹۹، ۲۳ و بال^۷، ۱۹۹۱، ۴۵). به همین علت بررسی پیامدهای آن از نظر تعیین حساسیت فرسایشی سطوح و ارزیابی میزان در معرض خطر قرار رفتن زیستگاه‌های انسانی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برآورد حساسیت سطوح^۸ به وقوع حداکثرهای اقلیمی و هیدرولوژیک، مستلزم بررسی‌های دقیق حوضه‌ها از ابعاد مختلف نسبت به وقوع حداکثرها و پیامدهای آنهاست.

3 -Mao et al. ,

4 -Zhu et al. ,

5 -Hisdal and Tallaksen

6 -Henriques and Santos

7 -Bull

8- میزان تاثیرگذاری وقوع خشکسالی‌ها در هر یک از عوامل ویژه، ریسک و حساسیت مناطق را مشخص می‌کند

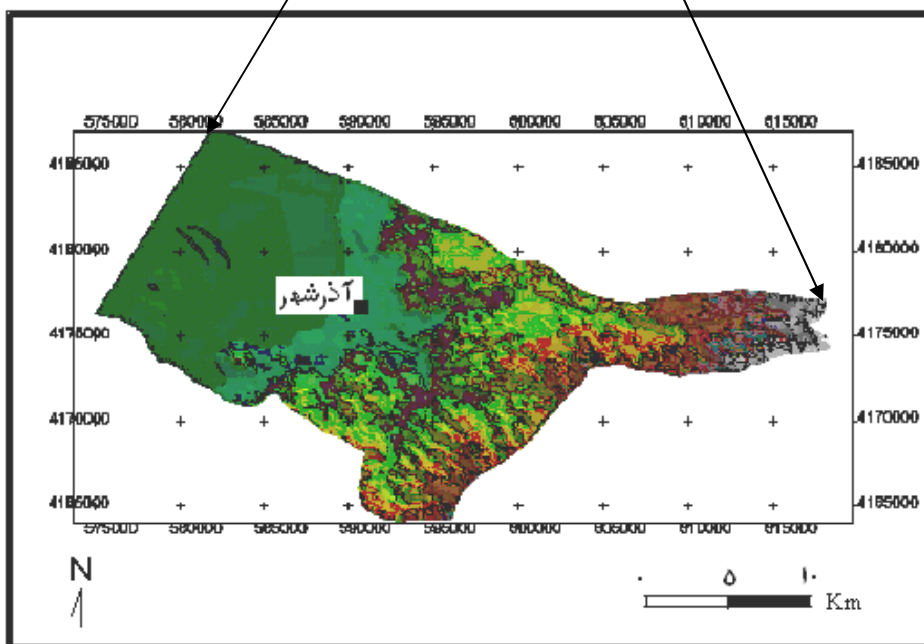
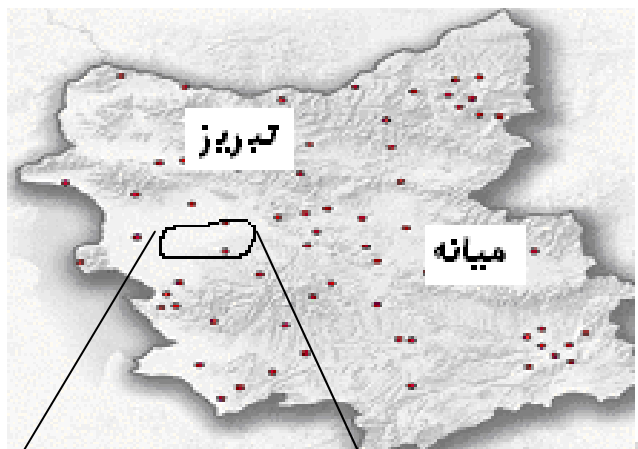
حوضه آذرشهرچای، واقع در دامنه‌های غربی کوهستان سهند، به عنوان یک محدوده نیمه خشک، به لحاظ وقوع خشکسالی‌های اخیر، آشفتگی محیطی را در ابعاد دامنه‌ها و دشت‌های سیلابی به صورت گوناگون تجربه کرده است که در این مقاله، قصد بر این است که به بررسی و تحلیل آثار ژئومورفولوژیک آنها پرداخته شود.

-موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی حوضه

حوضه آذرشهرچای که در $37^{\circ} 36'$ الی $37^{\circ} 49'$ عرض شمالی و $44^{\circ} 20'$ الی $45^{\circ} 49'$ طول شرقی کشیده شده است، در دامنه‌های غربی توده کوهستانی سهند، در شرق دریاچه ارومیه و در جنوب غرب محدوده شهرستان تبریز واقع شده است (شکل ۱). ارتفاعات کوهستان سهند، انتهای شرقی و جلگه آذرشهر، بخش انتهایی غربی آن را تشکیل می‌دهد. این حوضه شامل دو دره گنبروآمالو است که در بخش کوهستانی دره‌ها به صورت عمیق و پیچ و خم‌دار است و در بخش پایانی و در محدوده توپوگرافی کوهستانی، شیب ملایم شده، از شدت ناهمواری کاسته می‌شود. مجموع ارتفاع کوهستان سهند، موقعیت دره‌های فوق‌الذکر در مجموعه توده سهند، موجب فراهم شدن شرایط مناسب زیست - محیطی در این فضای جغرافیایی شده است.

در حوضه مذکور، تنوع زیادی در ویژگی‌های لیتولوژیک و زمین‌شناسی مشاهده می‌شود. قدیمیترین رسوبات مربوط به میوسن هستند که به صورت دگرشیب به وسیله رسوبات پلیوسن و کواترنر پوشیده شده است. رسوبات میوسن شامل کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ است که به صورت چین خورده و فرسایش یافته در زیر ولکانوسدیمانتر سهند قرار گرفته‌اند. گسترش دریاچه ارومیه در پلیوسن، مارن‌های ضخیمی را در این ناحیه برجای گذاشته است. به همین دلیل، سنگ کف جلگه آذرشهر را مارن‌های پلیوسن تشکیل داده‌اند. در بخش شمالی و جنوب غربی منطقه تراورتن‌های کواترنر محدوده وسیعی را به خود اختصاص داده‌اند.

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۲۳



شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شمال غرب کشور و در توده کوهستانی سهند

-مواد و روش‌ها

در این مقاله، شناسایی بیشتر ویژگی‌های طبیعی محدوده مورد مطالعه و تعیین پدیده‌های ژئومورفولوژیک و تعیین سطوح حساس نسبت به وقوع انواع مخاطرات ناشی از خشکسالی‌ها در محدوده سکونتگاه‌ها و سازه‌های انسانی، با استفاده از عکس‌های هوایی (با مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰) و تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته و بیشتر داده‌ها و اطلاعات نیز در طی مشاهدات زمینی از بخش‌های مختلف منطقه، که تحت تاثیر وقوع خشکسالی‌ها قرار گرفته‌اند، جمع آوری شده‌اند. داده‌های مربوط به بارش، دبی، درجه حرارت، رسوب و نوسان‌های سطح آب‌های زیر زمینی در کلیه سال‌های آماری جمع آوری (آمار ۳۹ ساله، از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۳) و تعیین شدت خشکسالی‌ها با استفاده از شاخصه‌های مختلف صورت گرفته است.

بررسی خشکسالی‌ها با استفاده از روش برآورد خشکی و با به کارگیری شاخص استاندارد بارش و یا نمایه خشکسالی (SPI) انجام شده است. در این بررسی از شاخصی به نام شاخص استاندارد بارش استفاده شده است (خوش اخلاق و روشن، ۱۳۸۵، ۴۵).

رابطه (۱)

$$SPI = Z = \frac{P_i - P}{S_d}$$

SPI یا Z = شاخص استاندارد بارش؛ P_i = بارش در یک دوره معین؛ P = متوسط دراز مدت

بارش و S_d = انحراف معیار داده‌های بارش

برآورد میزان رطوبت خاک در رابطه با تغییرات بارش و دماست. به همین دلیل، پس از مشخص نمودن وضعیت خشکی، میزان کمبود آب در خاک با شاخص کمبود رطوبت خاک (Ws) برآورد شده است (بوردی و سوتر، ۲۰۰۴، ۱۱۷). مقادیر حاصل از این شاخص - که نشان دهنده میزان کمبود آب در سازندهای سطحی و در عین حال، میزان فرسایش پذیری آنهاست - از رابطه زیر قابل محاسبه شده است (رابطه ۲).

رابطه (۲)

$$W_s = R - R_p / t$$

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوزه آذرشهرچای، ... / ۲۵

$WS =$ کمبود رطوبت در سازندهای سطحی، $R =$ بارش ماهانه به میلی متر و $R_p =$ ضریب مربوط به دما که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_p = 30(t+7)$$

در این رابطه $t =$ دمای ماهانه است.

دراقالیم نیمه خشک، بخش مهمی از رطوبت سطحی بر اثر تبخیر و تعرق تلف می‌شود و کمبود رطوبت سطوح، زمینه را برای تشدید فرسایش فراهم می‌سازد. بنابراین، باید دربرآورد میزان رطوبت سطحی، این پارامتر مهم نیز مدنظر قرار گیرد. در این مورد، شاخص مهم دیگری که استفاده شده، شاخص رطوبت سطحی است. در واقع، با توجه به میزان بارش سالانه و تبخیر و تعرق بالقوه، می‌توان با استفاده از این شاخص، مازاد آبی را که می‌تواند در مواد سطحی باقی بماند، محاسبه نمود. شاخص مذکور به صورت زیر قابل طرح است (داونینگ، و باکر، ۲۰۰۰، ۲۲۲).

رابطه (۳)

$$SHI = P/PE$$

$SHI =$ شاخص جریان‌های سطحی ؛ $P =$ متوسط درازمدت بارش ماهانه و $PE =$ تبخیر و تعرق بالقوه (تورنث وایت)

در محدوده‌های کوهستانی و پرعارضه، مقادیر رطوبت سطحی با عوارض سطحی و توپوگرافیک در رابطه است. با تکیه بر این واقعیت، سعی شده است در این مقاله، مقادیر رطوبت سطحی در رابطه به عامل توپوگرافی نیز بررسی گردد. برای بررسی رابطه رطوبت سطحی با توپوگرافی محلی، از رابطه ۴ بهره گیری شده است:

رابطه (۴)

$$W = \ln(a/\tan\beta)$$

$W =$ شاخص رطوبت توپوگرافیکی^{۱۱}؛ $a =$ مساحت محدوده مورد نظر در بالای دامنه (مساحت محدوده بین منحنی میزانها در بالای دامنه) و $\beta =$ شیب هر سلول^{۱۲}
برای بررسی رابطه بین سطح ایستابی با توپوگرافی محلی، از رابطه زیر بهره گیری شده است:

رابطه (۵)

$$W = \ln(a/\tan\beta)$$

در رابطه ۵

$W =$ شاخص رطوبت توپوگرافیکی و $a =$ مساحت محدوده مورد نظر در بالای دامنه (مساحت محدوده بین منحنی میزانها در بالای دامنه) و $\beta =$ شیب هر سلول
برای محاسبه تراکم زهکشی نیز از رابطه ضریب تراکم استفاده شده است.
رابطه (۶)

$$DR = \sum r/A$$

$DR =$ ضریب تراکم آبراههها در واحد سطح؛ $r =$ طول آبراههها و $A =$ واحد سطح
آمار مربوط به نوسانهای سطح ایستابی، تغییرات در مقادیر کلرید و هدایت الکتریکی (در شرایط حداقل بارش) و همچنین، محاسبه میزان تراکم زهکشی در سطوح مختلف حوضه (به عنوان پارامتر مشخص کننده ویاتحت تاثیر) و همچنین، مقادیر رطوبت سطحی و پارامترهایی که ذکر شد با استفاده از شبکه عصبی به صورت زیر تحلیل شده است :
در این مقاله از شبکه عصبی با چندین لایه پنهان (شبکه عصبی BPNN). استفاده شده است:

11 -The topographic wetness index

12 -Hsu et al. ,

برای محاسبه شاخص رطوبت توپوگرافیکی، ابتدا در بالای نقطه مورد نظر مساحت محدوده بین منحنیهای میزان از روی نقشههای توپوگرافی و سپس شیب محدوده مورد نظر محاسبه می گردد. پارامترهای مورد نظر در رابطه گذاشته شده و در نهایت، میزان رطوبت توپوگرافیکی به دست می آید

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوزه آذرشهرچای، ... / ۲۷

رابطه (۷)

$$Z(\text{in})_h = \sum u_{ih} y_i + u_{oh}$$

هریک از فعالیت‌های این نرون‌ها محاسبه و نتایج آنها به نرون‌های $K_1 \dots K_p$ به دومین لایه پنهان فرستاده شده و کل ورودی از اولین لایه پنهان به نرون K_j ام از رابطه زیر محاسبه شده است (هسو و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۳، ۴۹۲).

رابطه (۸)

$$K(\text{in})_j = \sum v_{jh} Z_h + V_{oj}$$

در نهایت، بارخروجی هر نرون در دومین لایه پنهان محاسبه شده و نتایج آن به نرون خروجی فرستاده شده است. کل ورودی به نرون خروجی O از دومین لایه پنهان به صورت زیر است:

رابطه (۹)

$$O(\text{in}) = \sum K_j w_j + w_o$$

هر نرون خروجی به خروجی شبکه طبق تابع عملکرد $o = f\{o(\text{in})\}$ بار می‌شود. تابع عملکرد در شبکه‌های چند لایه ای تابع زیگموئید خواهد بود که در این تحقیق نیز از آن بهره‌گیری می‌شود (زو و همکاران^{۱۴}، ۲۰۰۷، ۱۱۵):

رابطه (۱۰)

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$$

برای به روز نمودن وزن‌ها نیز از رابطه زیر استفاده شده است:

رابطه (۱۱)

$$W_{j,n} = W_{j,o} + \Delta W_j$$

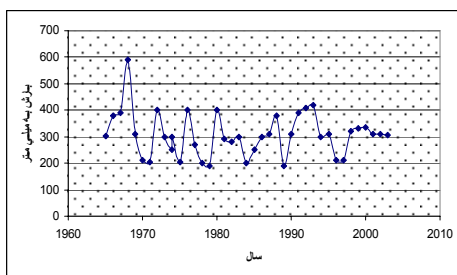
همان گونه که رابطه‌های بالا نشان می‌دهد، میزان تاثیر ورودی روی خروجی به وسیله وزن-ها تعیین می‌شود. در این تحقیق نیز نخستین کاری که پس از استاندارد نمودن داده‌ها صورت گرفته است، تعیین شدت و میزان هر متغیر روی همدیگر و روی خروجی و تعیین وزن‌ها بوده است.

برای تهیه نقشه خروجی وزن‌های نهایی جمع جبری شده و حاصل جمع با استفاده از نرم افزار Arc/view به نقشه سطحی تبدیل شده است و در نهایت، نتیجه گیری‌های نهایی با توجه به نقشه خروجی و اطلاعات حاصل از پایش‌های مکانی به دست آمده است.

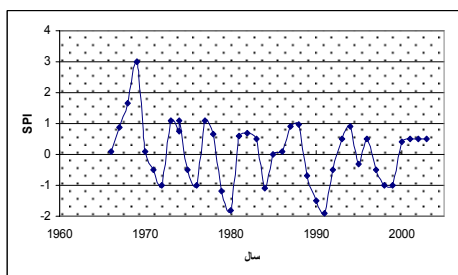
– بحث و نتیجه گیری

در میان حوضه‌های مختلف کوهستان سهند، حوضه آذرشهر بیشترین تغییرات بارش و شدیدترین خشکسالی‌ها را تجربه کرده است (لشنی و تلوری، ۱۳۸۳، ۷۵). تحلیل تغییرات بارش و همچنین وضعیت منطقه با شاخص‌های خشکسالی نشان می‌دهد که در سه دهه گذشته منطقه شدیدترین خشکسالی‌ها را تجربه کرده است (شکل ۲ الف و ب). در طول ۴۰ سال گذشته میزان بارش به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داشته است (شکل ۲ الف) و مقادیر مربوط به شاخص استاندارد بارش به زیر محدوده صفر (شکل ۲ ب) میل نموده‌اند.

(ب)



(الف)



شکل (۲) الف) تغییرات بارش (از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۳) و ب) شاخص استاندارد بارش (سالانه) برای ایستگاه آذرشهر

در این مطالعه کوشش شده است که نقش کلیه عوامل در آشفتگی سطوح در رابطه با وقوع خشکسالی‌ها با استفاده از شبکه عصبی بررسی و تحلیل گردد. به همین دلیل، برای بررسی نقش عوامل مختلف در تغییرات ژئومورفولوژیک سعی شده است ابتدا ارتباط

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۲۹

عوامل انتخابی با حداقل بارش، سپس نقش توام عوامل مختلف در قالب لایه‌های متنوع در بروز و یا تغییر مکان اشکال ژئومورفولوژیک بررسی گردد.

۱) بررسی خشکسالی و آثار آن با استفاده از ارتباط حداقل بارش و حداکثر کمبود آب

درخاک در سطح حوضه آذرشهرچای

در این مطالعه، پیش فرض قبلی این بود که با کاهش میزان بارش و یا در مواقع بروز حداقل‌های بارش، میزان رطوبت در خاک کاهش یابد و سطوح دامنه‌ها بیشتر در معرض فرسایش خندقی و در معرض لغزش‌ها قرار گیرد و در نتیجه، شرایط برای تشکیل و یا توسعه بعضی از پدیده‌های ژئومورفولوژی، بویژه خندق‌ها مساعد شود. بررسی رابطه میزان کمبود آب درخاک و حداقل‌های بارش در طول سال آماری نشان داد که با کاهش میزان بارش بر میزان کمبود آب درخاک افزوده شده است، اما رابطه بین حداکثر بارش و میزان کمبود آب درخاک پیچیده است که دلیل این امر بیشتر به ماهیت رابطه محاسبه‌ای میزان کمبود آب درخاک مربوط می‌شود. روابط آماری نیز نشان می‌دهد میزان کمبود آب درخاک با ضریب تبیین ۶۵، ۰ با حداقل‌های بارش توجیه می‌شود. نقشه مربوط به حداکثر کمبود آب در شرایط خشکسالی نیز حاکی از این است که در بخش مرکزی حوضه کمبود آب شدت بیشتری می‌یابد (شکل ۳ الف). بنابراین، زمانی که خشکسالی درحوضه رخ می‌دهد، در این بخش احتمال مشاهده آثار فرسایشی ناشی از وقوع خشکسالی‌ها بیشتر می‌گردد.

۲) بررسی خشکسالی با استفاده از رابطه میزان یون کلرید با حداقل‌های بارش در سطح

حوضه

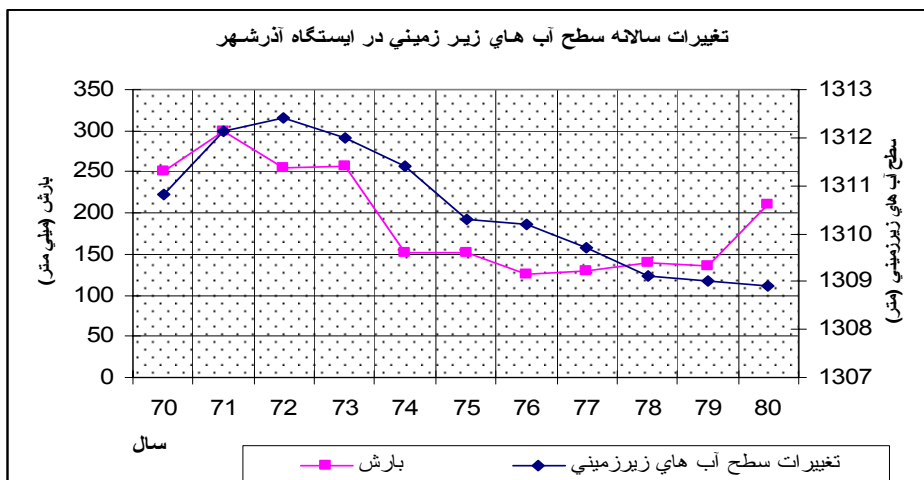
یون کلرید یکی از آنیون‌های مهم موجود در آب است که عموماً به صورت نمک‌های سدیم و منیزیم با حلالیت بالا در آب وجود دارد. با توجه به اینکه این یون تحت تاثیر

فرآیندهای شیمیایی جذب نمی‌شود، می‌تواند به عنوان ردیاب مهم و تغییرناپذیر در بررسی خشکی محیط مورد استفاده شود. به همین دلیل، در این تحقیق نیز به عنوان شاخص مهم کمبود آب و خشکی در سطح حوضه استفاده شده است. بررسی رابطه کلرید با کاهش بارش در یکی از ایستگاه‌های مورد اندازه‌گیری (آذرشهر) نشان می‌دهد که در طی سال‌های مورد بررسی (از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۳)، هرچه میزان بارش کاهش یافته، بر میزان کلرید افزوده شده است. بررسی رابطه کلرید با کاهش بارش نشان می‌دهد که رابطه موجود در سطح حوضه چندان قوی نیست. دلیل این امر نه به عدم رابطه این دو، بلکه به کمبود اطلاعات، بویژه در بخش‌های ارتفاعات حوضه و کاهش میزان کلرید در آب‌های این بخش از حوضه مربوط است. روابط آماری نیز حاکی از وجود ارتباط ضعیف بین پارامترهای مذکور است. نقشه مربوط به توزیع کلرید در شرایط خشکی محیط، حاکی از این است که بیشترین میزان کلرید در ارتفاعات حوضه؛ یعنی در بخش شمال غربی آن مشاهده می‌شود (شکل ۳ب). در این قسمت، دامنه‌های متشکل از آبرفت‌های ضخیم قرار گرفته‌اند که با کاهش رطوبت تحت فرسایش قرار می‌گیرند.

۳) بررسی آثار خشکسالی با استفاده از رابطه سطح ایستابی با کاهش بارش

وجود رابطه سطح ایستابی با تغییرات مقدار بارش نزولی، در واقع، امری بدیهی و رابطه‌ای مستقیم است، یعنی زمانی که بارش کاهش یابد سطح آب‌های زیرزمینی افت می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در محدوده مورد مطالعه نیز با کاهش بارش از سطح آب‌های زیرزمینی کاسته شده است (شکل ۴).

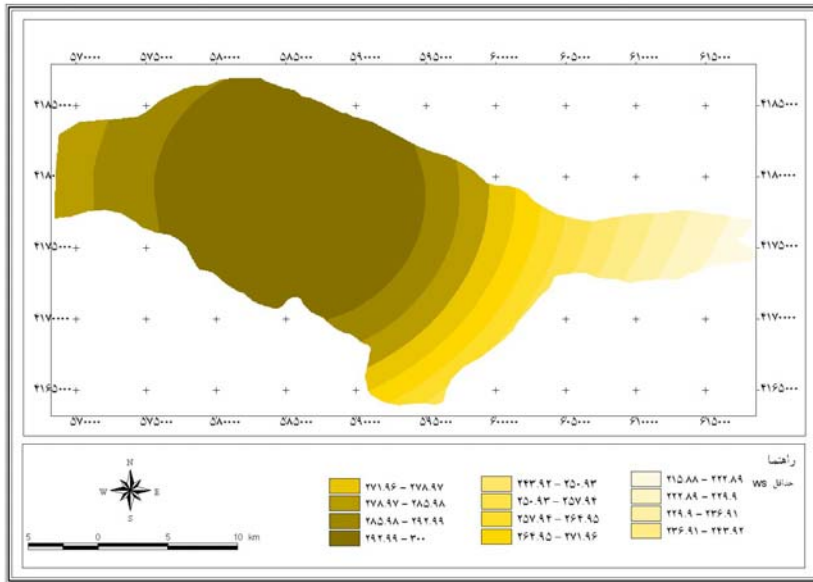
با توجه به رابطه بسیاری از پدیده‌های ژئومورفولوژی با سطح آب‌های زیرزمینی و در نتیجه با نوسان‌های بارش، سعی شده است در این مطالعه، رابطه این دو پارامتر در سطح حوضه نیز بررسی گردد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که با کاهش در میزان بارش از سطح آب‌های زیرزمینی کاسته می‌شود (شکل ۳ پ).



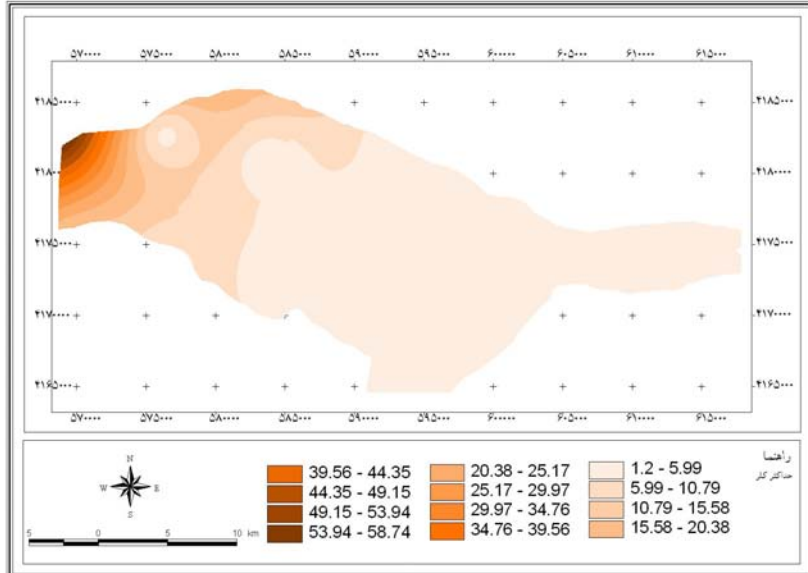
شکل (۴) تغییرات سطح آب‌های زیر زمینی در ۱۰ سال مورد بررسی (از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰)

۴) بررسی آثار خشکسالی با استفاده از رابطه هدایت الکتریکی با کاهش بارش

تغییرات در میزان هدایت الکتریکی نیز معیار مناسبی برای بررسی میزان کاهش در آب‌های زیرسطحی، خشکسالی و آثار آن است. هرچه میزان استحصال از آب‌های زیرزمینی بالا باشد، میزان هدایت الکتریکی نیز افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، هرچه آب‌های سطحی کاهش و نیاز به استفاده از آب‌های زیرسطحی افزایش یابد، بر میزان هدایت الکتریکی نیز افزوده می‌شود. با توجه به رابطه بین هدایت الکتریکی در میزان ورودی‌ها آب‌های زیرزمینی و در نتیجه، وجود رابطه بین این پارامتر با میزان بارش، در این مطالعه نیز این متغیر به عنوان یکی از پارامترهای شاخص کاهش بارش، مد نظر قرار گرفته است. با توجه به نقشه مربوط به توزیع میزان هدایت الکتریکی، نقش خشکسالی در سطح حوضه را می‌توان ملاحظه نمود (شکل ۳ث).

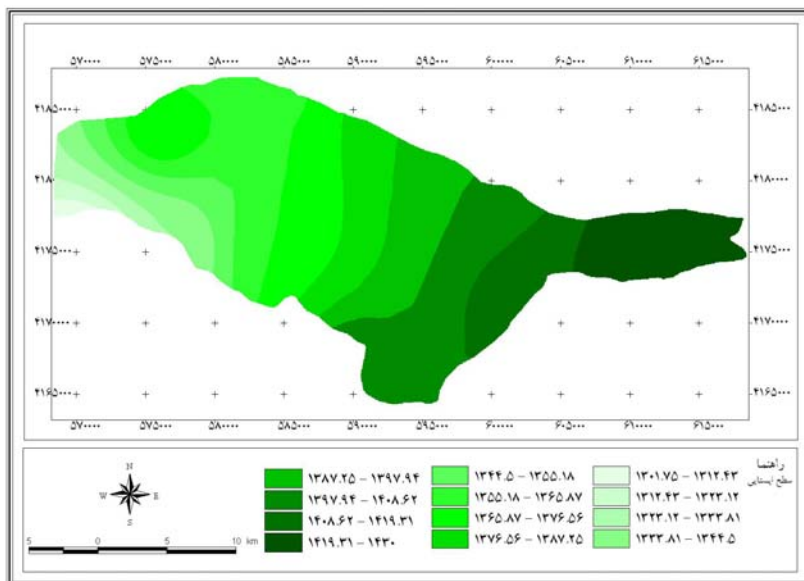


(ب)

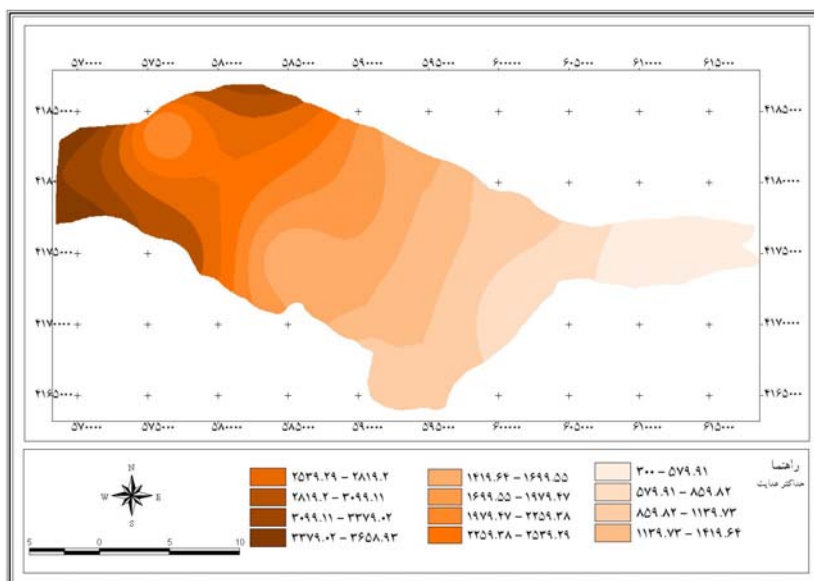


(پ)

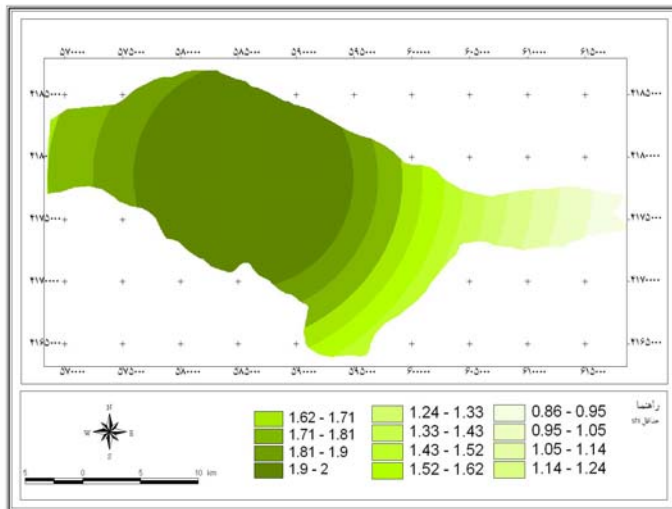
بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۳۳



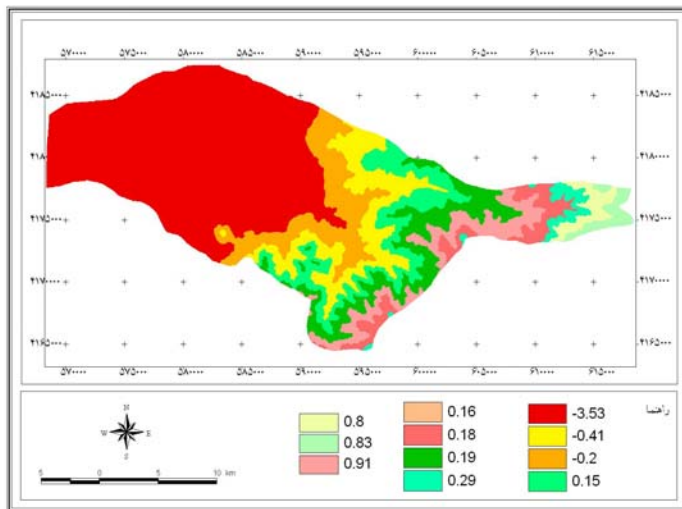
(ت)



(ث)



ج



شکل (۳) الف) نقشه حداکثر کمبود آب در خاک در شرایط خشکسالی، ب) نقشه حداکثر کلرید در سطح حوضه آذرشهرچای در شرایط وقوع خشکسالی؛ پ). نقشه حداقل سطح ایستابی در شرایط خشکسالی؛ ت) نقشه هدایت الکتریکی در شرایط خشکسالی؛ ث) وضعیت جریان‌های سطحی در شرایط خشکسالی و ج) نقشه حداقل جریان‌های سطحی در سطح حوضه آذرشهرچای در رابطه با توپوگرافی در حوضه آذرشهرچای

۵) بررسی خشکسالی با استفاده از رابطه تغییرات جریان آب‌های سطحی با کاهش بارش

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۳۵

کاهش میزان آب‌های سطحی از نخستین نشانه‌های وقوع خشکی در حیطه یک حوضه است که خود با آثار مشخص ژئومورفولوژی دیگری همراه است. نقشه وضعیت جریان‌های سطحی در شرایط خشکسالی نشان دهنده تاثیر خشکسالی‌ها در محدوده مورد مطالعه است (شکل ۳). اگر عامل توپوگرافی نیز در رابطه دخیل داده شود، وضعیت جریان‌های سطحی در رابطه با خشکسالی به واقعیات نزدیکتر خواهد بود (شکل ۳).

۶) بررسی آثار خشکسالی با استفاده از میزان تراکم آبراهه‌ها

معمولا خندق‌ها ولغزش‌های بزرگ در مسیرهای منتهی به آبراهه‌ها رخ می دهند (شکل ۵). میزان تراکم آبراهه‌ها در واقع معرف مناطق حساس به فرسایش آبراهه ای و حضور خندق‌های بزرگ هستند (وگت وهمکاران^{۱۵}، ۲۰۰۷ ص ۲۸۳ واستتا^{۱۶}، ۲۰۰۲ ص ۲۲). در این بررسی، تراکم آبراهه‌ها به عنوان یکی از لایه‌های ورودی مدنظر قرار گرفته است.

قبل از تحلیل داده‌ها با روش عصبی رابطه تمامی متغیرها با پراکندگی خندق‌ها ولغزش‌ها بررسی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می دهد که تقریبا رابطه تمامی متغیرهای مورد بررسی - که در قالب نقشه سطحی ارائه شده است - با پراکندگی پدیده‌های ژئومورفولوژی معنی دار است و در واقع، با بررسی روابط تک تک متغیرها با پدیده‌های ژئومورفولوژی، می توان روابط همه آنها را در قالب متغیرهای تاثیرگذار بر روی پدیده‌های ژئومورفولوژی با استفاده از روش شبکه عصبی تحلیل نمود^{۱۷}.

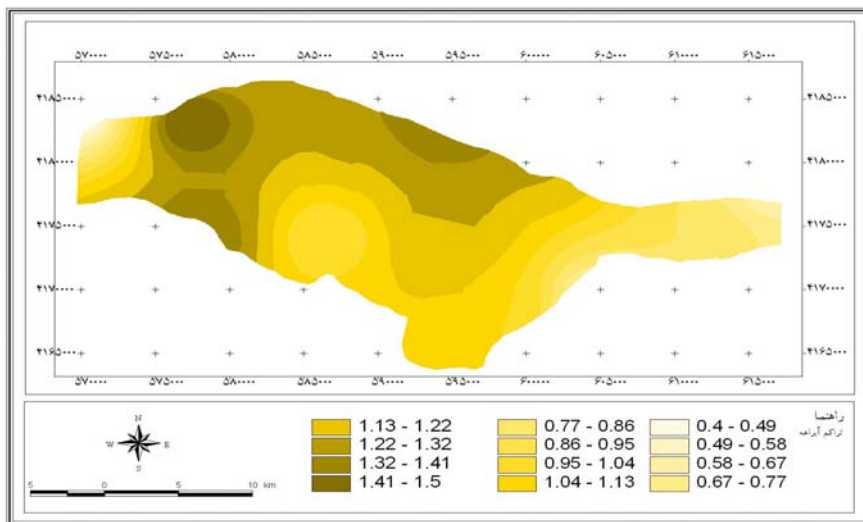
-تحلیل داده‌ها و بررسی آثار وقوع خشکسالی‌ها با روش شبکه عصبی مصنوعی

15 -Vogt et al. ,

16 -Eassetta

17 - برای هم ارزش کردن متغیرها بایکدیگر (مانند پراکندگی لغزش‌ها وخندق‌ها با میزان و...) همه متغیرها به رقم تبدیل شده اند.

در تحقیقات ژئومورفولوژیکی که عوامل و متغیرهای زیادی در پدید آمدن اشکال مختلف نقش ایفا می‌کنند، از شبکه عصبی با چندین لایه پنهان استفاده می‌کنند (شبکه عصبی BPNN). در چنین شبکه‌ای و یا عملیات و یا در قالب کاربردی تر در پدید آمدن یک پدیده، ورودی هر نرون یک سیگنال ورودی را دریافت می‌کند که خبررسان ارتباط با نرون‌های دیگر و یا نرون‌ها در اولین لایه پنهان است (هیسو و وانگ، ۲۰۰۳، ۴۹۲ و وگت و همکاران، ۲۰۰۷، ۲۸۵)). کل سیگنال ورودی محاسبه شده است (جدول ۱ تا ۸). اگر نتایج حاصل از روش مذکور (جدول ۱ تا ۸) به صورت نمودار ارائه شود (شکل ۷) مشخص خواهد شد که تغییرات در پدیده‌های ژئومورفولوژی (خندق و لغزش) و تغییرات در مکان‌های تحت فرسایش این پدیده‌ها، در شرایط حداقل، از نظر مکانی بسیار بیشتر خواهد بود. (شکل ۶). برای تهیه نقشه خروجی وزن‌های نهایی جمع جبری شده و حاصل جمع با استفاده از نرم افزار Arc/View به نقشه سطحی تبدیل شده است (شکل ۷).



شکل (۵) نقشه میزان تراکم آبراه‌ها در حوضه آذرشهرچای (واحد کیلومتر در کیلومتر مربع)

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۳۷

نقشه شکل ۷ براساس وزن‌ها ترسیم شده است که بیشترین وزن حکایت از تشدید فرسایش در صورت کاهش بارش و وقوع خشکسالی‌هاست. ارقام منفی حاکی از تاثیر نپذیرفتن این مناطق از وقوع حداقل‌هاست. این نقشه نشان می‌دهد که بخش‌های جنوب غربی و انتهای شرقی و همچنین، انتهای غربی حوضه، از حساسترین بخش‌های منطقه برای تشدید فرسایش (فرسایش خندقی و وقوع لغزش‌ها) بر اثر وقوع خشکسالی‌ها هستند.

جدول (۱) وزن‌های اصل از ورودی اول و لایه اول (رابطه حداقل‌های بارش با متغیرها)

| کلاس | حداکثر کمبود آب در خاک | حداقل رطوبت سطحی | حداکثر کلرید | حداکثر هدایت الکتریکی | حداقل سطح ایستایی |
|------|---------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|
| ۱ | ۱۰۹۲ .۰ | ۲۱۶۴۸ .۰ | ۵۱۲ .۰ | ۲۴۸۸ .۰ | -۶۴۵۳ .۰ |
| ۲ | ۱۳۶۸ .۰ | ۲۱۸۲ .۰ | ۳۸۷۳ .۰ | ۰۹۹۶ .۰ | -۶۹۴۸ .۰ |
| ۳ | ۲۰۵۰۹ .۰ | ۲۱۶۷ .۰ | -۷۳۷ .۰ | ۰۰۹۹ .۰ | -۶۸۶۵ .۰ |
| ۴ | ۲۸۹۷ .۰ | ۲۱۸۲ .۰ | ۲۲۲۴ .۰ | ۲۰۶۷ .۰ | -۶۸۸۹ .۰ |
| ۵ | ۱۹۴۶۷ .۰ | ۲۲۰۸ .۰ | ۴۲۵۱ .۰ | ۲۰۵۳ .۰ | -۵۲۸۳ .۰ |
| ۶ | ۳۱۵۷ .۰ | ۲۲۰۹ .۰ | ۴۵۰۸ .۰ | ۲۰۳۹ .۰ | -۶۳۶۸ .۰ |
| ۷ | ۲۳۷۱ .۰ | ۲۱۶۱ .۰ | ۳۹۱۹ .۰ | ۲۰۰۳ .۰ | -۱۷۵۵ .۰ |
| ۸ | ۳۹۷۳ .۰ | ۲۱۶۳۳ .۰ | ۴۰۵۸ .۰ | ۸۹۷۱ .۰ | -۴۲۹۱ .۰ |
| ۹ | ۲۳۵۳ .۰ | ۲۰۹۱۶ .۰ | ۴۳۴۸ .۰ | ۲۰۱۸ .۰ | -۷۳۲۵ .۰ |
| ۱۰ | ۱۱۹۲۷ .۰ | ۰۱۳۴ .۰ | ۴۸۶۷ .۰ | ۲۰۱۸ .۰ | -۳۱۲۸ .۰ |
| ۱۱ | ۰۹۰۹ .۰ | -۰۹۹۸ .۰ | ۴۲۰۷ .۰ | ۲۰۱۹ .۰ | -۲۶۲۲ .۰ |
| ۱۲ | ۰۹۳۳ .۰ | -۰۹۰۳ .۰ | ۴۰۷۴ .۰ | ۲۰۱۹ .۰ | -۲۶۱۹ .۰ |

جدول (۲) بایاس‌های حاصل از ورودی اول ولایه اول (رابطه حداقل‌های بارش بامتغیرها)

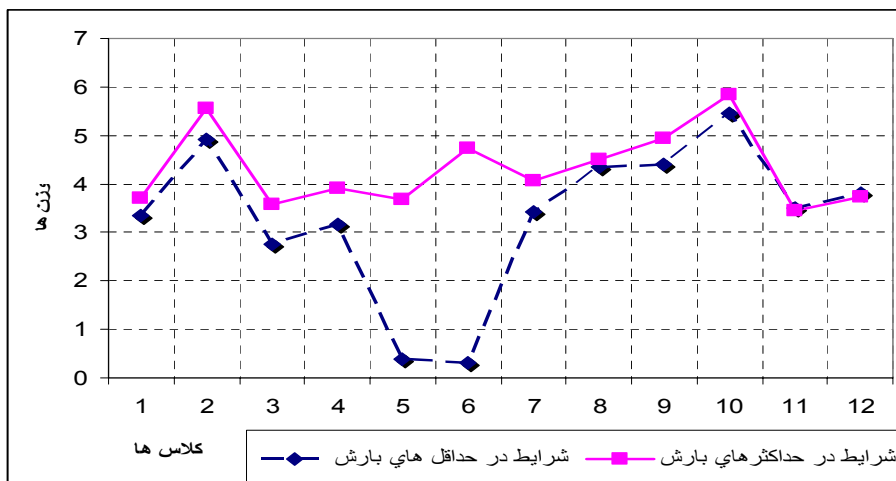
| کلاس | حداکثر کمبود آب در خاک | حداقل رطوبت سطحی | حداکثر کلرید | حداکثر هدایت الکتریکی | حداقل سطح ایستابی |
|------|---------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|
| ۱ | ۲ | -۱۱.۳ | ۳ | ۴۹.۹ | -۸۳.۳ |
| ۲ | ۸۵.۱ | -۹.۲ | ۶۲.۳ | ۰۴.۱ | -۸۷.۳ |
| ۳ | ۷۷.۱ | -۰.۸.۳ | ۹۸.۳ | ۰۵.۱ | -۸۴.۳ |
| ۴ | ۷۱.۱ | -۹.۲ | ۵.۴ | ۱۵.۱ | -۹.۳ |
| ۵ | ۶۵.۱ | -۵۹.۲ | ۹۸.۳ | ۰۶.۱ | -۸۷.۳ |
| ۶ | ۸۵.۱ | -۶.۲ | ۲۲.۴ | ۰۴.۱ | -۸۶.۳ |
| ۷ | ۶۵.۱ | -۱۵.۳ | ۶۷.۳ | ۳۶.۱ | -۸۷.۳ |
| ۸ | ۸۵.۱ | -۱۶.۳ | ۸.۳ | ۵۶.۷ | -۸۷.۳ |
| ۹ | ۸۵.۱ | -۷۲.۲ | ۰۷.۴ | ۰۴.۱ | -۸۶.۳ |
| ۱۰ | ۶.۱ | -۲۳.۳ | ۰۷.۴ | ۰۴.۱ | -۸۸.۳ |
| ۱۱ | ۷۸.۱ | -۹۳.۲ | ۰۹.۴ | ۰۵.۱ | -۸۶.۳ |
| ۱۲ | ۸.۱ | -۰.۵.۳ | ۷۷.۳ | ۰۵.۱ | -۸۳.۳ |

جدول (۳) وزن‌ها و بایاس‌های حاصل از ورودی دوم در لایه دوم

| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| تراکم زهکشی | ۳.۰ | ۳۱.۰ | ۳۲.۰ | ۲۸.۰ | ۳۱.۰ | ۲۸.۰ | ۳۱.۰ | ۳۱.۰ | ۳۱.۰ | ۳.۰ | ۸۳.۰ | ۱۹.۰ |
| بایاس‌ها | ۱۷.۳ | ۴.۳ | ۵.۳ | ۱۵.۳ | ۳۶.۳ | ۱۷.۳ | ۳.۳ | ۳۶.۳ | ۲۱.۳ | ۳۶.۳ | ۱۹.۲ | ۱۹.۲ |

جدول (۴) وزن‌ها و بایاس‌های حاصل از ورودی سوم در لایه دوم

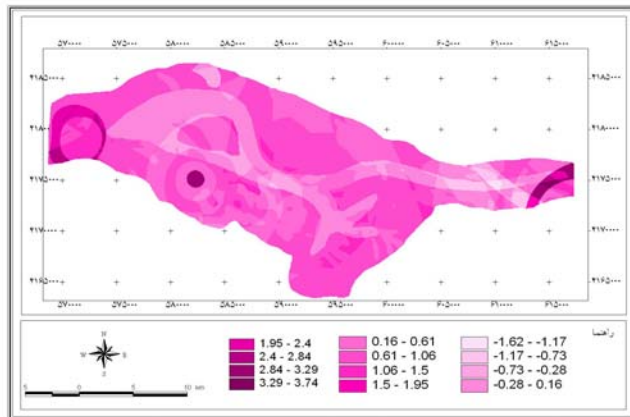
| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
|----------------------|-------|--------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| رطوبت توپوگرافیکی | -۳۵.۰ | -۲.۰ | -۴۱.۰ | ۱۵.۰ | ۱۹.۰ | ۹۱.۰ | ۱۶.۰ | ۱۸.۰ | ۲۹.۰ | ۸.۰ | ۸۳.۰ | ۸۳.۰ |
| بایاس‌ها | -۵۳.۳ | -۰.۶.۲ | -۹.۳ | ۵۸.۱ | ۰.۱.۲ | ۷۲.۹ | ۶۹.۱ | ۷۹.۱ | ۹۸.۹ | ۳۹.۸ | ۴.۸ | ۴.۸ |



شکل (۶) تغییرات پدیده‌های ژئومورفولوژی (با تاکید بر فرسایش خندقی و لغزش) در شرایط حداقل و حداکثر وقوع بارش

-پایش‌های مکانی اثرات ژئومورفولوژیک وقوع خشکسالی‌ها در حوضه

پایش‌های مکانی در محل و همچنین، شنود شکوه‌های ساکنان محلی، حاکی از این است که وقوع خشکسالی‌های اخیر تغییرات عمده‌ای را در تراکم پوشش گیاهی، درختان و ظهور و توسعه برخی از اشکال ژئومورفولوژیک پدید آورده است. شکل‌گیری بعضی از اشکال ژئومورفولوژیک مانند فرسایش سطحی در سطوح دامنه‌ها، ایجاد و رشد خندق‌ها و وقوع لغزش‌ها، در ارتباط مستقیم با تغییر در ویژگی‌های اقلیمی و هیدرولوژیک منطقه بوده است. در محدوده مورد مطالعه، وقوع لغزش‌ها در دامنه‌های مشرف به بستر رودخانه‌ها، در سال‌های اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است، که یکی از دلایل عمده آن، برچیده شدن پوشش گیاهی از سطوح دامنه‌ها-ست (شکل ۸). وقوع لغزش‌ها موجب انباشت مواد دامنه‌ای در کناره بستر جریان دره‌ها و در نهایت، با ورود به جریان‌های سطحی در مواقع پربابی، موجب افزایش بار رسوبی جریانات سطحی شده است (شکل ۸).



شکل (۷) پهنه بندی تغییرات ژئومورفولوژیک (فرسایش خندقی و وقوع لغزش‌ها) در شرایط وقوع حداقل‌های بارش و وقوع خشکسالی (واحد نقشه بدون بعد است)

خندق‌ها و لغزش‌ها، شاید از مهمترین پدیده‌های ژئومورفولوژیک باشند که ایجاد و رشد آنها در ارتباط مستقیم با شرایط آب و هوایی و بروز تغییرات سریع آن است. همواره در بررسی علل تشکیل و رشد این پدیده‌های ژئومورفولوژیک، آنچه در مرحله نخست مدنظر قرار می‌گیرد، تغییرات هیدرولوژیک و تغییر ویژگی‌های سطحی دامنه‌ها در رابطه با تغییرات اقلیمی و درموردی دستکاری‌های انسانی در دامنه‌هاست. در منطقه مورد مطالعه، این پدیده‌های ژئومورفولوژی رشد قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند (شکل ۸). تقریباً در اغلب قسمت‌هایی که دامنه‌ها از مارن و یا آبرفت‌های ضخیم تشکیل شده‌اند، می‌توان خندق‌های عمیق و لغزش‌های بزرگ را ملاحظه نمود. علاوه بر اینکه پایین رفتن سطح آب‌های زیر قشری و کاهش پوشش سطحی دامنه‌ها، موجب تشکیل خندق‌ها و وقوع لغزش‌ها شده است، آشفستگی سطوح دامنه‌ها و دیواره دره‌ها در قالب انواع فرسایش، مانند: فرسایش سطحی و ریزش‌های ناگهانی نیز ظاهر شده است (شکل ۸). یکی از مشکل‌آفرین‌ترین بخش خسارات ناشی از وقوع خشکسالی اخیر، خشک شدن درختان گردو (منبع درآمد اصلی ساکنان محلی) است. این درختان از قسمت پایین به تدریج و به صورت ردیفی خشک می‌شوند و با خشک شدن آنها کناره‌های بستر جریان رودخانه‌ها و بخش‌های پایینی دامنه‌ها در معرض فرسایش قرار می‌گیرند.

(ب)

(الف)



شکل ۸: (الف) تشکیل خندق عمیق و طولیل در سطح دامنه‌ها دربخش میانی حوضه آذرشهرچای و (ب) وقوع لغزش درکناره بسترجریان و ورود مواد به داخل بستر در یکی از شاخاب‌های رودخانه گنبرچای در حوضه

با عنایت به مواردی که ذکر شد، می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر استیلای خشکسالی در دودهه اخیر برکل منطقه، آشفستگی درسطوح دامنه‌ها شدت گرفته است. بیشترین تاثیر بروز خشکسالی‌ها، که تاثیرمستقیم آن درفعالیت فرآیندهای ژئومورفولوژی قابل پی گیری بوده، دررطوبت سطحی خاک، آب‌های زیرزمینی و رواناب‌های سطحی بوده است. بررسی‌هایی که درمورد چنین متغیرهای وابسته به تغییرت اقلیمی صورت گرفته، نشان می‌دهد که افزایش میزان تهی شدن آب‌های زیرزمینی ناشی ازوقوع خشکسالی‌های اخیر، در قسمت‌های مختلف حوضه به شدت ظاهر شده است که نتیجه آن کمبود آب درخاک سطوح بوده است. این کمبود درسال‌های کم آبی بسیارشدت گرفته است. برای نمونه، در سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۷۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱، بخش‌های شمال شرقی حوضه با توجه به میزان بارش دریافتی و درجه حرارت حاکم، خاک، شدیدترین کمبود آب را تجربه نموده است.

جدول (۵) وزن‌های حاصل از لایه سوم

| | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=6 | i=6 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 | i=12 | i=13 | W _{ij} |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------------|
| | ۱۱۳۳۰ | ۱۹۰۱۰ | ۱۱۱۰۰ | ۰۸۱۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۳۳۵۸۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | ۱۱۱۱۰ | -۱۱۰۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | ۹۳۳۱۰ | j=1 |
| | -۱۱۳۰۰ | ۱۱۱۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۱۳۳۱۰ | j=2 |
| | -۱۱۳۰۰ | -۱۳۰۰۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=3 |
| | ۱۸۰۰۰ | ۰۰۸۰۰ | ۰۰۷۰۰ | ۱۱۳۸۰ | ۱۵۰۰۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۲۳۳۱۰ | j=4 |
| | ۱۵۱۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۸۴۰۰۰ | -۳۳۳۰۰ | -۰۰۰۰۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | -۴۱۱۱۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=5 |
| | ۲۰۳۳۰ | ۲۱۳۸۰ | ۱۳۳۰۰ | -۸۲۱۰۰ | -۸۱۷۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | ۳۳۳۰۰ | j=6 |
| | ۳۳۳۰۰ | ۱۷۸۰۰ | ۱۱۳۰۰ | ۱۰۳۳۰۰ | ۱۰۷۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | -۱۱۳۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=7 |
| | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۲۰۷۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=8 |
| | ۱۸۳۳۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۱۳۳۱۰ | ۰۰۲۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=9 |
| | ۲۰۰۰۰ | ۱۷۵۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | -۰۰۰۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | ۳۳۳۰۰ | j=10 |
| | ۳۳۳۰۰ | ۱۱۰۰۰ | ۱۱۷۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۰۰۸۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | -۱۳۱۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=11 |
| | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | ۳۳۳۰۰ | -۳۳۳۰۰ | -۳۳۳۰۰ | -۳۳۳۰۰ | -۳۳۳۰۰ | -۳۳۳۰۰ | ۱۱۱۱۰ | ۱۵۱۱۰ | ۱۳۳۱۰ | ۳۳۳۰۰ | -۱۸۳۳۰ | ۱۵۱۱۰ | -۳۳۳۱۰ | j=12 |

جدول (۶) بایاس‌های حاصل لایه سوم

| لایه‌ها | i=1 | i=2 | i=3 | i=4 | i=5 | i=6 | i=6 | i=6 | i=7 | i=8 | i=9 | i=10 | i=11 | i=12 | i=13 |
|---------|-------|------|--------|-------|-------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J=1 | ۲۱.۵ | ۸۴.۱ | -۵۸.۱ | ۳۳.۷ | ۰.۶.۴ | ۵۵.۱ | -۰.۶.۱ | -۵۲.۴ | -۴۹.۳ | -۲۲.۱ | ۴۴.۱ | ۷۲.۱ | ۱۳.۲ | ۱۳.۲ | ۲۱.۲ |
| J=2 | -۸۱.۱ | ۸۷.۱ | -۷۱.۲ | ۱۷.۷ | ۷۲.۶ | ۵۳.۱ | ۹۳.۱ | -۹۷.۴ | -۸۵.۲ | -۹۹.۱ | ۷۷.۶ | ۲۵.۲ | ۲۱.۲ | ۲۱.۲ | -۲۶.۱ |
| J=3 | -۳۳.۷ | ۷۴.۱ | -۵۶.۱ | ۲۴.۷ | ۱۶.۵ | ۹۷.۱ | ۹۳.۱ | -۰.۶.۵ | -۲۲.۲ | ۰ | -۵۶.۲ | ۶۵.۵ | ۶۵.۵ | -۲۶.۱ | ۰.۶.۱ |
| J=4 | -۷.۲ | ۸۴.۱ | -۰.۶.۱ | ۳.۷ | ۱۹.۵ | ۶۷.۱ | ۹۳.۱ | -۵۵.۴ | -۶۴.۲ | ۵۵.۱ | ۰.۹.۲ | ۲.۱ | ۲.۱ | ۰.۹.۱ | ۴۲.۵ |
| J=5 | ۴.۳ | ۹۹.۱ | -۱۵.۲ | ۲۸.۷ | ۵۸.۶ | ۵۷.۱ | ۹۳.۱ | -۰.۸.۴ | -۴۶.۶ | ۸۵.۲ | -۱۴.۴ | -۳۲.۹ | ۳۲.۹ | ۴۲.۵ | ۸۵.۲ |
| J=6 | ۶۸.۳ | ۵۷.۱ | -۰.۴.۱ | ۳۱.۷ | ۲۱.۵ | ۳۲.۱ | ۹۳.۱ | -۵۶.۴ | -۲۸.۱ | ۰.۹.۸ | ۴۳.۱ | ۵۴.۱ | ۵۴.۱ | ۸۵.۲ | ۰.۸.۲ |
| J=7 | -۲۲.۵ | ۷۶.۱ | -۳۲.۲ | ۲۸.۷ | ۲.۵ | ۹۶.۱ | ۹۳.۱ | -۸.۴ | -۱۷.۱ | ۱۳.۲ | ۶۶.۱ | ۶۳.۱ | ۰.۸.۲ | ۰.۸.۲ | ۱۱.۷ |
| J=8 | -۷ | ۷۵.۱ | -۷۲.۱ | ۲.۷ | ۰.۱.۵ | ۶۶.۱ | ۹۳.۱ | -۳.۶ | -۶۸.۱ | -۱۲.۳ | ۷۵.۲ | ۹۹.۴ | ۹۹.۴ | ۱۱.۷ | ۱۶.۵ |
| J=9 | ۲۵.۸ | ۸۳.۱ | -۷۵.۱ | ۲۸.۷ | ۱۷.۵ | ۵۷.۱ | ۹۴.۱ | -۲۶.۴ | -۸۲.۱ | ۷۱.۲ | ۲۴.۱ | ۴۶.۵ | ۴۶.۵ | ۱۶.۵ | ۰.۸.۲ |
| J=10 | ۷.۳ | ۷۴.۱ | -۷۳.۱ | ۲۶.۷ | ۷.۶ | ۹۸.۱ | ۹۳.۱ | -۴۴.۴ | -۷۵.۵ | ۹۸.۳ | ۷۲.۱ | ۴۲.۲ | ۴۲.۲ | ۰.۸.۲ | ۲۴.۲ |
| J=11 | -۹.۳ | ۵۸.۱ | -۵۶.۱ | -۱۳.۱ | ۵۵.۶ | ۴۷.۱ | ۹۳.۱ | -۹۸.۳ | -۲۸.۱ | ۲۵.۴ | ۳۱.۳ | ۳۲.۱ | ۳۲.۱ | ۲۴.۲ | ۲۴.۲ |
| J=12 | -۴ | ۵.۱ | -۷.۱ | -۲.۱ | ۶.۶ | ۵.۱ | ۹۳.۱ | -۶.۴ | -۲۸.۱ | ۲۵.۴ | ۳۲.۳ | ۳۳.۱ | ۳۳.۱ | ۲۳.۲ | ۳۵.۲ |

جدول (۷) وزن‌های اصلاح شده برای خروجی اول

| لاجه | h=1 | h=2 | h=3 | h=4 | h=5 | h=6 | h=6 | h=7 | h=8 | h=9 | h=10 | h=11 | h=12 | h=13 |
|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|---------|
| ۱ | ۹۳۷۲.۰ | -۳۴۹۰.۱ | ۳۹۲۲۶.۰ | -۵۰۸۰.۱ | -۳۳۵۸.۱ | -۱۳۳.۰ | ۰۸۹.۰ | ۱۶۱۹.۰ | ۱۹۰۱.۰ | ۱۹۱۳.۰ | ۳.۰ | -۳.۰ | ۲۰۶.۰ | ۳۰۸۱.۰ |
| ۲ | -۱۶۲۶۱.۰ | ۰۷۱۶.۱ | ۳۳۵.۰ | -۱۰۳۱.۱ | -۹۱۰۲.۰ | -۸۳۳.۰ | ۳۹.۳ | ۲۰۹.۰ | ۹۱۵.۰ | -۱۱۳.۰ | ۳۱.۰ | -۳.۰ | ۲۰۱.۰ | ۳۰۸۶.۰ |
| ۳ | -۶۶۲۷.۰ | -۸۶۸۰.۱ | ۱۹۵۲.۰ | -۱۶۶۹.۱ | -۱۶۶.۰ | -۷۸۴.۰ | -۷۸۴.۰ | ۵۱۵۵.۰ | -۱۳۰.۰ | ۰۹۳۸.۰ | ۳۲.۰ | -۴.۰ | ۲۰۳.۰ | ۳۳۲۳.۰ |
| ۴ | -۲۶۱۴.۰ | -۸۸۵۳.۱ | ۳۵۸۱۸.۰ | -۱۰۳.۱ | -۲۹۹۳.۰ | ۱۶۰۶.۰ | ۱۶۵۵.۰ | ۰۹۷.۰ | ۰۰۸.۰ | ۶۸۰۷.۰ | ۳۸.۰ | ۱۵.۰ | -۰۷.۰ | ۳۵۸۹.۰ |
| ۵ | ۰۳۱۶۸.۰ | ۰۵۱۶.۱ | ۳۳۹۳.۰ | -۹۴۶۶.۰ | -۱۶۶۶.۰ | -۰۰۹.۰ | -۳۳۱.۰ | -۸۱۲.۰ | ۶۷۶.۰ | ۱۵۶۹.۰ | ۳۱.۰ | ۱۹.۰ | -۰۴.۰ | ۳۸۱۵.۰ |
| ۶ | ۳۴۹۰.۰ | ۵۸۱۲.۰ | ۳۱۵۴.۰ | -۰۱۷۲.۱ | -۱۶۴.۰ | ۰۸۱۷.۰ | ۰۸۴۴.۰ | ۱۳۴۳.۰ | ۲۶۷۸.۰ | ۲۰۶۴.۰ | ۳۸.۰ | ۹۱.۰ | -۰۴.۰ | ۲۱۷.۰ |
| ۷ | -۴۶۴۴.۰ | ۱۰۶۸۰.۱ | ۳۸۲۹۶.۰ | -۳۹۸۲.۰ | -۱۶۳۳.۰ | ۱۰۷.۰ | ۱۰۵۱.۰ | ۱۶۷۶.۰ | ۱۷۸۰.۰ | ۶۳۳۳.۰ | ۳.۰ | ۱۶.۰ | -۱۰.۰ | ۳۰۵۷.۰ |
| ۸ | -۳۲۹۷۴.۰ | ۰۹۷۱.۱ | -۵۲۱۸.۱ | -۷۵۵۷.۰ | -۱۶۸۴.۰ | -۱۹۱.۰ | ۲۰۷۴.۰ | ۶۴۶۸.۰ | ۶۵۸۰.۰ | ۶۶۳۸.۰ | ۳۱.۰ | ۱۸.۰ | -۱۱.۰ | ۳۰۶۸۰.۰ |
| ۹ | ۷۳۷۰.۰ | ۱۰۶۴۹.۱ | ۲۶۵۸۰.۰ | -۰۹۷۲.۱ | -۱۳۱۴.۰ | ۰۰۴.۰ | ۱۵۳۶.۰ | ۶۹۲۱.۰ | ۶۶۵.۰ | ۱۸۵۹.۰ | ۳۱.۰ | ۲۹.۰ | -۰۵.۰ | ۳۳۱۷.۰ |
| ۱۰ | ۳۳۸۱۶.۰ | -۶۶۱۲.۱ | ۵۲۰۴.۰ | -۷۳۳۳.۰ | -۱۵۲۱.۰ | -۰۰۶.۰ | ۵۲۰۲.۱ | ۲۱۶.۰ | ۱۷۵.۰ | ۲.۰ | ۳.۰ | ۸.۰ | -۱۱.۰ | ۳۳۹۳.۰ |
| ۱۱ | -۳۵۳۶.۰ | -۶۶۳۳.۱ | ۳۳۵۸۰.۰ | -۶۶۱.۰ | -۱۵۳۳.۰ | ۰۲۸.۰ | ۲۵۷۴.۰ | ۱۱۷.۰ | ۱۹.۰ | ۳۳۵.۰ | ۱۹.۰ | ۸۳.۰ | -۰۸.۰ | ۳۳۳۲.۰ |
| ۱۲ | -۳۳۶۵۴.۰ | ۱۵۵۶۴.۱ | ۳۳۷۵۵.۰ | -۶۰۱.۰ | -۱۶۲۲.۰ | ۰۳۳۳.۰ | ۳۳۵۴.۰ | ۲۳۳.۰ | ۳۳۰۱.۰ | ۲۵۶۴.۰ | ۱۹.۰ | ۸۳.۰ | -۰۹.۰ | ۳۳۹۲.۰ |

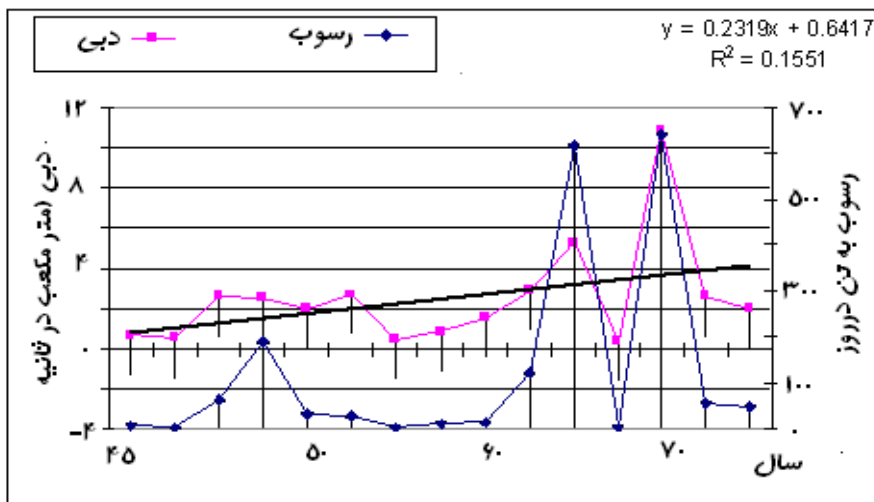
در بخش‌های غرب میانی حوضه، شدت کمبود، کمتر بوده است. این درحالی است که در طی سال-های آماری مورد بررسی، کمبود آب در خاک درخود ایستگاه آذرشهر، نسبت به سایر بخش‌های حوضه کمتر ظاهر شده است. به کارگیری انواع شاخصه‌ها نشان می‌دهد که بخش جنوبی حوضه با اندک تفاوتی، شرایط مشابهی را با بخش‌های شمال شرقی نشان می‌دهد. افزایش مقادیر رسوب نیز در سال‌های اخیر حاکی از تشدید فرسایش دامنه‌ها و تشدید فرسایش خندقی و وقوع لغزش-هاست که وقوع آنها مواد انبوهی را در اختیار آب‌های جاری قرار می‌دهد (شکل ۹). در محدوده مورد مطالعه، بر اثر ایجاد خندق‌ها و وقوع لغزش‌ها، مواد سطوح شیبدار، به طور مکرر به داخل دره‌ها وارد می‌گردند و با انتقال مواد سطحی، اغلب خاک‌های حاصلخیز دامنه‌ها به داخل دره-ها فرو می‌ریزند و بر اثر این وقایع، سطوح کشت شده در دشت‌های سیلابی نیز به هنگام وقوع سیلاب‌ها در زیر این مواد مدفون می‌گردند. بررسی مناطق بالقوه مستعد به فرسایش و حساس به نوسان‌های اقلیمی و هیدرولوژیک، در طول دره‌های منطقه از این نظرنیزاهمیت پیدا می‌کند. مطالعه پیامدهای ناشی از افزایش فرسایش و ازدیاد میزان رسوب‌های ناشی از تغییر در ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها و آثار ناشی از این تغییرات، حاکی از این است که چنین تغییراتی، در فعال نمودن سایر فرآیندهای ژئومورفولوژیک زمینه ساز وقوع پدیده‌های خطرناک دیگری در محدوده-های سکونتگاه‌های شده است.

حوضه آذرشهرچای که از قسمت غرب به شوره زارهای سواحل دریاچه ارومیه و از سوی شرق به ارتفاعات سهند منتهی می‌شود، بر اثر بروز خشکسالی‌های اخیر، با کم‌آبی و حتی خشک شدن چشمه‌ها، کم شدن حجم برف ارتفاعات در نیمه سرد سال و با توسعه وسعت شوره زارها، مواجه شده است و بروز هر یک از موارد یاد شده به صورت کم شدن پوشش گیاهی، ترک زمین‌هایی که قبلاً تحت کشت قرار می‌گرفتند، انجامیده و همه حوادث پیش آمده با شکل‌گیری انواع پدیده‌هایی ژئومورفولوژیک همراه شده است که تداوم شکل‌گیری و توسعه گستره مکانی و همچنین تشدید فعالیت هر یک از فرآیندهای ژئومورفولوژیک در رابطه با وقوع خشکسالی‌ها، می‌تواند آثار مخرب‌تری را نیز در آینده به دنبال داشته باشند. به عبارت دیگر، با عنایت به کارکرد سیستمی مکانیسم

طبیعی و ماهیت پویایی آنها، وقوع خشکسالی‌ها می‌تواند پیامدهای گسترده تری را در کوتاه مدت و بلندمدت داشته باشد و انسان ساکن در محدوده مذکور و حتی دربخش‌های دیگر را به گونه‌های مختلف تحت تاثیر قرار دهد.

جدول (۸) وزن‌های نهایی خروجی اول

| لایه‌ها | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| وزن نهایی خروجی ۱ | ۳۵۳۴۸.۳ | ۹۲۱۳۳.۴ | ۷۴۹۹۳.۲ | ۱۵۶۵.۳ | ۳۸۱۴۲.۰ | ۳۱۰۹۲۴.۰ |
| بایاس | ۰.۵۰۷.۰ | | | | | |
| وزن نهایی خروجی ۱ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
| بایاس | ۴۲۹۳۸.۳ | ۳۵۴۰۸.۴ | ۳۹۷۵۳.۴ | ۴۶۳۸۳۶.۵ | ۴۹۰۸۳.۳ | ۸۱۹۶۱.۳ |



شکل (۹) تغییرات دبی و رسوب در رودخانه گنبردرسال‌های مختلف

بررسی تاثیرات وقوع خشکسالی‌های اخیر در تشدید فرسایش خندقی و رخداد لغزش‌ها، درحوضه آذرشهرچای، ... / ۴۷

پی‌نوشت‌ها:

- ۱- میزان تاثیرگذاری وقوع خشکسالی‌ها در هریک از عوامل ویژه، ریسک و حساسیت مناطق را مشخص می‌کند.
- ۲- برای محاسبه شاخص رطوبت توپوگرافیکی، ابتدا در بالای نقطه مورد نظر مساحت محدوده بین منحنی‌های میزان از روی نقشه‌های توپوگرافی و سپس شیب محدوده مورد نظر محاسبه می‌گردد. پارامترهای مورد نظر در رابطه گذاشته شده و در نهایت، میزان رطوبت توپوگرافیکی به دست می‌آید.
- ۳- برای هم ارزش کردن متغیرها بایکدیگر (مانند پراکندگی لغزش‌ها و خندق‌ها با میزان ...) همه متغیرها به رقم تبدیل شده‌اند.

منابع

- ۱- بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۸۴). «مطالعه تغییرات آب وهوایی وفرآیندهای فرسایشی در دوره پلیستوسن وهلوسن با استفاده از مواریت ژئومورفیک». *فضای جغرافیایی*. ش ۱۴، صص ۴۲-۶۰.
- ۲- خوش اخلاق، فرامرز وغلامرضا روشن. (۱۳۸۵). «سنجش واریابی چندنمونه نمایه خشکسالی در سه ایستگاه استان فارس». *سپهر*. ش ۵۷، صص ۴۲-۴۶.
- ۳- *لشنی زند وعبدالرسول تلوری*. (۱۳۸۳). «بررسی خشکسالی اقلیمی وامکان پیش بینی آن در شش حوضه واقع در غرب وشمال غرب ایران»، *تحقیقات جغرافیایی*. ش ۷۲، صص ۷۳-۸۶.
- 4-Bordi,I and Sutera,A(2004)Drought variability and its climatic implications. Global and planetary change. vol. 40 :115-127.
- 5-Bull,W. B(1991)Geomorphic responses to climatic change. Oxford University press.
- 6-Bordi,Isabella and A,Sutera(2004)Drought variability and its climatic implication. Global and planetary change. ,40:115-127.
- 7-Chen,M. ,D. Pollard and E. G. Barron(2005)Hydrologic processes in China and their association with summer precipitation anomalies. Journal of Hydrology, . 301:14-28.
- 8-Diadato,N(2006)Modelling net erosion responses to enviroclimatic changes recorded upon multiseccular. Geomorphology,86:164-171.
- 9-Downing,T. E and Bakker(2000)Drought risk in a changing environment. Drought and Drought mitigation. Kluwer publ.
- 10-Eate,E. L and A. Gustard(2000)Drought definition :A hydrological perspective. Drought and Drought mitigation. Kluwer publ.
- 11-Eassetta,G. A(2002)Geomorphological records of a flood-dominated regime in the Rhone Delta(France)between the 1st century BC and the 2nd century AD. Geodinamica ACTA15:19-22.
- 12-Henriques,A. G and M. J. J,Santos. (1999)Regional drought distribution model. Phys,Earth. 24:19-22.
- 13-Hisdal,H and L. M,Tallaksen(2003)Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics:a case study for Denmark. Journal of Hydrology,281:230-217.
- 14-Huseyin,O(2005)Metropolitan development on drought history of the Tuzla lake ,Istanbul,Tueky. Journal of coastal research. . 21: . 255-262.
- 15-Hsu,Y. ,S,Wang and Yu(2003)A sequentaial approximation method using neural networks for engineering desighn optimization problems. Engineering optimization. 35:489-511.

- 16-Kheir,R. B. ,Chorowicz. ,C. Abdallah. ,D. Dhont(2008).** Soil and bedrock disturbance estimated from gully form and frequency :A GIS based decision tree model for Lebanon. *Geomorphology*,93:482-492.
- 17-Jolly ,W. ,S,W,Running(2004)**Effects of precipitation and soil water potential on drought deciduous phenology in the Kalahari. *Global Change Biology*. 10:1529-8817.
- 18-Mao,Z. ,Jiang. H. ,Wang,Y. ,U,Zu.,P,Voronin.** (2004) Water balance of Birch and Larch leaves and their resistance to short and progressive soil drought. *Russian Journal of plant physiology* ,l. 51.: 697-701.
- 19-Vogt,V. J. ,Colombo,R. Bertolog** (2007)Deriving drainage networks and catchment boundaries :a new methodology combining digital elevation data and environment characteristics. *Geomorphology*,53:281-298.
- 20-Zhu,Y. M. ,Lu. XX. ,Zhou,Y** (2007)Suspended sediment flux modeling with artificial neural network. *Geomorphology*,84:111-125.