



فصلنامه

جغرافیا و مخاطرات محیطی (علمی- پژوهشی)

سال اول، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱

شماره: ۲۳۲۲-۱۶۸۲

- تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشبای- فاصله‌ای محمود خسروی، اکبر زهرابی، حسین حیدری، سارا بنی نعیمه
- پیش‌بینی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از ریز مقیاس... سیله فاطمه معافی ماننی، محمد موسوی بایگی، حسین انصاری
- بررسی و برآورد سیلاب‌های مسیر رودخانه‌های مثندری با استناد به تغییرات قوس خمیدگی مسیر رود ... مریم بیاتی خطیبی
- تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با استفاده از مدل گرین اصلاح شده... عادل سپهر، سعیده هنرمند نژاد
- پایش و تحلیل روند افزایش شوری خاک در مخربوط افکنه دامغان با استفاده از داده‌های مامواره‌ای... محمد شریفی کیلا عباسعلی افضلی
- مکان‌یابی محل دفن زباله با ترکیب روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) و GIS در مشهد محمد رحیم رهنما، حسین آقامجانی، مهدی فاحصی
- تحلیل همیدیدی امواج سرمایه در شمال شرق ایران سلیمان صادقی، سید رضا حسین زاده، رضا دوستان، زهرا آهنگرزاده
- بکارگیری الگوریتم ماشین‌های پشتیبان‌بردار در پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش... مجتبی یعنی، علی احمدآبادی، غلامرضا زارع



دانشکده ادبیات و علوم انسانی
فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسؤول: دکتر حمید شایان
سردیبر: دکتر سید رضا حسین زاده
هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

ویکتور بیکر - استاد دانشگاه آریزونا - توسان آمریکا (دکترای ژئومورفولوژی رودخانه‌ای)
جهفر جوان - استاد دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - روسیابی)
زهرا بیگم حجازی زاده - استاد دانشگاه خوارزمی تهران (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
سید رضا حسین زاده - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
بهروز ساری صراف - استاد دانشگاه تبریز (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
حیدر شایان - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - روسیابی)
شعبان شتایی جوبیاری - دانشیار دانشگاه گرگان (دکترای علوم جنگل - سنجش از دور)
منیزه قهره‌ودی تالی - دانشیار دانشگاه شهید بهشتی تهران (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
ابوالفضل مسعودیان - استاد دانشگاه اصفهان (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
حسین نگارش - دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
احمد نوحه گر - دانشیار دانشگاه هرمزگان (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
سعده‌الله ولایتی - استاد دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای زمین شناسی)
مجتبی یمانی - دانشیار دانشگاه تهران (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)

مقالات نمودار آرای نویسنده‌گان است و به ترتیب وصول و تصویب درج می‌شود

مدیر داخلی: دکتر سلیمان صادقی کارشناس اجرایی: مرضیه احمدی ویراستاری انگلیسی: دکتر آذر زرین
ویراستاری ادبی: جواد میزان حروف نگاری و صفحه آرایی: ویدا ختنان

شمارگان: ۱۵۰ نسخه بها: داخل کشور: ۲۰۰۰۰ ریال (تکشماره) خارج کشور: ۲۵۰ دلار آمریکا (سایر کشورها - سالانه)
نشانی: مشهد دانشگاه فردوسی مشهد دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، کد پستی ۹۱۷۹۴۸۸۳، نمازی: ۰۵۱۱/۸۷۹۴۱۴۴
نشانی اینترنتی: <http://jm.um.ac.ir> E-mail: Geo.eh@um.ac.ir
شماره پروانه: ۱۱۶/۳-این مجله در نشست کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور مؤرخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۰، رتبه علمی - پژوهشی دریافت کرده است

- این مجله در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
- پایگاه استادی علوم جهان اسلام (ISC)
 - پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)
 - پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

فصلنامه جغرافیا و

مخاطرات محیطی

(علمی - پژوهشی)

سال اول، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱

شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

راهنمای تدوین و نحوه ارسال مقاله برای چاپ در فصلنامه علمی - پژوهشی جغرافیا و مخاطرات محیطی

- ۱- مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی به دلیل تخصصی بودن فقط در موضوعات مرتبط با مخاطرات محیطی (طبیعی و انسانی) پذیرای مقالات است.
- ۲- مقاله باید حاصل کار پژوهشی نویسنده (یا نویسنده‌گان) بوده، قبل از نشریه دیگری اعم از داخلی و خارجی و یا مجموعه مقالات همایش‌ها به چاپ نرسیده و به طور هم‌مان نیز برای مجله دیگری ارسال نشده باشد.
تبصره ۱: مقالات پژوهشی به زبان انگلیسی پذیرفته می‌شود.
تبصره ۲: مقالات ترجمه شده از زبان‌های غیر فارسی پذیرفته نمی‌شود.
تبصره ۳: مقاله‌های ارایه شده در همایش‌ها و مجامع علمی مشروط به اینکه با تغییرات قابل توجه و افزودن مطالب جدید همراه باشد، قابل بررسی خواهد بود.
- ۳- مقاله‌های مروری که پیشرفت‌های جدید در موضوعات مجله را در بر می‌گیرد، از نویسنده‌گان مجبوب و دارای مقالات پژوهشی در زمینه مورد نظر پذیرفته می‌شود.
- ۴- ساختار مقاله باید مشتمل بر عنوان، اسمی نویسنده (یا نویسنده‌گان) چکیده فارسی، کلیدواژه‌ها، مقدمه، منطقه مورد مطالعه، مواد و روش‌ها، بحث و نتایج، نتیجه‌گیری، تشرک و قدردانی، فهرست منابع و ضمایم و چکیده مبسوط انگلیسی باشد.
- ۵- چکیده مبسوط انگلیسی حداقل ۲ و حداکثر ۳ صفحه و اجزای آن شامل موارد زیر باشد:

Introduction, Study area, Material and methods, Results and discussion, Conclusion, Key words

- ۶- حجم مقاله شامل تمام اجزای آن با رعایت استانداردهای حروفچینی مجله باید حداقل ۲۰ صفحه باشد.
- ۷- حروفچینی مقاله باید در برنامه Word 2007 و بالاتر بر روی کاغذ A4 با فواصل ۴ سانتی‌متر از بالا، ۴ سانتی‌متر از پایین، ۳ سانتی‌متر از چپ و ۳ سانتی‌متر از راست صورت گیرد. ۳ Header و ۳ Footer: عنوان مقاله با قلم ۱۳ پرنگ BTitr، اسامی، فامیل - مرتبه علمی با قلم ۱۱ پرنگ B Lotus، نویسنده مسؤول، شماره تلفن و ایمیل نویسنده به صورت پاورقی و با قلم 10 Lotus باشد. چکیده ۱۲ پرنگ B Lotus متن چکیده 12 Lotus با فاصله ۱۱ سانتی‌متر از سمت چپ و ۱،۵ سانتی‌متر از سمت راست از متن اصلی باشد. تیترهای اصلی متن ۱۲ پرنگ Lotus با فاصله pt 12 از پاراگراف قبل و pt 6 از پاراگراف بعد. کل متن با ۱۳ Lotus
- ۸- شماره و عنوان جداول در بالا و با قلم ۱۲ پرنگ Lotus نوشته شود.
- ۹- تمام نقشه‌ها، نمودارها، شکل‌ها و عکس‌ها به طور یکنواخت با عنوان شکل شماره گذاری و شماره و عنوان اشکال در زیر آن با قلم ۱۲ پرنگ Lotus B، درج گردد.
- ۱۰- شیوه ارجاع در مقاله باید به سبک APA یا شیکاگو بوده و منابع مورد استناد در داخل متن با ذکر نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار و شماره صفحه در داخل پرانتز و با قلم 12 Lotus B آورده شود. مثلاً (محمودی، ۱۳۶۸: ۵۸)، برای منابع خارجی در داخل متن با حروف فارسی مانند (بیکر، ۱۹۸۹: ۱۸) و در پانوشت نام شخص به زبان اصلی مانند (Baker) آورده شود. در صورتی که اثر مورد نظر بیش از دو نویسنده داشته باشد به شرح: (ولایتی و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۴۶) و چنانچه نویسنده دو نفر باشند نام هر دو نویسنده ذکر شود، مانند (حسین زاده و جهادی طرقی، ۱۳۹۱: ۸۳).
- ۱۱- شیوه نگارش مشخصات منابع و مراجع در انتهای مقاله بر اساس حروف الفبا باشیست به صورت نمونه‌های زیر باشد:
- کتاب: جداری عیوضی، جمشید؛ ۱۳۷۲. ژئومورفولوژی ایران. چاپ. تهران: مؤسسه انتشارات دانشگاه پیام نور.
- Bull, W.B., 1991. Geomorphic Responses to Climate Change. Oxford University Press, Oxford

- مجله: جوان، جعفر و همکاران؛ ۱۳۸۹. نقش سرمایه اجتماعی در توسعه روستایی. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای شماره ۱۴، صص ۴۹-۲۹. دانشگاه فردوسی مشهد.
- Knox, J.C., 2000. Sensitivity of Modern and Holocene floods to Climat Change. Quaternary Science Revews. 19, 439-457
- مقاله چاپ شده در مجموعه مقالات یا کتاب‌های با نویسندهای متعدد: حجازی زاده، زهراء؛ ۱۳۷۶. نقش پرفشار جنوب خاوره در تغییر فصل ایران. چاپ در مجموعه مقالات کنگره جغرافیدانان ایران. تبریز، صص ۱۸۵-۱۷۴.
- Baker, V.R., Kochl, R.C., 1988. Flood Sedimentation in Bedrock Fluvial Systems. In: Baker, V.R., Kochel, R.C., patton, P.C (Eds), Flood Geomorphology. John wiley and Sons, U.S.A., pp.123-137.

تبصره ۱: در صورتی که صاحب اثر شخصیت حقوقی، یعنی سازمان یا نهاد دولتی و یا سایت مربوطه باشد، به جای نام خانوادگی و نام نویسنده، عنوان سازمان و یا نهاد مربوطه ذکر می‌شود.

تبصره ۲: در صورت استفاده از پایاننامه و رساله‌های تحصیلات تکمیلی، ذکر نام اساتید راهنمای و مشاور عنوان رشته و نام دانشگاه الزامی است.

تبصره ۳: در صورتی که مطالب از سایت الکترونیکی سازمانها و سایت‌های مشخص گرفته شود، نام و آدرس سایت درج گردد.

تبصره ۴: تمام منابع فارسی باید به زبان انگلیسی نیز ترجمه و در پایان خلاصه مبسوط آورده شود.

۱۲- مقاله در دو قالب، یک فایل Word و یک فایل Pdf فقط از طریق سایت مجله به آدرس: <http://jm.um.ac.ir> ارسال شود. مکاتبات بعدی می‌توانند از طریق پست الکترونیک مجله به آدرس Geo.eh@um.ac.ir انجام گیرد.

۱۳- مسئولیت صحبت مطالب از نظر حقوقی بر عهده نویسنده یا نویسندهای خواهد بود.

۱۴- مجله حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ داشته و مقالات دریافتی برگشت داده نخواهد شد.

۱۵- مقاله‌های ارسال شده به نویسنده جهت انجام اصلاحات در صورت عدم دریافت پاسخ، به منزله انصراف از چاپ تلقی می‌گردد.

۱۶- برای آشنایی بیشتر با فرم مقاطعات توصیه می‌گردد نویسنده دانلود نمونه را از سایت مجله دانلود نموده و فایل خود را در قالب آن تنظیم و سپس ارسال کنند.

فتم اشتراك (یک ساله / چهار شماره) فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

این جانب . شغل . . .
 . با ارسال فیش بانکی
 به مبلغ . بل به حساب جاري شماره ۵۸۳۴۷
 بانک تجارت شعبه دانشگاه مشهد کد ۴۲۰ به نام فصلنامه
 جغرافیا و مخاطرات محیطی، مقاضی اشتراك فصلنامه از شماره
 . هستم.
 چنانچه صاحبان مقاطعات منتشر شده مقاضی دریافت مجله و
 تیراژه آن از طریق پست پیشتابز باشند، باید هزینه آن را به
 شماره حساب مذکور واریز و اصل فیش پرداختی را به نشانی
 دفتر مجله ارسال نمایند.

نشانی:

کد پستی:

د اوران این شماره به ترتیب حروف الفبا

۱. دکتر عیسی ابراهیمزاده (دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان)
۲. دکتر ابوالقاسم امیراحمدی (دانشیار دانشگاه حکیم سبزواری)
۳. دکتر شعبان شتایی جویباری (دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
۴. دکتر مجید حبیبی نو خندان (دانشیار پژوهشکده هواشناسی و اقلیم‌شناسی)
۵. دکتر سید رضا حسین زاده (دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد)
۶. دکتر امیدعلی خوارزمی (استادیار دانشگاه فردوسی مشهد)
۷. دکتر غلامرضا روشن (استادیار دانشگاه گلستان)
۸. دکتر آذر زرین (استادیار دانشگاه فردوسی مشهد)
۹. دکتر حمداده سجاسی قیداری (استادیار دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۰. دکتر عادل سپهر (استادیار دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۱. دکتر علی اکبر شمسی‌پور (استادیار دانشگاه تهران)
۱۲. دکتر بهروز ساری صراف (استاد دانشگاه تبریز)
۱۳. دکتر منیژه قهرودی تالی (دانشیار دانشگاه شهید بهشتی تهران)
۱۴. دکتر پیمان محمودی (استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان)
۱۵. دکتر مهران مقصودی (دانشیار دانشگاه تهران)

فهرست مدرجات

صفحة	عنوان
۱	تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوش‌های- فاصله‌ای:
۲۱	محمود خسروی، اکبر زهراei، حسین حیدری، سارا بنی نعیمه پیش‌بینی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل LARS-WG5:
۳۹	سیده فاطمه معافی مدنی، محمد موسوی بایگی، حسین انصاری بررسی و برآورد سیلاب‌های مسیر رودخانه‌های مثاندری با استناد به تغییرات قوس خمیدگی مسیر رود (مطالعه موردي : رودآجی چای در شمال غرب ایران): مریم بیاتی خطیبی
۵۷	تهییه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با استفاده از مدل گرین اصلاح شده (مطالعه موردي: حوضه آبخیز جهرم): عادل سپهر، سعیده هنرمند نژاد
۷۳	پایش و تحلیل روند افزایش شوری خاک در مخروط افکنه دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پیمایشی: محمد شریفی کیا، عباسعلی افضلی
۸۷	مکان‌یابی محل دفن زیاله با ترکیب روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) و GIS در مشهد: محمد رحیم رهنما، حسین آقاجانی، مهدی فتاحی
۱۰۷	تحلیل همدیلی امواج سرمایی در شمال شرق ایران: سلیمان صادقی، سیدرضا حسین زاده، رضا دوستان، زهرا آهنگرزاده
۱۲۵	بکارگیری الگوریتم ماشین‌های پشتیبان‌بردار در پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش (مطالعه موردي: حوضه آبریز درکه): مجتبی یمانی، علی احمدآبادی، غلامرضا زارع

تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه ای- فاصله ای

محمود خسروی^{۱*}، اکبر زهراوی^۲، حسین حیدری^۳، سارا بنی نعیمه^۴

۱. دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده های خزنده محیطی است که ویژگی موقت همه نواحی اقلیمی دنیاست. این پدیده از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگیهای آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. از اهداف پژوهش حاضر می توان به تحلیل شرایط بارشی استان گیلان، بررسی ویژگیهای خشکسالی استان، پنهان بندی خشکسالیهای فراگیر و در نهایت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی با استفاده از تحلیل خوشه ای- فاصله ای اشاره نمود. برای انجام پژوهش از روشهای مختلف آماری از جمله شاخص ناهنجاری بارش(RIA)، روشهای آماری ناپارامتریک، روش تحلیل خوشه ای- فاصله ای استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد که با آزمودن روشهای مختلف برای تعیین تعداد خوشه ها، بهترین روش، روش وارد و برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روشهای رایج، روش فاصله اقلیمی مناسبترین روش می باشد. نهایتاً تعداد ۴ خوشه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم خشکسال در استان گیلان شناسایی گردید. خوشه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی در بخش شمالی، خوشه دوم گسترش ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان، خوشه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشه چهارم بصورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی به ترتیب خوشه های دوم، اول، چهارم و سوم را در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند. واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص ناهنجاری بارش، تحلیل خوشه ای، استان گیلان.

خشکسالی یکی از پدیده های خزنه محیطی است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان نمود بیشتری دارد(رضیئی و همکاران،۱۳۸۶). وجود نوسانات شدید در ریزش های جوی یکی از مشکلات عمده بارش کشور می باشد و با توجه به همین نوسانات شدید، خشکسالی ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی یا بعبارتی کاهش بارش های جوی نسبت به میانگین دراز مدت رخ می دهنند. یکی از عمدۀ ترین پارامترهایی که در تعریف خشکسالی استفاده می گردد بارش می باشد(فرج زاده، ۱۳۸۴). رخداد خشکسالی می تواند در منطقه ای با وسعت چند صد کیلومتری اتفاق بیافتد ولی امکان دارد شدت و دوره تداوم آن در سراسر منطقه یکسان نباشد بعنوان مثال خشکسالی قاره‌ای که خصوصا در مناطق خشک اتفاق می افتد در ناحیه وسیعی که صدها بلکه هزاران کیلومتر مربع را می پوشاند گسترش پیدا می کند(فشارکی، ۱۳۸۴). این پدیده از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگیهای آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. خشکی ویژگی ذاتی اقلیم های خشک و نیمه خشک جهان است، در حالیکه خشکسالی ممکن است حتی مناطق مرطوب را تحت تاثیر قرار دهد(علیجانی، ۱۳۷۹). در حالت کلی خشکسالیها به چهار دسته هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اجتماعی-اقتصادی تقسیم می شوند. نمود اصلی پیداش پدیده خشکسالی هواشناسی کاهش بارندگی به پاییتر از حد نرمال(میانگین دراز مدت) می باشد. هر گاه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی تداوم یابد منجر به وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی می شود(اکبری: ۱۳۸۴). در سالهای اخیر به علت وقوع خشکسالیهای متعدد، برای تعیین ویژگیهای خشکسالی هواشناسی تا کنون نمایه های متعددی به کار گرفته شده است. بدون شک خشکسالی از جمله باسابقه ترین بلایای طبیعی است که بشر از دیرباز با آن مواجه بوده و از همان ابتدا در تلاش برای شناخت رفتار این پدیده بوده است. ارائه مدلهای طبقه بندی آب و هوایی در اوایل قرن بیستم همچون تورنت وایت(۱۹۴۸)، کوبین(۱۹۳۱) و کنراد(۱۹۵۰) را می توان نقطه عطفی در بررسی این پدیده ذکر کرد(اکبری: ۱۳۸۴). در سطح جهان "مک کی و همکاران" (۱۹۹۳) از اولین کسانی است که نمایه SPI را برای ایالت کلرادوی آمریکا به کار برد."دایکنی و همکاران"(۲۰۰۱) به بررسی اثرات خشکسالی سال ۱۹۹۸-۹۹ ایالتورمونت آمریکا به مقایسه دو نمایه SPI و PDSI در مقیاس ماهانه پرداختند و نتیجه گرفتند که نمایه SPI نتایج بهتری را نشان می دهد. "بازوهر و الگوهانی" (۱۹۹۷) با بهره گیری از داده های ۱۶ ایستگاه هواشناسی و روش گرافیکی به تعیین دوره های مرطوب و خشک عربستان پرداختند. "استرلا و همکاران" (۲۰۰۰) خشکسالهای رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار دادند. "هانگ و همکارانش" (۲۰۰۱) با ارزیابی سه شاخص بارش استاندارد شده(SPI)، نمرات استاندارد شده بارش سالیانه(ZSIAP) و روش(CZI)، مزیت و

معایب هر روش را بیان کردند. "پاشیار و میشل"(۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردي کیپروس از شاخص SPI و شاخص RDI استفاده کردند. در کشور "مقدسی و همکاران" (۱۳۸۳) خشکسالیهای استان تهران را با استفاده از سه شاخص EDI,SPI,DI پایش نمودند و نتیجه گرفتند که روش EDI کارترین شاخص برای پایش خشکسالی در این استان است. "حسنی ها" (۱۳۷۹) وضعیت خشکسالی و روند آن را در استان زنجان بر اساس چهار روش آماری محاسبه کردند و نتیجه گرفتند که هر چهار روش با هم همخوانی داشته و روند خشکسالی در استان زنجان یک روند افزایشی است. "پور همت و همکاران" (۱۳۷۹) روند خشکسالی و ترسالی های حوضه کارون را با استفاده از میانگین متحرک انجام دادند. "بداق جمالی و جوانمرد" (۱۳۸۱) پایش و پنهنه بندی خشکسالیهای استان خراسان را با استفاده از دو روش معکوس فاصله مجدور و کریکینگ انجام دادند. "خسروی و اکبری" (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی ویژگیهای خراسان جنوبی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش(SPI) پرداختند. "رضیئی و همکاران" (۱۳۸۶) به بررسی خشکسالیهای استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف پرداختند. "سلطانی و سعادتی" (۱۳۸۶) پنهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان را با استفاده از نمایه SPI انجام دادند. "فرج زاده" (۱۳۸۴) با استفاده از داده های بارندگی ۱۵۳ ایستگاه کشور در طی دوره آماری ۱۹۶۶-۱۹۹۸ به تحلیل آماری ویژگیهای بارش کشور و بررسی خشکسالی ایستگاهها پرداخت. "علیجانی و بنی واهب" (۱۳۸۴) ترسالی و خشکسالی و تغییرات اقلیم منطقه بیرون گردید را با استفاده از مدل های آماری مورد مطالعه قرار دادند. "زاهدی و قویدل" (۱۳۸۶) آستانه خشکسالی و میزان بارش قابل اعتماد ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه را طی دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۲ با استفاده از شاخص های بارش قابل اعتماد، نمرات استاندارد و شاخص درصد از بارش مطالعه کردند. "جهانبخش و همکاران" (۱۳۸۷) خشکسالی زمانی و مکانی و دوره های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک قم را با استفاده از داده های بارش طی سالهای ۱۹۷۰-۲۰۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. هدف پژوهش حاضر تعیین مناطق هم خشکسال استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوش ای- فاصله ای می باشد.

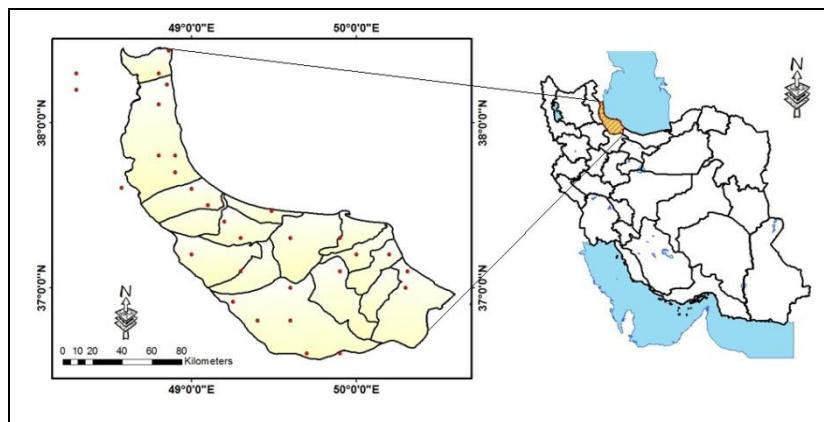
مواد و روش ها

استان گیلان با متوسط بارش ۱۱۰۰ میلیمتری دارای اقلیمی مرطوب و معتدل است، توزیع زمانی بارشها در سال آبی عموما از اواسط شهریور تا اواخر فروردین ماه می باشد که نزدیک به ۸۰ درصد مجموع بارش ها را در طول سال تشکیل می دهد(تاجداری، ۲۱۳۹۰). جهت پایش، پنهنه بندی خشکسالیهای استان گیلان طی ۳۰ سال اخیر و همچنین تعیین مناطق با ذات هم خشکسال مشابه در گستره استان از ۳۲ ایستگاه بارانسنجی در سطح استان استفاده گردید. مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در جدول ۱ و پراکنش مکانی آنها در شکل ۱ آمده است.

جدول ۱. مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در استان گیلان

ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین بارش سالانه
اردبیل	۱۳۶۵	۴۸/۳	۳۸/۲	۱۷۸
انزلی	-۲۳/۶	۴۹/۵	۳۷/۵	۱۷۶۴
آب ویر	۲۵۰	۴۹	۳۷/۶	۱۳۶۳
آستارا	-۲۵	۴۸/۹	۳۸/۴	۱۱۹۴
آستانه	-۵	۴۹/۹	۳۷/۷	۱۲۷۱
باش محله	۷۰	۴۸/۸	۳۸/۳	۱۴۲۱
پارود بار	۴۹۵	۴۹/۷	۳۶/۶	۳۲۲
پرروز	۲۹۳	۵۰/۲	۳۶/۲	۳۳۷
توتکابن	۲۶۰	۴۹/۶	۳۶/۸	۵۲۱
توتکی	۲۰۵	۴۹/۹	۳۷/۱	۱۵۲۹
خرجگیل	۱۴۵	۴۸/۹	۳۷/۷	۱۲۴۷
خلخال	۱۸۰۶	۴۸/۵	۳۷/۶	۳۶۹
رامسر	-۲۰	۵۰/۷	۳۶/۹	۱۱۷۶
رشت	۰	۴۹/۶	۳۷/۳	۱۲۹۹
رضوان شهر	۷۰	۴۹/۱	۳۷/۵	۱۲۶۸
شلمان	-۱۶	۵۰/۲	۳۷/۲	۱۱۷۴
شهربیجار	۱۴۰	۴۹/۶	۳۷	۱۲۳۴
قلعه رودخان	۱۷۰	۴۹/۳	۳۷/۱	۱۶۶۸
کسما	-۲	۴۹/۳	۳۷/۳	۱۰۸۰
کلچال	۱۵۰	۵۰/۳۱	۳۷/۱	۱۲۰۹
گورد	۲۴۹	۴۹/۹	۳۶/۶	۲۷۴
گیلوان	۳۱۱	۴۹/۱	۳۶/۸	۱۹۱
لاهیجان	۳۴/۲	۵۰	۳۷/۲	۱۳۹۴
ماسال	۶۰	۴۹/۲	۳۷/۴	۱۰۰۴
ماسوله	۹۸۰	۴۹	۳۷/۲	۹۱۶
ماشین خانه	۳۰۰	۴۸/۸	۳۷/۸	۱۰۵۶
منجیل	۲۳۲	۴۹/۴	۳۶/۸	۲۶۱

نمین	۱۴۴۵	۴۸/۳	۳۸/۳	۳۲۶
هرات بر	۱۱۰	۵۰/۳	۳۷	۱۳۴۳
هشت پر	۹۹	۴۸/۹	۳۷/۸	۱۱۳۹
لیمیر	۰	۴۸/۸۵	۳۸/۲۳	۱۴۳۷
شیرآباد	-۱۱	۴۸/۸	۳۸/۱۱	۱۱۵۱



شکل ۱. موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه در استان و کشور

شاخص ناهنجاری بارش (RIA)

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف معیار مقادیر بارندگی از نرمال می باشد. مراحل محاسبه این شاخص بصورت زیر است:

- محاسبه میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاههای (\bar{P}) مورد نظر
- استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی (\bar{m})
- استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی (\bar{x})
- مقایسه داده های بارندگی (P) با میانگین دراز مدت بارندگی.

چنانچه $P \geq \bar{P}$ یا ناهنجاری مثبت باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$RAI = 3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{m} - \bar{P}} \right]$$

رابطه ۱:

یا ناهنجاری، منفی باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$RAI = -3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{x} - \bar{P}} \right] \quad \text{رابطه ۲}$$

در نهایت، مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول ۳ طبقه بندی می شوند.

آستانه نسبت داده شده به RAI	شدت خشکسالی
+۰/۳ تا ۰/۳	نzdیک نرمال
-۱/۲ تا -۰/۳	خشکسالی ضعیف
-۲/۱ تا -۱/۲	خشکسالی متوسط
-۲/۱ تا -۳	خشکسالی شدید
≤ -۳	خشکسالی بسیار شدید

تحلیل روند:

آزمونهای روند به دو دسته پارامتری و ناپارامتری دسته بندی میشوند. پیش فرض آزمونهای پارامتری آن است که داده ها تصادفی و برآمدۀای یک توزیع نرمال باشند. در عین حال فرض نرمال بودن داده ها در آزمونهای ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین درصورتیکه به نرمال بودن داده ها اطمینان نداریم بکارگیری آزمونهای ناپارامتری محتاطانه تر به نظر میرسد. با این حال برخی محققان نشان داده اند که تفاوت نتایج دو روش در مورد بسیاری از عناصر اقلیمی معنادار نیست (وینیکف، ۲۰۰۲). در اینجا برای انجام آزمون روند دما فرض میکنیم دما تابعی خطی از زمان است. بنابر این مدل تغییرات بصورت زیر خواهد بود:

$$\text{Temperature} = \alpha + Q \text{ Time} \quad \text{رابطه ۳}$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای Q نشانگر افزایش دما با زمان و یک مقدار منفی برای Q نشانگر کاهش دما با زمان است. برای $= 0$ فرض وجود روند تایید نمیشود. اما از آنجا که مقدار Q نامعلوم است یک برآورد از Q با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه زیر بدست می آید (باتاچاریا و همکاران، ۱۹۷۷).

$$Q = \frac{Xi' - Xi}{i' - i} \quad \text{رابطه ۴}$$

اگر حد بالا و پایین Q که به این ترتیب بدست می‌آید هر دو مثبت باشند فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی‌شود. اگر حد بالا و پایین Q هر دو منفی باشند فرض وجود روند کاهشی در دما ثابت می‌شود و اگر حد بالا و پایین مختلف العلامه باشند فرض وجود روند تایید نمی‌گردد(مسعودیان، ۱۳۸۳).

تحلیل خوش‌های:

تحلیل خوش‌های راهی است برای تقسیم یک مجموعه داده به زیر مجموعه‌های (خوش‌های یا دسته‌ها) همگن و مفیدی که دارای ویژگی‌های مشابه باشند. داده‌هایی که همانند باشند در یک خوش، جا می‌گیرند و داده‌های ناهمانند در خوش‌های جداگانه قرار می‌گیرند(غیور و متظری، ۱۳۸۳:۲۸). در روش فاصله‌ای، گروه بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آنها انجام می‌شود، یعنی مشاهدات یا اجزایی که از همدیگر فاصله کمتری دارند، جزء یک گروه قرار می‌گیرند، نام عمومی روش‌های گروه بندی بر اساس فاصله بین اجزاء خوش‌های بندی است. هدف اصلی روش خوش‌های بندی ایجاد گروه‌ها و طبقاتی است که تنوع و تفرق درون گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد. در روش فاصله‌ای تغییرات عناصر اقلیمی هر ایستگاه طی دوره مطالعه یک محور محسوب می‌شود و فاصله روزهای مورد مطالعه از یکدیگر بر اساس این محورها تعیین می‌شود، آنگاه روزهایی که با هم نزدیک‌ترند در یک گروه قرار می‌گیرند، اگر یک معیار مبنای گروه بندی باشد، بهترین راه محاسبه نمره استاندارد هر کدام از اعضاست، پس بر اساس واحدهای نمره استاندارد، اعضا به گروه‌های متجانس تقسیم می‌شوند، می‌توان فاصله معیار هر گروه را مضربی از نمره استاندارد تعیین کرد. روش فاصله‌ای معمولاً برای گروه بندی‌های دو یا چند معیاری بکار می‌رود و معمولاً هر متغیر اقلیمی مانند دما و بارش می‌تواند یک معیار باشد. هدف اصلی خوش‌های بندی کاهش تنوع و یا واریانس درون گروهی و افزایش واریانس بین گروهی است(علیجانی، ۱۳۸۲:۱۹۰). تحلیل خوش‌های می‌تواند به طریق سلسله مراتبی (Hierarchical) یا غیر سلسله مراتبی(Non Hierarchical) انجام پذیرد. در روش سلسله مراتبی طی فرایند خوش‌های بندی نخست خوش‌های شناسایی و سپس بر حسب درجه همانندی در یکدیگر ادغام می‌شوند تا سرانجام همه خوش‌های در یک خوش جمع شوند. روش چند میانگین (K-mean) متداول‌ترین روش خوش‌های بندی ناپایگانی است. در این روش نخست افراد به K گروه دلخواه تقسیم شده و سپس هر فرد در گروهی خوش می‌شود که کمترین فاصله را تا میانگین آن گروه دارد(مسعودیان، ۱۳۸۲). در آغاز فرآیند خوش‌های بندی به تعداد مشاهدات، خوش‌های وجود دارد و در آخرین مرحله همه مشاهدات در یک خوش جمع می‌شوند(علیجانی، ۱۳۸۱:۱۷۵). دو نقطه را در صورتی متعلق به یک ناحیه اقلیمی می‌دانیم که آب و هوایی آنها به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک باشد. بنابراین ابتدا با اندازه

گیری فاصله اقلیدسی عناصر اقلیمی همه نقاط مکانی ماتریس P ، درجه ناهمانندی مکان ها با یکدیگر سنجیده می شود(رابطه ۳).

$$d_{rs}^2 = (P_r - P_s)(P_r - P_s)' \quad \text{رابطه ۵}$$

در رابطه فوق d_{rs}^2 فاصله اقلیدسی نقطه r ام به مختصات $(\varphi r, \lambda r)$ و نقطه S ام به مختصات (φ_s, λ_s) یا فاصله اقلیدسی گروه r ام و گروه S ام می باشد:

P_r متغیر اقلیمی نقطه یا گروه r ام؛
 P_s متغیر اقلیمی نقطه یا گروه S ام؛

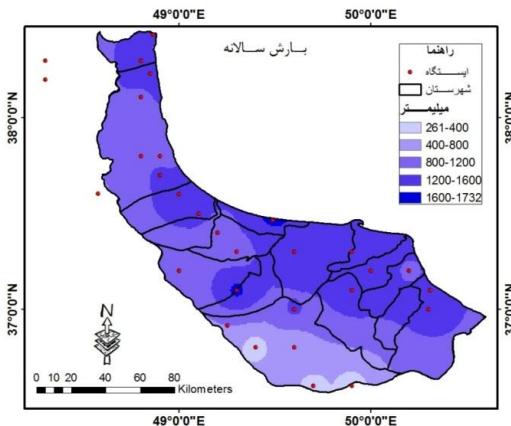
در روش وارد گروه های r و S در صورتی ادغام می شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه ها کمینه باشد(رابطه ۵).

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه فوق d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه S است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد. n_r تعداد اعضای گروه r و n_s تعداد اعضای گروه S است(مسعودیان، ۱۳۸۸، صص ۸۳ و ۸۴).

بحث و نتایج

پس از کنترل کیفی مقادیر سری بارش و تصحیح داده ها توسط رگرسیون خطی اقدام به پنهان بندی مقادیر بارش سالانه برای ایستگاهها بر اساس روش مجدور فاصله معکوس(IDW) گردید نتایج پنهان بندی بارش در شکل ۲ آمده است. با توجه به نقشه توزیع بارش سالانه در استان اینگونه استنباط می گردد که بیشینه بارش ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه روDXان، آستانه و باش محله مشاهده می گردد. کمینه بارش ها نیز در قسمتهای جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گوورد بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر مشاهده می گردد.



شکل ۲. پهنه بندی مقادیر بارش سالانه استان گیلان

پس از پهنه بندی مقادیر بارش اقدام به آشکار سازی روند در سری بارش های سالانه برای هر ایستگاه گردید تا در صورت وجود روند همبستگی آن با شدت خشکسالیها برآورد گردد. روند سری بارش های سالانه با استفاده از روش های ناپارامتریک محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره ۳ آمده است. همانطور که از محاسبات آورده شده در جدول ۳ مشخص است در هیچ چند ایستگاه های بر اساس آماره من کندا روند معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی گردد. با توجه به ایستایی سری بارش سالانه برای ایستگاه های مورد مطالعه می توان گفت که ناهنجاری بارش برای ایستگاه های استان و همچنین وقوع خشکسالی از هیچ رابطه خطی و مشخصی پیروی نمی کند و وقوع آن در استان بصورت دوره ای است.

جدول ۳. برآورد مقادیر Z و کران های بالا و پایین شبیه روند برای ایستگاه های مورد مطالعه

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
آب ویر	-0/۳۲۱۲۴		-1/۲۷۲۷۳	-۱۲/۴۶۷	۱۲/۴۵۵۹	-۱۰/۱۷۵۳	۸/۳۴۴۳۲۲	۱۴۱۰/۶۸۲
انزلی	-0/۷۶۷۲۹		-۴/۱۱۷۶۵	-۲۲/۲۴۳۴	۱۲	-۱۷/۷۴۱۸	۷/۶۷۷۰۰۸	۱۸۱۶/۱۴۷
اردبیل	-0/۴۴۶۱		-1	-۵/۷۴۶۵۴	۳/۳۳۲۹۱۷	-۴/۶۶۶۷	۲/۱۵۹۲۰۳	۳۱۳
آستانه	-0/۴۱۰۴۱		-1/۷۵	-۱۴/۲۶۲۵	۱۲/۴۷۸۹۳	-۱۰/۰۷۸۹	۷/۶۳۲۴۲۹	۱۳۱۶/۱۲۵
آستارا	0/۲۸۵۴۵۶		1/۳۳۳۳۳۳	-۱۱/۸۶۶	۱۲/۴۴۸۹۳	-۸/۲۰۲۱۸	۸/۸۹۳۰۴۳	۱۱۵۵/۸۲۳
باش محله	-1/۵۸۸۶۱		-10/۱۳۶۴	-۲۷/۲۰۵۸	۶/۴۹۱۰۱۷	-۲۴/۳۸۰۷	۲/۲۴۹۶۷۹	۱۶۱۰/۲۲۷
قلعه رودخان	-1/۲۱۳۱۹		-6/۳۷۵	-۲۰/۲۴۳۵	5/۷۷۸۲۳۵	-10/۶۴۷۳	۳/۲۷۲۲۹۷	۱۷۱۵/۶۲۵
گیلوان	0/۴۸۱۷۸۵		0/۵۴۵۴۰۵	-۲/۴۷۷۲۶	۳/۶۸۶۷۵۵	-1/۷۷۹۵۶	۲/۶۷۸۸۶۴	۱۶۹/۸۱۸۲
گوورد	-0/۹۴۶۰۳		-1/۷۶۴۷۱	-۷/۲۱۸۴۷	۳/۷۲۶۸۳۲	-۵/۳۲۸۴۲	۲/۰۷۵۵۵۷	۲۹۳/۴۷۰۶

هراتبر	-۰/۲۴۹۷۷		-۰/۷۷۷۷۸	-۱۷/۸۲۴۶	۱۵/۱۲۸۳۶	-۱۱/۰۹۱۳	۱۱/۹۱۱۷۹	۱۳۷۲/۶۶۷
هشتپر	-۰/۰۳۵۷		*	-۱۱	۷/۲۵	-۸/۰۸۲۷	۰/۶۹۲۹۷۲	۱۱۰۷/۵
کسما	-۱/۱۹۵۵۴		-۵/۵	-۱۷/۴۶۸۷	۷/۱۵۱۴۷۷	-۱۴/۵۸۸۱	۲/۷۶۸۳۲۷	۱۱۶۴/۲۵
خلخال	۰/۷۳۱۵۹۹		۱/۵	-۴/۳۹۵۳۴	۷/۲۷۲۶۹۵	-۲/۸۱۴۰۳	۶	۳۳۱
خرجگیل	۱/۸۹۱۷۵۲	+	۵/۷۱۴۲۸۶	-۲/۷۱۰۷	۱۲/۴۷۷۱۹	-۰/۲۲۶۰۳	۱۰/۵۳۴۳۴	۱۱۴۷/۶۴۳
کلچال	۰/۰۳۵۶۸۲		۰/۷۶۴۷۰۶	-۱۵/۰۸۶۶	۱۲/۸۴۶۵۷	-۱۰/۰۵۱۶۱	۱۰/۱۸۷۱۲	۱۱۹۲/۲۹۴
لاهیجان	۱/۱۷۷۸۸۳		۷/۲۵	-۷/۴۵۴۱	۲۰/۰۰۲۰۸	-۴/۲۱۹۷۷	۱۹/۲۶۴۸۳	۱۲۳۳/۲۵
لمیر	۰/۸۵۶۶۴۲		۷/۵	-۱۱/۱۶۸۳	۲۵/۳۴۳۰۸	-۸/۰۲۷۴۷	۲۱/۰۹۷۵۱	۱۲۷۸/۲۵
منجل	-۱/۸۰۲۲۳	+	-۳/۱۸۷۵	-۸/۸	۱/۴۷۳۴۷۱	-۳/۳۵۹۸۸	۰/۲۲۲۲۲	۳۰۹/۶۸۷۵
ماسال	۰/۱۷۸۴۱		۰/۶۳۱۵۷۹	-۸/۷۹۲۴۲	۹/۲۷۷۲۰۵	-۷۴۸۷۶	۷/۶۸۷۱۲۲	۹۹۰/۴۲۱۱
ماشین خانه	۰/۷۳۱۵۹۹		۳/۲۹۱۶۶۷	-۹/۶۲۵۰۳	۱۳/۴۴۶۹۴	-۷/۲۸۰۰۵	۱۱/۷۴۵۵۸	۱۰۰۴/۵
ماسوله	۱/۴۶۳۴۳		۵/۸۸	-۴/۸۴۱۶	۱۰/۳۶۹۶۷	-۲/۶۶۰۰۱	۱۳/۵۱۸۷۳	۸۳۷/۹۸
پارودبار	۱/۷۱۳۲۸۴	+	۴	-۳/۰۲۸۲۹	۱۰	-۰/۶۲۱۰۲	۸/۵۷۲۶۸۲	۲۵۰/۰
رشت	-۱/۴۶۳۴۳		-۵	-۱۷/۱۴۰۳	۳/۵۰۰۰۸۱	-۱۳/۱۶۸۸	۱/۷۵۸۱۰۷	۱۳۵۳
رضوانشهر	۰/۶۴۲۲۷۷		۳/۱۹۰۴۷۶	-۸/۵۱۳۸۶	۱۸/۱۱۰۰۲	-۵/۴۳۶۴۹	۱۳/۲۱۰۳	۱۲۴۰/۲۸۶
شهر بیجار	۰/۰۷۱۳۶۴		۰/۲۹۴۱۱۸	-۱۱/۳۱۶۷	۱۱/۶۷۳۲۸	-۹/۰۷۳۷۱	۹/۰۴۰۹۱۱	۱۲۰۴/۳۸۲
شلمان	-۰/۲۸۵۴۶		-۱	-۱۱/۱۷۴۷	۹/۵۷۵۱۰۷	-۸/۴۶۸۳۱	۸	۱۱۶۷/۵
شیرآباد	۰/۸۳۸۶۶۲		۳/۰۸۳۳۳۳	-۹/۷۶۷۸	۱۶/۶۷۷۹	-۵/۹۷۰۹۴	۱۲/۳۱۹۹۸	۱۰۸۲
توتکی	۰/۶۰۶۵۹۵		۳/۹۱۶۶۷	-۱۷/۰۵۳۴	۲۲/۶۴۴۸۷	-۱۰/۷۸۰۸	۱۸/۴۵۴۲۶	۱۵۱۱/۱۲۵
توتکابن	-۰/۰۵۳۵۴		-۱/۸	-۱۰/۲۱۸۴	۵/۸۱۸۲۵۶	-۸/۲۷۰۶	۳/۵۱۸۷۳۱	۵۱۴/۱
پرورد	۰/۸۵۶۳۶۹		۲/۳۳۳۳۳۳	-۴/۴۷۰۳۲	۷/۶۳۴۶۵۷	-۲/۴۷۴۰۷	۶/۶۴۱۱۰۸۵	۳۰۰
رامسر	-۰/۰۵۳۱۶		-۳/۴۴۴۴۴	-۱۹/۱۹۹۲	۱۳/۶۱۳۶۱	-۱۵/۴۸۷۴	۱۰/۲۳۴۵۴	۱۲۰۵/۴۴۴

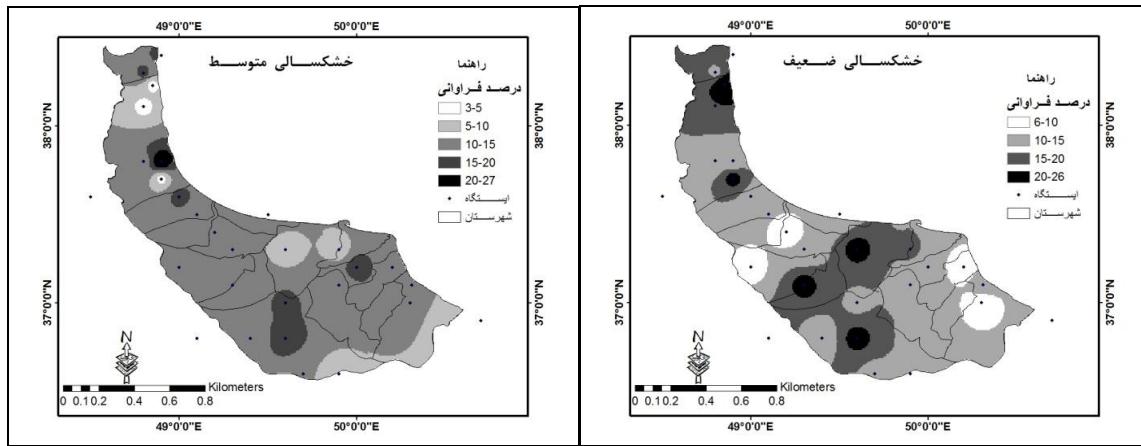
در گام بعدی و پس از تحلیل شرایط سری بارش ایستگاهها اقدام به تعیین ضرایب خشکسالی برای ایستگاههای مورد مطالعه بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RIA) گردید. پس از برآورد مقادیر، اقدام به محاسبه درصد فراوانی شدت خشکسالی در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۶۰-۱۳۸۹) برای هر ایستگاه گردید. نتایج محاسبات مربوط به فراوانی شدت خشکسالی برای هر ایستگاه در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. فراوانی شدت خشکسالی در استان گیلان در دوره ۱۳۶۰-۱۳۸۹

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
آب ویر	۴۶/۷	۶/۷	۱۳/۳	۱۶/۷	۶/۷	۱۰
انزلی	۴۳/۳	۶/۷	۱۰	۱۲/۳	۱۰	۱۶/۷
اردبیل	۴۶/۷	۱۲/۳	۷/۷	۲/۳	۱۳/۳	۱۶/۷
آستانه	۴۶/۷	۶/۷	۱۶/۷	۶/۷	۱۶/۷	۱۳/۳
آستارا	۴۳/۳	۳/۳	۲۰	۱۶/۷	۳/۳	۱۳/۳
باش محله	۴۰	۱۰	۱۳/۳	۱۶/۷	۶/۷	۱۳/۳
قلعه رودخان	۳۰	۱۰	۲۳/۳	۱۲/۳	۳/۳	۲۰
گیلوان	۳۶/۷	۱۰	۲۰	۱۰	۶/۷	۱۶/۷
گوورد	۴۶/۷	۳/۳	۱۳/۳	۶/۷	۱۰	۲۰
هراتبر	۴۶/۷	۱۰	۷/۷	۱۰	۱۰	۱۶/۷
هشتپر	۳۳/۳	۱۰	۱۰	۲۶/۷	۶/۷	۱۳/۳
کسما	۴۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۶/۷	۱۳/۳
خلخال	۴۰	۶/۷	۱۳/۳	۱۲/۳	۱۰	۱۶/۷
خرجگیل	۳۳/۳	۱۰	۲۳/۳	۳/۳	۱۶/۷	۱۳/۳
کلچال	۴۰	۱۳/۳	۱۰	۱۳/۳	۱۰	۱۰
لاهیجان	۳۰	۱۶/۷	۱۰	۲۰	۱۳/۳	۱۰
لمیر	۴۳/۳	۰	۲۶/۷	۳/۳	۱۳/۳	۱۳/۳
منجیل	۳۶/۷	۱۶/۷	۱۰	۱۰	۱۳/۳	۱۳/۳
ماسال	۳۶/۷	۲۰/۰	۷/۷	۱۲/۳	۶/۷	۱۶/۷
ماشین خانه	۴۶/۷	۶/۷	۱۰	۱۲/۳	۱۶/۷	۶/۷
ماسوله	۴۰	۱۶/۷	۷/۷	۱۲/۳	۶/۷	۱۶/۷
نمین	۴۳/۳	۱۶/۷	۱۰	۱۰	۶/۷	۱۳/۳
پارودبار	۴۳/۳	۶/۷	۱۳/۳	۱۰	۱۶/۷	۱۰
رشت	۳۶/۷	۱۶/۷	۲۳/۳	۷/۷	۰	۱۶/۷
رضوانشهر	۴۶/۷	۱۰	۱۰	۱۲/۳	۱۰	۱۰
شهر بیجار	۳۶/۷	۱۲/۳	۱۳/۳	۱۶/۷	۶/۷	۱۳/۳
شلمان	۳۳/۳	۱۶/۷	۷/۷	۱۲/۳	۱۶/۷	۱۳/۳
شیرآباد	۳۶/۷	۲۰	۲۰	۳/۳	۳/۳	۱۶/۷
توتکی	۵۰	۳/۳	۱۰	۱۳/۳	۶/۷	۱۶/۷

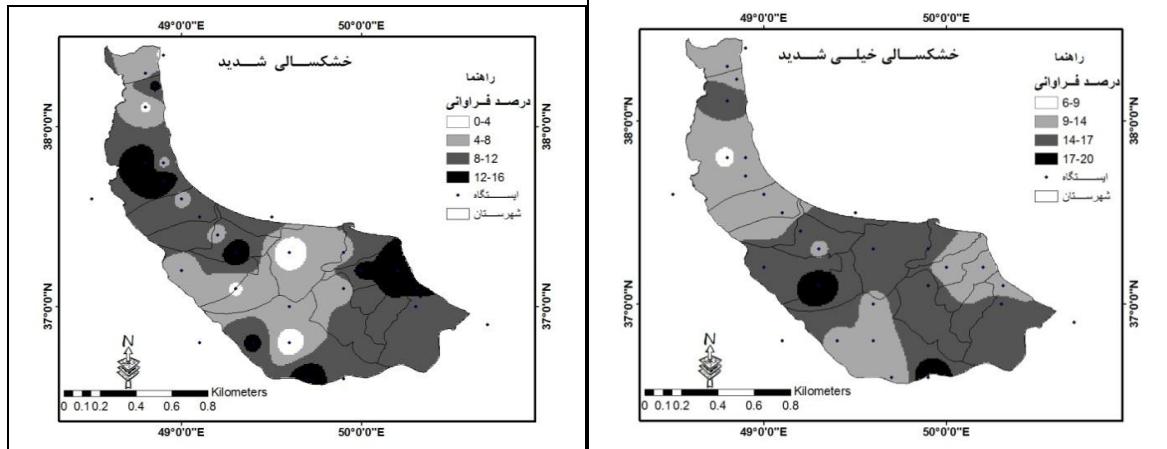
۱۳/۳	۰	۲۰	۲۳/۳	۳/۳	۴۰	توتکابن
۱۳/۳	۱۳/۳	۳/۳	۱۰	۱۰	۵۰	پرورد
۱۶/۷	۱۰	۳/۳	۱۳/۳	۱۶/۷	۴۰	رامسر

برای تشخیص بهتر پراکنش فراوانی شدت های خشکسالی در سطح استان نقشه های پهنه بندی درصد فراوانی برای هر چهار نوع خشکسالی در اشکال ۳ تا ۶ آمده است. بیشترین درصد فراوانی خشکسالیهای ضعیف با ۲۰ تا ۲۶ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشه شمال غربی استان در محدوده ایستگاههای قلعه رودخان، رشت، توتکابن، خرجگیل، شیرآباد و لیمیر مشاهده می گردد. کمترین میزان فراوانی وقوع خشکسالهای ضعیف نیز در محدوده ایستگاههای هراتبر، شلمان، ماسال و ماسوله با ۶ تا ۱۰ درصد فراوانی وقوع در بلند مدت می باشد. در مورد فراوانی خشکسالیهای متوسط در استان می توان گفت بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ۲۰ تا ۲۷ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاههای لیمیر، شیرآباد و خرجگیل با ۳ تا ۵ درصد فراوانی وقوع رخ می دهد. پهنه بندی فراوانی وقوع خشکسالهای شدید در استان حاکی از آن است که بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمتهایی از مناطق حاشیه ای استان در شرق و جنوب و شمالغرب در محدوده ایستگاههای ماشین خانه، خرجگیل، کسما، منجیل، پارودبار، لاهیجان، شلمان و کلچال با ۱۲ تا ۱۶ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در مناطق مرکزی در حوالی ایستگاههای رشت، قلعه رودخان، توتکابن و شیرآباد با ۱ تا ۴ درصد فراوانی وقوع می باشد. از لحاظ فراوانی وقوع خشکسالیهای خیلی شدید اینگونه می توان گفت که بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشه جنوبی استان در محدوده ایستگاههای قلعه رودخان و گوورد با ۱۷ تا ۲۰ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاه ماشین خانه با ۹ تا ۶ درصد در بلند مدت مشاهده می گردد.



شکل ۴. پهنه بندی درصد فراوانی و قوع خشکسالی متوسط استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹)

شکل ۳. پهنه بندی درصد فراوانی و قوع خشکسالی ضعیف استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹)



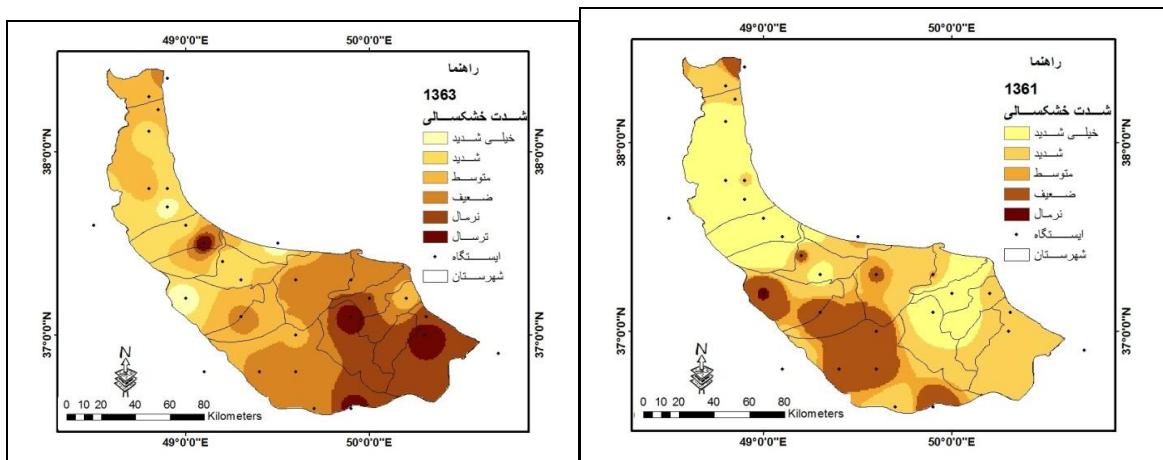
شکل ۶. پهنه بندی درصد فراوانی و قوع خشکسالی خیلی شدید استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹)

شکل ۵. پهنه بندی درصد فراوانی و قوع خشکسالی شدید استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹)

پس از تحلیل فراوانی و قوع شدت های مختلف خشکسالیهای استان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش و پهنه بندی ۸ مورد از خشکسالیهای فرآگیر استان طی دوره مورد مطالعه (۱۳۶۰-۱۳۸۹) با استفاده از روش مجدد فاصله معکوس (IDW) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاهها دارای خشکسالی بوده اند گردید. سالهای گزینش شده که در نهایت با استفاده از تعیین شبکه ای نقاط در تحلیل خوشه ای - فاصله ای مورد ارزیابی قرار می گیرند عبارتند از:

- خشکسالی سال ۱۳۶۱: در این سال قسمت اعظم استان تحت سیطره خشکسالی می باشد و تنها گوشه غربی استان دارای وضعیت نرمال است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمتهای شرقی و شمالی استان و کمترین شدت آن مربوط به گوشه جنوبی است(شکل ۷).

- خشکسالی سال ۱۳۶۳: در این سال گوشه شرقی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمتهای استان تحت سیطره معرض خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمت شمالی و کمترین آن مربوط به قسمت جنوبی استان است(شکل ۸).

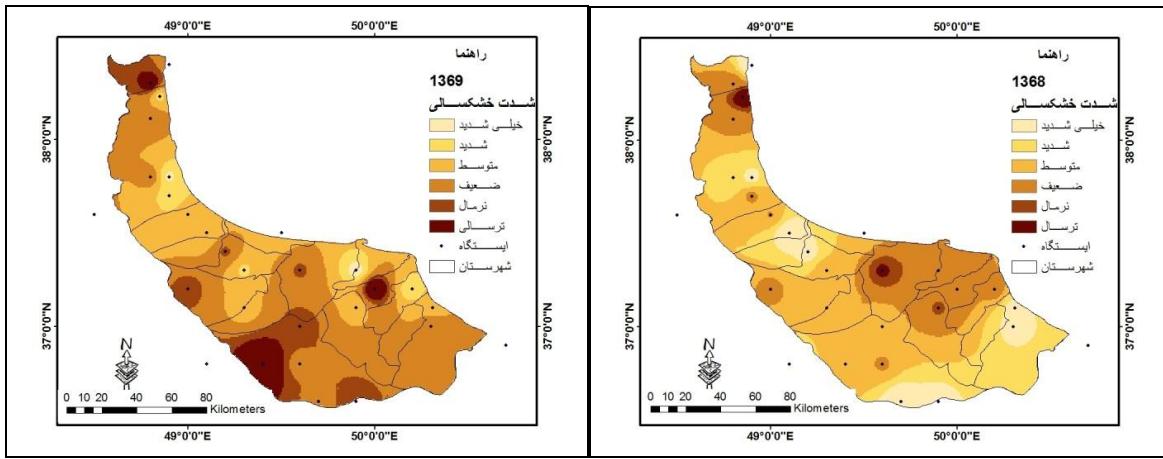


شکل ۷. پهنۀ بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۱

شکل ۸. پهنۀ بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۳

- خشکسالی سال ۱۳۶۸: در این سال به استثنای ایستگاههای رشت و لیمیر در سایر قسمتهای استان خشکسالی گسترده شده است. در این سال بیشترین شدت در قسمت مرکزی و شرقی استان و کمترین شدت آن در گوشه شمالی مشاهده می گردد(شکل ۹).

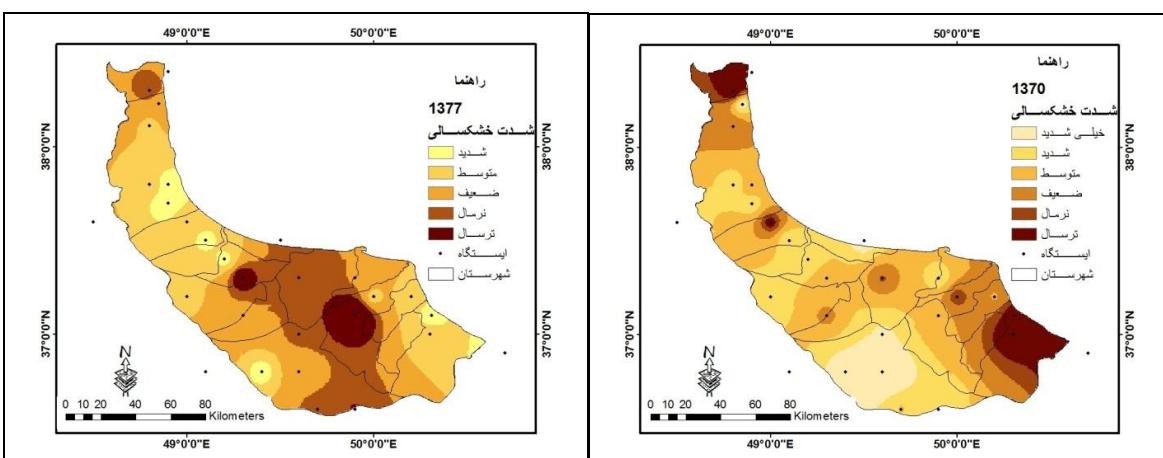
- خشکسالی سال ۱۳۶۹: در سال ۶۹ قسمتهای جنوب غرب و گوشه شمالی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمتها تحت پدیده خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی در حوالی ایستگاههای آستانه، شلمان و خرجگیل مشاهده می گردد(شکل ۱۰).



شکل ۹. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۸ و ۱۳۶۹

-خشکسالی سال ۱۳۷۰: در سال ۱۳۷۰ به استثنای گوشه شرقی و شمالی در سایر قسمتهای استان خشکسالی احاطه داشته است. در این سال بیشترین شدت خشکسالی در گوشه جنوبی استان در حوالی ایستگاهها منجیل و توکابن و همچنین در قسمتهایی از شمال استان در حوالی ایستگاههای انزلی و لیمیر مشاهده می گردد(شکل ۱۱).

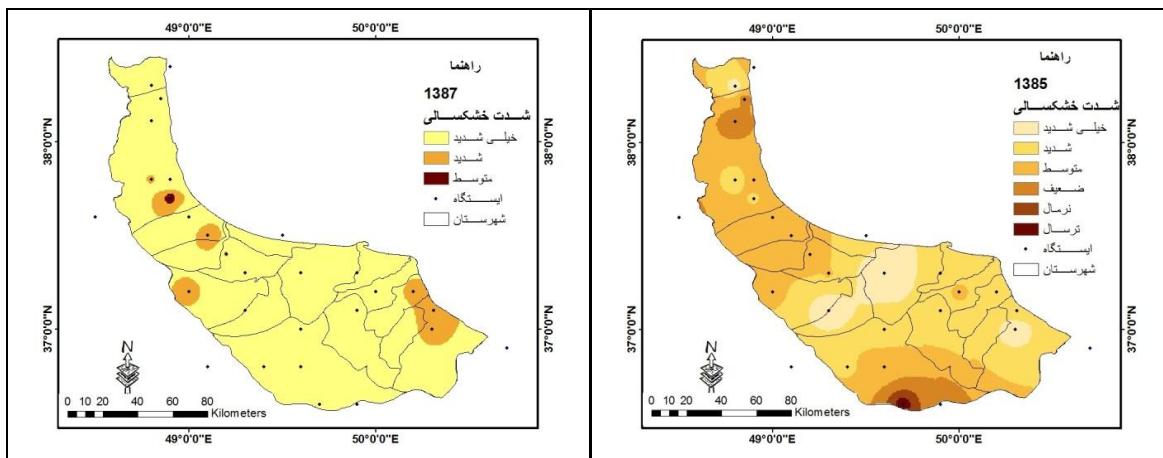
-خشکسالی سال ۱۳۷۷: نقشه خشکسالی سال ۱۳۷۷ بیانگر آن است که به جز در لکه هایی از بخش مرکزی استان در سایر قسمتها خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت آن مربوط به بخشهای شرقی، غربی و جنوبی استان در حوالی ایستگاههای کلچال، منجیل، ماسال، رضوانشهر، خرجگیل و هشت پر دیده می شود(شکل ۱۲).



شکل ۱۲. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷

-خشکسالی سال ۱۳۸۵: در سال ۱۳۸۵ به استثنای گوشه جنوبی به مرکزیت ایستگاه پارودبار در سایر بخش‌های استان خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت خشکسالی در ایستگاه‌های رشت، قلعه رودخان، هراتبر و باش محل مشاهده می‌شود(شکل ۱۳).

-خشکسالی سال ۱۳۸۷: در سال ۱۳۸۷ تمام گستره استان تحت سیطره خشکسالی بوده است که به جز بخش‌های کوچکی از شرق و مرکز استان در سایر نقاط خشکسالی خیلی شدید حاکم بوده است(شکل ۱۴).



شکل ۱۳. پهنی بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷. پهنی بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۸۷

پس از تحلیل خشکسالیهای فراگیر در دوره مطالعه(۱۳۶۰-۱۳۸۹) اقدام به تحلیل خوشه‌ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان گردید. با آزمودن روش‌های مختلف برای تعیین تعداد خوشه‌ها بهترین روش وارد انتخاب گردید. برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روش‌های رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. با انتخاب ۸ خشکسالی فراگیر در دوره مطالعه اقدام به تحلیل خوشه‌ای مقادیر و تعیین مناطق با ذات مشابه برای رخداد خشکسالی گردید. نتایج محاسبات مربوط به تعیین خوشه‌ها و تعیین فاصله بین دسته‌ها در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. مراحل تعیین سطوح خوشه و سطح تشابه برای هر مرحله

مرحله	تعداد خوشه‌ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جاگشت خوشه‌ها	مرحله	تعداد خوشه‌ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جاگشت خوشه‌ها
۱	۳۱	۸۵/۰۳	۱/۷۸	۱۰	۱۷	۱۵	۵۷/۸۸	۵/۰۲	۸
۲	۳۰	۸۳/۱۱	۲/۰۱	۹	۱۸	۱۴	۵۵/۸۶	۵/۲۶	۲
۳	۲۹	۷۴/۸۴	۳	۹	۱۹	۱۳	۵۴/۷۱	۵/۳۹	۶

۴	۲۸	۷۴/۶۲	۳/۰۲	۱۳	۲۰	۱۲	۵۳/۶۹	۵/۵۲	۲
۵	۲۷	۴۳/۵۰	۳/۱۶	۷	۲۱	۱۱	۵۳/۲۱	۵/۰۷	۱
۶	۲۶	۷۲/۰۲	۳/۲۳	۲۶	۲۲	۱۰	۴۷/۵۶	۶/۲۵	۲
۷	۲۵	۷۱/۸۵	۳/۳۵	۶	۲۳	۹	۴۶/۱۲	۷/۴۲	۵
۸	۲۴	۷۱/۲۸	۳/۴۲	۴	۲۴	۸	۳۷/۵۹	۷/۴۳	۳
۹	۲۳	۶۸/۹۹	۳/۶۹	۲	۲۵	۷	۳۷/۴۰	۷/۴۶	۶
۱۰	۲۲	۶۷/۶۸	۳/۵۸	۱۳	۲۶	۶	۳۰/۵۸	۸/۲۷	۱
۱۱	۲۱	۶۵/۸۵	۴/۰۷	۱۰	۲۷	۵	۴/۸۵	۱۱/۳۳	۳
۱۲	۲۰	۶۵/۶۲	۴/۰۹	۱۶	۲۸	۴	-۱۷/۲۷	۱۳/۹۷	۲
۱۳	۱۹	۶۱/۴۵	۴/۵۹	۱۸	۲۹	۳	-۳۵/۳۷	۱۶/۱۲	۲
۱۴	۱۸	۶۱/۱۵	۴/۶۳	۲۰	۳۰	۲	-۴۱/۴۹	۱۷/۸۵	۱
۱۵	۱۷	۶۱/۰۸	۴/۶۴	۲	۳۱	۱	-۷۸/۴۵	۲۱/۲۵	۱
۱۶	۱۶	۵۸/۳۲	۴/۹۶	۳					

پس از تعیین تعداد خوشه ها و فاصله هر کدام از مرکزیت خوشه اقدام به تعیین فاصله متوسط و حداقلی هر خوشه نسبت به میانگین کل گردید(جدول ۶).

جدول ۶. تعیین فاصله متوسط و حداقلی هر خوشه نسبت

به میانگین کل برای مشاهدات مورد مطالعه

خوشه ها	تعداد مشاهدات	درون یابی خوشه ها از مجموع مربعات	متوسط فاصله از مرکز	حداکثر فاصله از مرکز
خوشه اول	۶	۷۸/۱۳۱	۳/۵۹۳۳۷	۴/۲۴۰۷۱
خوشه دوم	۱۲	۱۸۸/۹۹۸	۳/۸۰۸۲۳	۵/۷۸۹۹۹
خوشه سوم	۱۰	۱۱۱/۸۹۹	۳/۲۷۴۱۳	۴/۲۷۸۱۲
خوشه چهارم	۴	۲۷/۷۱	۲/۵۴۱۸۵	۳/۷۲۱۸

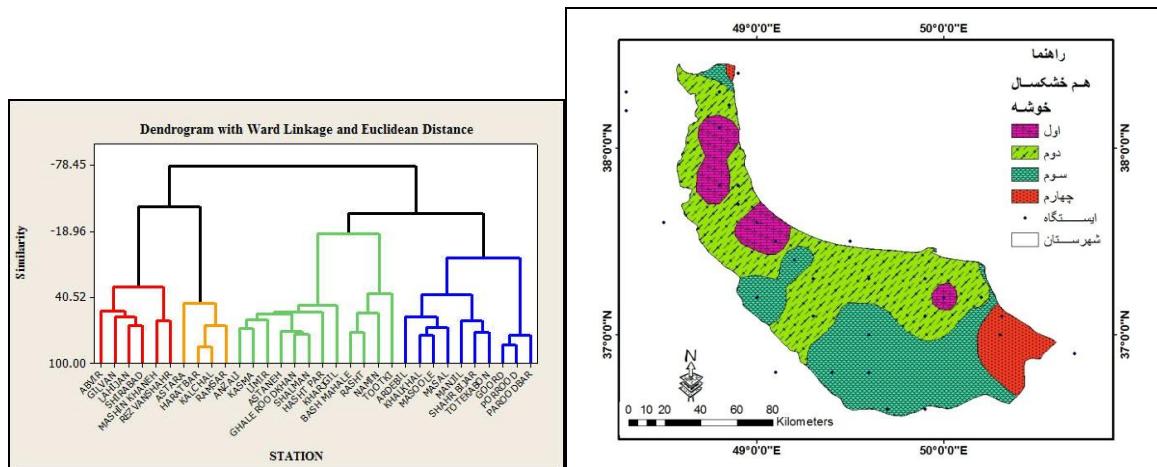
در نهایت اقدام به ترسیم دندوگرام خوشه های استخراج شده و همچنین نقشه هم خشکسال نقاط مختلف برای استان گردید. محدوده های خوشه های واحد بصور زیر است:

خوشه اول: در خوشه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی مشاهده می گردد ایستگاههای لاهیجان، ماشین خانه، آب ویر، شیرآباد و رضوانشهر قرار می گیرند.

خوشه دوم: این خوشه به لحاظ مکانی گسترده ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان گسترده شده است. در خوشه دوم ایستگاههای توکی، سلمان، آستانه، رشت، کسما، قلعه رودخان، خرجگیل، هشتپر، لیمیر و باش محله جای می گیرند.

خوشه سوم: این خوشه در قسمت جنوب و جنوب غرب استان قرار گرفته و از لحاظ وسعت مکانی در میان خوشه ها رتبه دوم را دارد. ایستگاههای ماسال، ماسوله، شهر بیجار، منجیل، توکابن، پارودبار و گورد در محدوده خوشه سوم قرار دارد.

خوشه چهارم: این خوشه بصورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان در محدوده ایستگاههای کلچال و هراتبر قرار گرفته است..



شکل ۱۶. دندوگرام مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس
شاخص ناهنجاری بارش (RIA)

شکل ۱۵. پهنه بندی مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس
شاخص ناهنجاری بارش (RIA)

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر پایش و پهنه بندی خشکسالیهای فراگیر استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RAI) برای ۳۲ ایستگاه بارانسنجی استان گیلان در بازه زمانی (۱۳۸۹-۱۳۶۰) انجام گرفت. در گام اول پژوهش اقدام به تحلیل شرایط بارشی ایستگاههای مورد مطالعه گردید. تحلیل بارشها نشان داد که بیشینه بارش

ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه رودخان، آستارا و باش محله مشاهده می گردد. کمینه بارش ها نیز در قسمتهای جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گورد مشاهده می گردد. در گام بعد اقدام به تعیین روند سری بارش ها بر اساس روش‌های ناپارامتریک گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد که هیچگونه روندی در سری بارشها وجود ندارد. پس از تحلیل روند در گام بعد اقدام به استخراج ضرایب خشکسالی برای ایستگاهها بر اساس شاخص ناهنجاری بارش گردید. پس از تعیین ضرایب اقدام به تعیین و پنهانه بندی درصد فراوانی وقوع شدت های مختلف خشکسالی برای دوره ۱۳۸۹-۱۳۶۰ گردید. نتایج تحلیل فراوانی نشان داد که بیشترین درصد فراوانی خشکسالیهای ضعیف با ۲۶ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشش شمال‌غربی استان، در مورد خشکسالیهای متوسط بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ۲۷ تا ۲۰ درصد فراوانی وقوع، در خشکسالیهای شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمتهایی از مناطق حاشیه ای استان در شرق و جنوب و شمال‌غرب و در خشکسالیهای خیلی شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشش جنوبی استان مشاهده گردید. پس از تحلیل فراوانی وقوع شدت های مختلف خشکسالیهای استان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش ۸ و پنهانه بندی مورد از خشکسالیهای فرآگیر استان طی دوره مطالعه(۱۳۶۰-۱۳۸۹) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاهها دارای خشکسالی بوده اند گردید. پس از تحلیل خشکسالیهای فرآگیر در دوره مورد مطالعه(۱۳۶۰-۱۳۸۹) اقدام به تحلیل خوشیه ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان گردید. با آزمودن روش‌های مختلف برای تعیین تعداد خوشیه ها بهترین روش وارد انتخاب گردید. برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روش‌های رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. نهایتاً تعداد ۴ خوشیه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم خشکسال در استان گیلان شناسایی گردید. خوشیه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی، خوشیه دوم گستردۀ ترین خوشیه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان، خوشیه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشیه چهارم بصورت یک محدوده مجزا در گوشش شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی به ترتیب می توان خوشیه های دوم، اول، چهارم و سوم را در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند.

منابع

- ۱- بدق جمالی جواد و جوانمرد سهیلا و شیرمحمدی رضا، ۱۳۸۱، پایش و پنهن بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، ص ۲۴-۴.
- ۲- پورهمت جهانگیر، ۱۳۷۹، بررسی خشکسالی و ترسالیهای حوضه کارون، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی، کرمان، اسفند ۱۳۷۹.
- ۳- تاجداری، خسرو، ۱۳۹۰، گزارش وضعیت خشکسالی یا ترسالی استان گیلان در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان.
- ۴- جهانبخش، سعید، تدین، معصومه و یزدانی، محمد، ۱۳۸۷، تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی و تعیین دوره های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱، صص ۵۴-۳۷.
- ۵- حسنی ها حمید، ۱۳۷۹، بررسی وضعیت خشکسالی های استان زنجان، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی، کرمان، اسفند ۱۳۷۹.
- ۶- خسروی، محمود و اکبری محمد، ۱۳۸۸، تحلیل خشکسالیهای استان خراسان جنوبی از دیدگاه اقلیم شناسی، جغرافیا و توسعه، شماره ۷، ۶۸-۵۱.
- ۷- رضیئی طیب، دانش کار آراسته پیمان، اختری روح انگیز و ثقفیان بهرام، ۱۳۸۶، بررسی خشکسالیهای هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، تحقیقات منابع آب، سال سوم، شماره ۱، ص ۸۱.
- ۸- زاهدی قره آقاج، مجید و قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۶، تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه میزان بارش قابل اعتماد ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۹، ۳۴-۲۱.
- ۹- سلطانی سعید و سعادتی سیده سارا، ۱۳۸۶، پنهن بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش (SPI)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۲.
- ۱۰- علیجانی، ب، ۱۳۸۱، اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- ۱۱- علیجانی، بهلول و بنی واهب، علیرضا، ۱۳۸۴، بررسی خشکسالی و ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرون از استفاده از مدل های آماری، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۲، صص ۴۵-۳۳.
- ۱۲- علیجانی بهلول، ۱۳۷۹، آب و هوی ایران، انتشارات پیام نور، چاپ چهارم.
- ۱۳- غیور، ح و منتظری، م، ۱۳۸۳، پنهن بندی رژیم های دمایی ایران با مؤلفه های مبنا و تحلیل خوش ای، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴، زاهدان.
- ۱۴- فرج زاده، منوچهر، ۱۳۸۴، خشکسالی از مفهمو تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۱۵- فشارکی، پریدوخت (۱۳۸۴) فرهنگ جغرافیا، انتشارات امیر کبیر.

- ۱۶- مسعودیان، س، ا، ۱۳۸۲، نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲، صص ۱۸۴ - ۱۷۱
- ۱۷- مسعودیان ابوالفضل، ۱۳۸۳، بررسی روند دمای ایران در نیم سده اخیر، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان

۱۸- مسعودیان، س، ا، ۱۳۸۵، اقلیم شناسی همدید، انتشارات دانشگاه اصفهان.

- ۱۹- مقدسی، مهندش، مرید سعید، ریایون، قائمی، هوشنگ و محمد ولی سلمان، جمال، ۱۳۸۳، پایش خشکسالی با استفاده از
شاخص DI-SPI-EDI در استان تهران، تحقیقات کشاورزی.

- 20- Bhattacharyya Gouri K., Richard A. Johnson (1977), Statistical concepts and methods, John Wiley and Sons.
- 21- Bazuhair, A. S.and Alghani, A. (1997): "Determination of Monthly Wet and Dry Periodsin Saudi Arabia"3, International Journal of Climatolig, Vol.17, Pp. 303-311.
- 22- Dupigny-Giroux, L., 2001, Towards Characterizing and Planning for Drought in Vermont - Part I: A Climatologically Perspective,J. of the Am. Water Res. Assoc., 37, 505-525.
- 23- Estrela, M.J., Pennarrocha, D. and Milan, M. (2000): "Multi-Annual Drought Episodes in The Mediterranean (Valencia Region) From (1950-1996)", International Journal of Climatology, Vol.20, Pp. 1599-1618.
- 24- Hayes, M.J., M.D. Svoboda, D.A. Wilhite and Vanyarkho. O.V. (1999), "Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index",Bulletin of the American Meteorological Society,80(3): pp. 429- 437.
- 25- Hong, W U., Hayesi, J.M., Weiss, A. and Qihu. (2001): "An Evaluation of The Standardized Precipitation Index, The China-Z Index and The Statitical Z-Score", International Journal of Climatology, Vol.21, Pp. 745-758.
- 26- Pashiardis, S. Michaelides, S. (2008): "Implementation of The Standardized Precipitation Index (SPI) and The Reconnaissance Drought Index (RDI) for Regional Drought Assessment: A Case Study for Cyprus" ,European Water, Vol.23/24, Pp. 57-65.
- 27- Lloyd-Hughes, B. and Saunders. M.A. (2002), "A drought climatology for Europe", InternationalJournal of Climatology 22: pp. 1571–1592.
- 28- Vinnikov Konstantin Y. (2002) Trends in moments of climatic indices, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 29, NO. 2:141-144.

پیش‌بینی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل LARS-WG5

سیده فاطمه معافی مدنی - دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد موسوی بایگی^۱ - دانشیار هواشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

حسین انصاری - دانشیار آبیاری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۹/۱۹

چکیده

به دلیل نقش حیاتی آب در زندگی انسان، بررسی تأثیرات منفی پدیده تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی خشکسالی یک منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دو دهه آینده با استفاده از شاخص‌های خشکسالی دهک (DI) و بارش استاندارد شده (SPI) پرداخته شده است. در ابتدا داده‌های روزانه خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 تحت سناریوی A2، توسط مدل آماری LARS-WG نسخه ۵، ریزمقیاس شده و توانایی مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی اقلیم گذاشته (۱۹۹۱-۲۰۱۰) ایستگاه سینوپتیک استان مورد تأیید قرار گرفته، سپس پارامترهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعات آفتابی برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ برای ایستگاه‌های مورد مطالعه شبیه‌سازی شده است. بهطور متوسط در همه ایستگاه‌ها در ۷۵٪ ماهها در دهه اول و در ۷۷٪ ماهها در دهه دوم دوره پیش‌بینی، افزایش بارش را خواهیم داشت. پس از آن با استفاده از داده‌های بارش وضعیت خشکسالی استان به کمک دو شاخص خشکسالی ذکر شده در مقیاس سالانه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد این دو شاخص همخوانی خوبی با هم دارند و طی دو دهه آینده خشکسالی در اغلب ایستگاه‌ها و در بیشتر سال‌ها کاهش می‌یابد؛ به استثنای ایستگاه تربت جام که به دلیل افزایش ساعت آفتابی و در نتیجه کاهش بارندگی، افزایش خشکسالی را نشان می‌دهد. در حالت کلی در بیش از ۹۰٪ ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی طی بیست سال آینده، وضعیت تراسالی افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، خشکسالی، مدل گردش عمومی جو، مدل LARS-WG5، ریزمقیاس نمایی، SPI، شاخص DI

مقدمه

پژوهشگران هوا و اقلیم شناسی در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی^۱ ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای^۲ و گرمایش کلی زمین و به دنبال آن وضع اقلیم دهه‌های آتی کره زمین را مهم‌ترین نگرانی موجود می‌شمارند. در حال حاضر اقلیم‌شناسان برای بررسی اثرات تغییر اقلیم، به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو - اقیانوسی^۳ می- پردازنند(بارو و یو،^۴ ۲۰۰۵: ۱). از آنجایی که اجرای این مدل‌ها برای دوره زمانی طولانی مدت نیازمند وقت زیاد و سرعت‌های بالای پردازش است، برای چیزه شدن بر این مشکل ساده سازی‌هایی از جمله کاهش تکیک فضایی و حذف برخی از فرآیندهای فیزیکی و ترمودینامیکی در مقیاس خرد باید صورت گیرد. این ساده سازی‌ها باعث افزایش خطای مدل‌های گردش عمومی جو و همچنین موجب بروز خطا در پیش‌بینی‌ها و ارزشیابی اقلیم آتی کره زمین می‌شود. برای رفع این نقصه، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به دو روش آماری و دینامیکی ریز مقیاس می‌شوند (بابائیان و نجفی نیک، ۱۳۸۹: ۱). در ریز مقیاس نمایی آماری می‌توان از روش‌های مانند رگرسیون و همچنین مدل‌های مولد هواشناسی استفاده کرد(هالینر و ویلیامز،^۵ ۱۹۸۰: ۱۱۵). در روش ریز مقیاس نمایی دینامیکی معادلات حاکم بر سنته هوا در شبکه‌های ریزتری از شبکه مدل گردش عمومی جو با استفاده از روش‌های آنالیز عددی از قبیل تفاضل محدود حل می‌شوند که در صورت به کاربردن این روش می‌توان به نقصه دوم مدل‌های گردش عمومی جو، یعنی ساده‌سازی فرآیندهای جوی نیز فائق آمد(هیدالگو^۶ و دیگران، ۲۰۰۸: ۱؛ ویلی و هریس^۷، ۲۰۰۶: ۱۲۱).

یکی از روش‌های ریز مقیاس نمایی استفاده از مدل‌های تولید داده‌های هواشناسی^۸ است که این مدل‌ها بر دو نوع ریچاردسون و سریال هستند. در نوع ریچاردسون برای مدل‌سازی رویداد بارش از فرآیند زنجیره مارکف استفاده می- شود. در این روش ابتدا تر یا خشک بودن روز مورد نظر تعیین می‌شود و سپس در صورتی که روز مورد بررسی یک روز تر باشد، میزان بارش از توزیع گاما محاسبه می‌شود. اما در مدل‌های نوع سریال، اولین قدم مدل‌سازی سری روزهای تر و خشک است. اولین مدل سریال در سال ۱۹۹۱ توسط زمنف ابداع شد. این مدل‌ها برای شبیه‌سازی طول روزهای تر و خشک، بارش روزانه و تابش آفتاب یا ساعت آفتابی از توزیع نیمه تجربی استفاده می‌کنند. نسخه ۵ مدل LARS-WG که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، از نوع مدل‌های سریال می‌باشد(بابائیان و همکاران، ۱۳۸۴: ۱). از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: زمنف با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۰ ایستگاه در نقاط مختلف دنیا، که دارای اقلیم‌های متفاوت می‌باشند، توانایی مدل تولیدکننده جوی LARS-WG را

1 Climate Change

2 Greenhouse Gases

3 Atmospheric-Ocean General Circulation Model

4 Barrow and Yu

5 Haltiner and Williams

6 Hidalgo

7 Wilby and Harris

8 Weather Generator

برای شبیه‌سازی رویدادهای جوی حدی مورد بررسی قرار داد(سمنو،^۱ ۲۰۰۸: ۲۰۳). بابائیان و همکاران مدل-LARS-WG را بر روی برخی از ایستگاه‌های استان خراسان مورد ارزیابی قرار دادند و این نتیجه حاصل شد که این مدل توانمندی مدل‌سازی اقلیم دوره گذشته ایستگاه‌های تحت مطالعه استان خراسان را بر اساس یک حالت پایه دارد است(بابائیان و همکاران، ۱۳۸۴: ۱). رجی با استفاده از مدل ریز مقیاس نمایی LARS-WG و خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 تحت سناریوهای A1B، A2 و B1، تغییر اقلیم را در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار داد. مشخص شد که تغییرات بارندگی در سه سناریوی ذکر شده، از نظم مشخصی پیروی نمی‌کند. همچنین افزایش دما طی دوره‌های آینده در همه سناریوها مشاهده شد(رجی، ۱۳۸۹: ۸). همچنین عباسی و همکاران پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی را با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مورد بررسی قرار دادند که داده‌های سناریوی A1 مدل گردش عمومی جو ECHO-G برای ارزیابی تغییرات اقلیمی، خشکسالی و یخبندان استان توسط مدل آماری LARS-WG ریز مقیاس شدند. نتایج کلی بررسی‌ها حاکی از کاهش خشکسالی این استان در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ می‌باشد(Abbasی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱۸). الشمی^۲ و همکاران با استفاده از مدل‌های مولد هواشناسی، اثرات تغییر اقلیم در جنوب انگلستان را بررسی کرده و قابلیت مدل‌ها را برای شبیه‌سازی داده‌های روزانه مورد تأیید قرار دادند(الشمی و دیگران، ۲۰۰۵: ۱). کمال و مساح بوانی، تغییرات اقلیمی حوضه قره‌سو را با استفاده از خروجی مدل HADCM3 تحت سناریوی A2 و مدل ریز مقیاس نمایی SDSM طی دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج تحقیق، افزایش دما در ماههای مختلف سال بین ۰/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد و تغییرات بارش بین ۱۰-۲۰ میلی‌متر به دست آمد(کمال و مساح بوانی، ۱۳۸۹: ۹۲۰). از جمله کاربردهای داده‌های بارش شبیه‌سازی شده، استفاده از آن‌ها در پایش خشکسالی می‌باشد که پژوهش‌های مختلفی در این زمینه انجام شده است که می‌توان به عنوان نمونه به موارد زیر اشاره کرد. خزانه‌داری و همکاران با استفاده از خروجی مدل GCM و ریز مقیاس کردن داده‌ها با مدل LARS-WG، به بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از دو شاخص دهک (DI) و استاندارد شده بارش (SPI) در کشور طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق ضمن تأیید هم‌خوانی این دو شاخص جهت بررسی وضعیت خشکسالی در کشور، نشان داده است که طی سی سال آینده شرایط خشکسالی در کشور رو به افزایش خواهد بود که این مسأله وقوع تغییر اقلیم در منطقه را تأیید می‌کند(خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۳). صالح نیا با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 و روش ریز مقیاس نمایی آماری با استفاده از مدل-LARS-WG به پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شاخص PDSI طی سی سال آینده در حوضه نیشابور پرداخت. پیش‌بینی‌ها نشان دادند که در دوره سی سال آتی بارش در دشت نیشابور افزایش خواهد یافت و خشکسالی کاهش می‌یابد(صالح-نیا، ۱۳۹۰: ۱). لوکاس و همکاران اثرات تغییر اقلیم بر شدت خشکسالی را در منطقه تسالی^۳ مورد ارزیابی قرار دادند. در

1 Semenov

2 Elshamy

3 Thessaly

این تحقیق خروجی مدل گردش جهانی CGCM2 تحت دو سناریوی A2 و B2 با استفاده از یک روش آماری ریز مقیاس شدنده و شاخص SPI برای برآورد شدت خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت و سری‌های زمانی بارش برای دو دوره ۲۰۵۰-۲۰۷۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ برآورد شدند. نتایج نشان داد تغییرات اقلیمی به میزان زیادی بر شدت خشکسالی و همچنین در طراحی پروژه‌های منابع آب در آینده اثر دارد (لوكاس^۱ و دیگران، ۲۰۰۸: ۲۳).

در این مطالعه خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 تحت سناریوی A2 توسط روش ریز مقیاس نمایی آماری و مدل LARS-WG ریز مقیاس می‌شوند و متغیرهای اقلیمی روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تولید می‌شوند. سپس به کمک داده‌های بارش شیوه‌سازی شده، وضعیت خشکسالی استان با استفاده از دو شاخص دهک (DI) و استاندارد بارش (SPI) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

منطقه مورد مطالعه

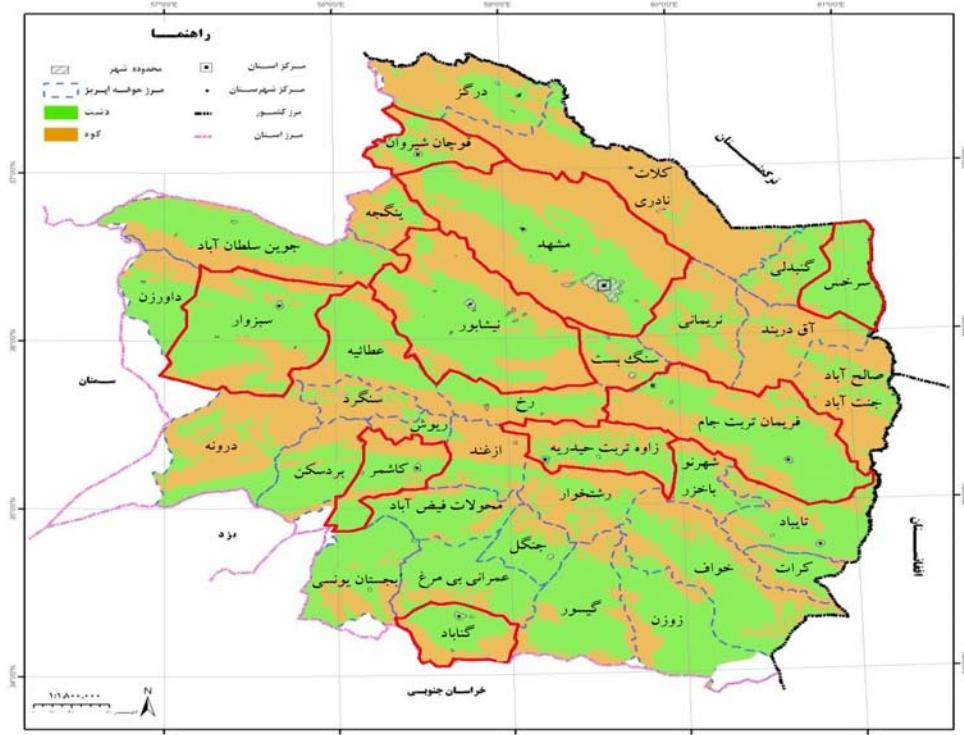
منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی با مساحتی حدود ۱۴۴۸۰۳ کیلومتر مربع می‌باشد که در شمال شرقی کشور ایران قرار گرفته و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دو مارتن جزء اقلیم‌های خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. عوامل مختلفی از قبیل کوه‌های مرتفع، مناطق پست کویری، دوری از دریاها و همچنین برخورد جبهه‌های مختلف آب و هوایی که از غرب، شمال، شمال غرب، شمال شرق و جنوب وارد منطقه می‌شوند، سبب تنوع و گوناگونی آب و هوای استان می‌شود. به همین دلیل در بخش کوهستانی شمال خراسان رضوی، زمستان‌ها سرد و طولانی و تابستان‌ها گرم و معتدل است. بالعکس در منطقه جنوبی استان مخصوصاً در نزدیکی کویر، آب و هوای خشک حاکم است (صدی نقاب، ۱۳۸۵: ۱۹۳). مناطق کوهستانی و دشت‌های استان خراسان رضوی به ترتیب وسعتی در حدود ۵۶۷۲۳ و ۶۰۲۵۱ کیلومتر مربع دارا هستند. بلندترین و مرتفع‌ترین نقطه استان قله بینالود با ارتفاع ۳۴۲۰ متر و پست‌ترین نقطه استان در دشت سرخس با ارتفاع ۲۹۹ متر از سطح دریا واقع شده است (ولایتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱).

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز در این تحقیق، مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۹۱ (ساله ۲۰۱۰-۱۹۹۱ میلادی) است که از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. خصوصیات جغرافیایی ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان در جدول ۱ و موقعیت جغرافیایی آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. پس از بررسی و کنترل کیفی داده‌ها، نرم‌الود بودن آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون Run Test ارزیابی و تصادفی بودن مقادیر در سطح ۹۵٪ پذیرفته شد. پس از مرتب سازی داده‌ها و ایجاد فایل‌های مورد نیاز، داده‌ها برای مرحله بعد آماده شدند.

جدول ۱ خصوصیات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
تریت جام	۳۵° ۱۵' N	۶۰° ۳۵' E	۹۵۰
تریت حیدریه	۳۵° ۱۶' N	۵۹° ۱۳' E	۱۴۵۰
سیزووار	۳۳° ۱۲' N	۵۷° ۴۳' E	۹۹۷
سرخس	۳۳° ۳۲' N	۶۱° ۱۰' E	۲۲۵
قوچان	۳۷° ۴' N	۵۸° ۳۰' E	۱۲۸۷
کاشمر	۳۵° ۱۲' N	۵۸° ۲۸' E	۱۱۰۹
گلمکان	۳۳° ۲۹' N	۵۹° ۱۷' E	۱۱۷۶
گناباد	۳۴° ۲۱' N	۵۸° ۴۱' E	۱۰۵۶
مشهد	۳۳° ۱۶' N	۵۹° ۳۸' E	۹۹۹
نیشابور	۳۳° ۱۶' N	۵۸° ۴۸' E	۱۲۱۳



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی

معرفی مدل و شبیه سازی پارامترهای اقلیمی

مدل LARS-WG یکی از مدل‌های مولد داده‌های تصادفی هواشناسی است که برای تولید داده‌های روزانه بارش، تابش، بیشینه و کمینه دمای یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حال و آینده به کار می‌رود (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۳). در این مدل، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به روش‌های آماری به گونه‌ای ریزمقیاس می‌شوند که به مقدار واقعی بسیار نزدیک باشد. این مدل شامل سه بخش اصلی کالیبراسیون مدل، ارزیابی مدل و ایجاد داده‌های هواشناسی برای دوره آتی است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۴: ۱؛ سمنو و بارو^۱: ۲۰۰۲). در بخش کالیبراسیون مدل، بعد از جمع‌آوری داده‌های روزانه بارش، تابش، بیشینه و کمینه دمای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک ذکر شده برای دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) و آماده کردن فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا می‌شود. از آنجا که مدل LARS-WG یک مدل تولید تصادفی داده است، خروجی‌های مدل در بخش صحبت‌سنگی مدل در هر بار اجرا متفاوت می‌باشد. به همین دلیل، باید اجراهای متفاوتی صورت گیرد و با وزن‌دهی به هر مقدار تولیدی، میزان خطأ به حداقل کاهش یابد. در این تحقیق مدل ۵ بار اجرا شد و نتایج مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله ارزیابی مدل، با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین^۲ (R^2)، میانگین خطای مطلق^۳ (MAE)، میانگین انحراف خطأ^۴ (MBE) و میانگین مربعات خطأ^۵ (RMSE) که معادلات آن‌ها به ترتیب در روابط ۱ تا ۴ مشخص شده‌اند، داده‌های تولید شده بارش توسط مدل و داده‌های مشاهده شده (داده‌های واقعی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. نتایج اجرای مدل در این مرحله در جدولی در بخش بحث و نتایج ارائه شده است.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)}{n} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (4)$$

1 Semenov and Barrow

2 Coefficient of Determination

3 Mean Absolute Error

4 Mean Bias Error

5 Root Mean Square Error

در این روابط X_i و Y_i به ترتیب آمین داده واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل، \bar{X} و \bar{Y} میانگین کل داده‌های X_i و Y_i در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. پس از اطمینان از صحت نتایج ارزیابی مدل و قابلیت آن در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی، این مدل برای ریزمقیاس کردن داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و تولید یا شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی دوره ۲۰۱۱–۲۰۳۰ با استفاده از سناریوی A2 (متوسط) مورد تأیید IPCC اجرا گردید و مقادیر روزانه پارامترهای اقلیمی توکید شد. مدل گردش عمومی جو HADCM3 یکی از مدل‌های جفت شده اقیانوسی- جوی است که توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده است (هادلی ستر، ۲۰۰۶: ۱). قدرت تفکیک جوی این مدل، شبکه‌ای با ابعاد ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی و قدرت تفکیک اقیانوسی آن ۱/۲۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱/۲۵ درجه طول جغرافیایی است. سناریوهای تغییر اقلیم مورد تأیید IPCC سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب بدینانه، متوسط و خوشبینانه اند که A1B توصیفی از جهانی با رشد سریع اقتصادی و جمعیتی است؛ به طوری که پیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن رخ داده و پس از آن روند افزایش جمعیت، کاهشی خواهد بود. سناریو A2 توصیفی از جهان بسیار ناهمگن است که به طور مداوم با افزایش جمعیت جهانی و منطقه‌ای و با محور رشد اقتصادی همراه می‌باشد. سناریو B1 جهانی همگرا با جمعیت جهانی را توصیف می‌کند، اما با تغییرات سریع در ساختارهای اقتصادی نسبت به خدمات و اطلاعات اقتصادی، با کاهش در شدت مادی و معرفی فناوری‌های پاک و منابع مؤثر است (IPCC; 2007, 881). به این ترتیب مدل LARS-WG تحت سناریوی A2 تغییر اقلیم، ۵ بار اجرا شد و مقادیر روزانه پارامترهای اقلیمی برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۳۰ شبیه‌سازی گردید. سپس به منظور به حداقل رساندن خطاهای وزن هر بار اجرای مدل LARS-WG طبق روش وزن‌دهی میانگین، به صورت زیر محاسبه شد (شاهکرمی و همکاران، ۱۳۸۶: ۹۹).

$$(5) \quad W_i = \frac{1/\Delta T_i}{\sum_{i=1}^N 1/\Delta T_i}$$

که در آن، W_i وزن به دست آمده در ماه مورد نظر و ΔT_i انحراف میانگین طولانی مدت پارامتر اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل GCM در دوره پایه از میانگین داده‌های مشاهداتی می‌باشد. پس از تولید داده‌ها برای دو دهه آتی و وزن دهی مقادیر تولیدی، تبدیل روزهای میلادی به شمسی صورت گرفت و مقادیر ماهانه بارش برای به دست آوردن شاخص‌های خشکسالی محاسبه گردید.

پایش خشکسالی با محاسبه شاخص‌های خشکسالی

(الف) شاخص خشکسالی دهک (DI)

روش دهک‌ها به عنوان یک شاخص هواشناسی جهت پایش خشکسالی توسط سیستم مراقبت خشکسالی استرالیا انتخاب شده است (گیپر و ماهر^۱، ۱۹۶۷: ۳۷)، زیرا این روش دارای محاسبات نسبتاً ساده‌ای است؛ در عوض اشکال این

¹ Hadley center

2 Gibbs and Maher; 1967, 37

روش آن است که برای محاسبه دهک‌ها به آمار اقلیمی بلند مدت نیاز است. در این روش داده‌های بارندگی از کمترین تا بیشترین مقدار مرتب شده و سپس به ده قسمت، به نام دهک تقسیم می‌شود. اولین طبقه دهک‌ها بیانگر مقادیری است که بارندگی آن‌ها ۱۰ درصد کمترین مقادیر بارندگی را شامل می‌شود. دومین دهک مقدار بارندگی‌هایی است که ۲۰ درصد کمترین مقادیر را دارد. به همین روش دهک‌ها مرتب می‌شوند تا اینکه تمام مقادیر بارندگی در ۱۰ دهک قرار گیرد. دهک‌ها در پنج طبقه مختلف تقسیم بندی می‌شوند که طبقات آن در جدول زیر مشخص شده است. شاخص دهک به دلیل سادگی، ثبات و قابل فهم بودن کاربرد زیادی برای سیستم دیده‌بانی خشکسالی استرالیا دارد (استوارت و فری^۱، ۲۰۰۵: ۱).

جدول ۲ طبقه‌بندی خشکسالی براساس شاخص دهک (DI)

طبقه‌بندی دهک‌ها	
خیلی کمتر از نرمال	دهک ۱-۲
کمتر از نرمال	دهک ۳-۴
نرمال	دهک ۵-۶
بیشتر از نرمال	دهک ۷-۸
خیلی بیشتر از نرمال	دهک ۹-۱۰

در این تحقیق برای پایش خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از روش دهک، ابتدا شاخص دهک سالانه برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه به کمک نرم افزار SPSS برای دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) محاسبه شد و طبقه‌های مختلف شاخص دهک مشخص گردید. سپس مقادیر بارش دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ بر اساس طبقه‌بندی انجام شده، تقسیم‌بندی شدند و فراوانی طبقه‌های مختلف شاخص دهک در جدول جمع‌آوری گردید.

ب) شاخص خشکسالی بارش استاندارد (SPI)

ادوارد و مکی^۲ در سال ۱۹۹۳ از مرکز اقلیمی کلرادو و مرکز ملی کاهش خشکسالی ایالات متحده آمریکا به منظور تعریف و پایش وضعیت خشکسالی، از شاخص بارش استاندارد استفاده کردند. تغییرپذیری SPI باعث می‌شود که در مقیاس‌های کوتاه مدت برای اهداف کشاورزی و در مقیاس‌های بلند مدت برای اهداف هیدرولوژی مثل منابع آب زیرزمینی، جریان‌های رودخانه‌ای، سطح دریاچه‌ها و منابع سطحی استفاده شود (ادوارد و مکی، ۱۹۹۷: ۱۵۵). تعیین نوع توزیع فراوانی برازش یافته بر مقادیر داده‌های بارندگی، در محاسبه شاخص SPI از اهمیت بهسازی برخوردارند. زیرا

1 Stuart and Frey

2 Edward and McKee

نامناسب بودن توزیع گاما بر داده‌های بارندگی، می‌تواند منجر به برآورد مقادیر نادرستی از شاخص SPI شود (مساعدي و قبائی سوق، ۱۳۹۰: ۱۲۰۶ و سمنو، ۱۴۰۸: ۲۰۳). به همین دلیل محاسبه شاخص SPI، مستلزم برآش توزیع احتمالاتی مناسب به سری طولانی مدت داده‌های بارندگی در هر بازه زمانی دلخواه (سه ماهه، شش ماهه و) در هرایستگاه است تا بهترین تابعی که با داده‌ها مطابقت داشته باشد به عنوان تابع توزیع احتمال برگزیده شود تا از روی آن به ازای هر احتمال مشخص مقدار متغیر مورد نظر به دست آید (علیزاده، ۱۳۸۸: ۸۷۰). در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری Easy fit^{5.4} تابع توزیع پیوسته مختلفی که از کرانه پایین (سمت چپ) محدود و از کرانه بالا (سمت راست) نامحدودند بر داده‌های بارندگی در بازه زمانی سالانه برآش داده شد و مناسب‌ترین تابع توزیع که توزیع‌های GEV¹ و GPA² و PT3³ و Gamma⁴ و Gumbel⁵ هستند، انتخاب شدند. سپس پارامترهای هر توزیع با روش‌های مختلفی که در ادامه ذکر می‌شود، برآورد شدند. برای برآورد پارامترهای مجھول یک قانون احتمالی از روی نمونه تصادفی روش‌های متعددی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها روش گشتاورهای معمولی (MM)⁶، روش حداکثر درست نمایی (ML)⁷، روش گشتاورهای وزن‌دار احتمالی (PWM)⁸ و روش حداکثر آنتروپی (ENT)⁹ می‌باشد. پارامترهای تابع توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته (GEV) بر اساس دو روش MLM و PWM، پارامترهای تابع پارتو تعمیم یافته (GPA) بر اساس روش‌های MOM و Modm¹⁰، پارامترهای تابع گاما بر اساس روش‌های MOMWRC¹¹ و همچنین PWM و MOM¹²، پارامترهای تابع پیرسون تیپ سه نیز با روش‌های PWM و MLM¹³ از میان پارامترهای تابع گامبل نوع دو با استفاده از روش‌های MOM، MLM و ENT برآورد شدند. سپس از میان توزیع‌های مناسب، بهترین توزیع با استفاده از آزمون K-S¹⁴ انتخاب شد. آزمون نکوبی برآش کلموگروف- اسمیرنوف اسミرنوف (K-S) توسط شخصی به همین نام در سال ۱۹۳۳ پیشنهاد شده است. فرض صفر این آزمون این است که بین توزیع تئوری و توزیع داده‌های تجربی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با انتخاب فرض صفر و یک سطح اعتماد (α)، برای هریک از مشاهدات، مقادیر تخمین زده شده از توزیع‌های تئوری (توزیع مورد آزمون) و تجربی را به دست آورده و قدر مطلق حداکثر تفاوت (D_{max}) را با مقدار بحرانی (D) مقایسه و اگر D_{max} کوچک‌تر از D باشد فرض صفر صحیح بوده و بین داده‌ها و توزیع تئوری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. مقدار بحرانی D، بستگی به تعداد نمونه-ها و سطح اعتماد مورد نظر دارد (رضایی پژند، ۱۳۸۰: ۱۷۵). پس از انتخاب بهترین و مناسب‌ترین تابع توزیع، باید شاخص SPI برای هر ایستگاه در بازه زمانی مورد نظر محاسبه شود. چون SPI توزیع نرمال را برای بارش در نظر می-

1 Generalized Extreme Value

2 Generalized Pareto

3 Pearson type 3

4 Method of Moments

5 Maximum Likelihood Method

6 Probability Weighted Moments Method

7 Entropy

8 Kolmogorov-Smirnov

گیرد و معمولاً بارندگی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. بنابراین باید توزیع برآش داده شده را به نرمال استاندارد تبدیل کرد. احتمال عدم تجاوز مقادیر بارندگی از روی تابع توزیع تجمعی مناسب تعیین و سپس این احتمال به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌شود و SPI مشخص می‌گردد. از این رو چندک‌های معادل با احتمال‌های مشابه به دست می‌آید که چندک نرمال استاندارد (Z_T) با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z_T = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} + \epsilon(P) \quad (6)$$

که در این رابطه ضرایب C_0 , C_1 , C_2 , d_1 , d_2 , d_3 مقادیر زیر می‌باشند و مولفه W نیز مطابق زیر محاسبه می‌شود.

$$W = \sqrt{-2\ln(P)} \quad (7)$$

رابطه W ذکر شده در بالا برای $P > 0.5$ می‌باشد. برای $P < 0.5$ با $Z_T = 1 - \epsilon(P)$ جایگزین می‌شود و با علامت مخالف محاسبه می‌گردد. خطای $\epsilon(P)$ کمتر از 4×10^{-4} است. لذا بدون آن Z_T را دقت ۳ رقم اعتبار محاسبه می‌شود (رضایی پژند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱: ۱۵۴). بدین ترتیب مقادیر شاخص SPI برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی سالانه محاسبه می‌گردد.

بحث و نتایج

همان‌طور که گفته شد ارزیابی مدل LARS-WG5 با به دست آوردن آماره ضریب تعیین و همچنین شاخص‌های خطا‌سنجدی برای هر بار اجرای مدل صورت گرفت و آماره‌های واسنجی پارامترهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی برای ارزیابی مدل LARS-WG در دوره پایه (۱۹۹۱–۲۰۱۰) مورد بررسی قرار گرفتند که در اینجا فقط آماره‌های واسنجی پارامتر بارش به عنوان نمونه برای ایستگاه مشهد آورده می‌شود که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود، مقادیر ضریب تعیین در ایستگاه مشهد و همچنین برای هر ۵ بار اجرای مدل بسیار بالاست. بنابراین همبستگی معنی‌داری بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل وجود دارد. پایین بودن شاخص‌های خطا‌سنجدی نیز این نتیجه را تأیید می‌کند.

جدول ۳ بررسی آماره‌های واسنجی پارامتر بارش برای ارزیابی مدل LARS-WG در دوره پایه در ایستگاه مشهد

آماره				اجرای مدل	ایستگاه
RMSE	MBE	MAE	R ²		
7.222	-3.753	4.073	0.92	1	مشهد
4.558	-2.437	3.7	0.9618	2	
4.747	-1.642	3.394	0.9436	3	
4.163	-1.957	3.45	0.9609	4	
3.278	-0.61	2.35	0.9647	5	

همچنین این نتایج در مورد بقیه ایستگاه‌ها و همچنین سایر پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی به دست آمده است. بدین ترتیب این اطمینان حاصل شد که مدل LARS-WG5 توانایی شبیه‌سازی بارش پارامترهای اقلیمی را برای دو دهه

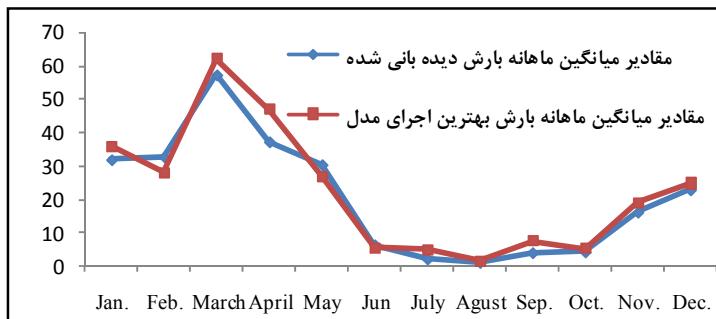
آتی داراست. سپس با توجه به این که نتایج خروجی مدل در هر بار اجرا متفاوت می‌باشد، برای به حداقل رساندن میزان خطأ، با استفاده از روش وزن دهنی میانگین، وزن هر بار اجرای مدل به دست آمد که در جدول ۴ به عنوان نمونه وزن‌های اجراهای مختلف برای ۱۲ ماه سال ایستگاه مشهد مشاهده می‌شود.

جدول ۴ وزن‌های به دست آمده ۵ بار اجرای مدل LARS-WG مربوط به پارامتر بارش ایستگاه مشهد

ماه	شماره اجراهی	مدل											
		Jan.	Feb.	March	April	May	Jun	July	August	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
		1	0.17	0.74	0.13	0.04	0.40	0.04	0.15	0.10	0.15	0.23	0.60
	2	0.32	0.05	0.08	0.09	0.15	0.16	0.14	0.15	0.12	0.14	0.06	0.20
	3	0.18	0.04	0.24	0.07	0.19	0.17	0.46	0.22	0.28	0.12	0.08	0.18
	4	0.21	0.04	0.14	0.09	0.17	0.15	0.11	0.14	0.08	0.25	0.10	0.26
	5	0.12	0.13	0.41	0.71	0.09	0.48	0.14	0.39	0.37	0.26	0.16	0.18

طبق جدول بالا اجراهای دوم و چهارم بهترین خروجی را نسبت به بقیه اجراهای برای ایستگاه مشهد نشان می‌دهند. بالاترین وزن به دست آمده برای ماه فوریه در اجرای اول می‌باشد. اجرای پنجم مدل نسبت به سایر اجراهای عملکرد پایین‌تری دارد. در حالت کلی اجرای چهارم مدل در همه ایستگاه‌ها بهترین نتیجه را نسبت به بقیه اجراهای دارا می‌باشد. برای مشاهده تطابق بین مقادیر بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل و مشاهده شده، در شکل ۲ مقادیر میانگین ماهانه پارامتر بارش بهترین اجرای مدل (اجرای چهارم) و مقادیر بارش دیده‌بانی شده ایستگاه مشهد را به عنوان نمونه از بین ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی رسم شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید مقادیر بارش شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در بیشتر ماههای سال تطابق خوبی با هم دارند و در بیشتر ماه‌ها مقادیر ماهانه بارش شبیه‌سازی شده بیشتر از مقادیر ماهانه در دوره مشاهده شده است. بنابراین می‌توان گفت مدل LARS-WG5 دارای بیش برآورد پارامتر بارش می‌باشد. پس از وزن دهنی پارامتر بارش و تبدیل ماههای میلادی به شمسی، مقادیر ماهانه بارش برای ایستگاه‌های مختلف به دست آمد تا برای محاسبه شاخص‌های خشکسالی مورد استفاده قرار گیرند.

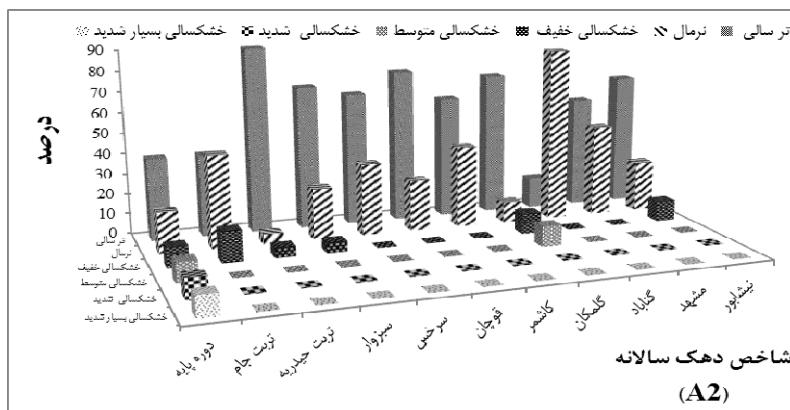


شکل ۲ مقایسه مقادیر میانگین ماهانه بارش بهترین اجرای مدل و بارش دیده‌بازی شده ایستگاه مشهد

جدول ۵ فراوانی طبقات مختلف شاخص خشکسالی دهک سالانه را در دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) و دو دهه آتی برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در همه ایستگاه‌ها تعداد ماههای تر در طی دوره پیش‌بینی نسبت به دوره پایه افزایش پیدا کرده است. تعداد ماههای نرمال نیز در بیشتر ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه روندی افزایشی را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در این جدول این است که تعداد ماههای با وضعیت خشکسالی متوسط، شدید و خیلی شدید در مقایسه با دوره پایه کاهش قابل توجهی دارد. نتایج به دست آمده در این جدول را می‌توان به صورت نموداری در شکل ۳ مشاهده کرد که به صورت درصد فراوانی طبقات مختلف مشخص شده است.

جدول ۵ مقایسه فراوانی طبقات مختلف شاخص خشکسالی دهک سالانه دوره مشاهده شده با دو دهه پیش‌بینی شده

ایستگاه	دوره آماری	سال دوره پایه همه ایستگاهها					
		خشکسالی	متوسط	ملازم	نرمال	ترسالی	خشکسالی
	۲۰ سال دوره پایه همه ایستگاهها	2	2	2	2	4	8
تریت جام	۲۰ سال شیوه‌سازی شده (۲۰۱۱-۲۰۳۰)	0	1	2	4	4	9
تریت حیدریه		0	0	1	0	1	18
سیزووار		0	0	0	0	9	11
سرخس		0	0	0	0	7	13
قوچان		0	0	0	0	5	15
کاشمر		0	0	0	4	3	13
گلمکان		0	0	2	2	2	14
گناباد		0	0	0	0	12	8
مشهد		0	0	0	0	6	14
نیشابور		0	0	0	0	10	10



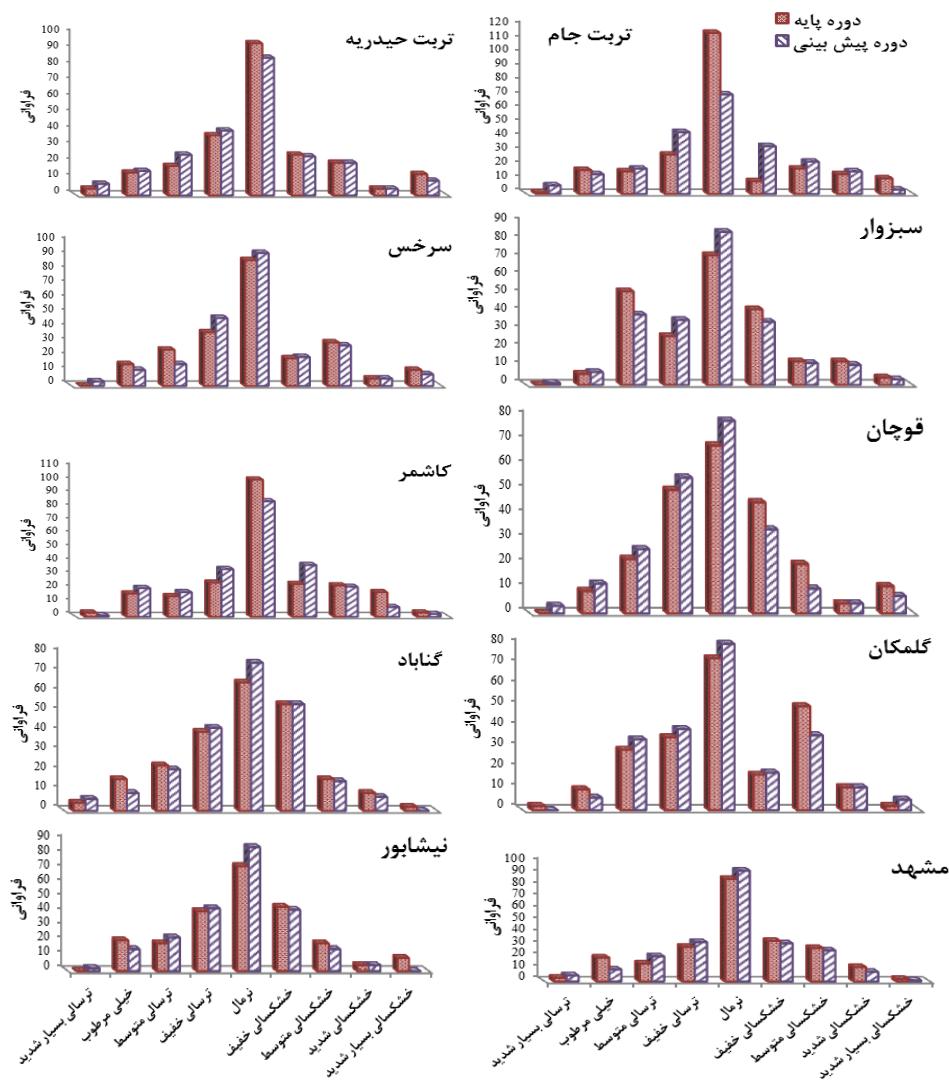
شکل ۳ درصد فراوانی طبقات مختلف شاخص خشکسالی دهک در مقیاس سالانه در دوره پایه و دوره پیش‌بینی شده ایستگاه‌های مورد مطالعه

در مورد شاخص استاندارد شده بارش (SPI) با استفاده از آزمون نکوبی برآش کلموگروف-اسمیرنوف بهترین تابع توزیع با مناسب‌ترین روش برآوردهم برای دوره پایه و هم دوره شبیه‌سازی شده مشخص گردید که درصد فراوانی سری داده‌ها برای هر کدام از توابع و روش‌های برآوردهای آن برای مقیاس سالانه در جدول ۶ ارائه شده است. با نگاهی به این جدول مشاهده می‌شود که در حلوود ۳۶ و ۴۰ درصد سری داده‌ها به ترتیب برای دوره پایه و دوره شبیه‌سازی شده بر تابع GEV برآش دارند که تقریباً ۲۴ و ۲۸ درصد مربوط به روش برآوردهای MLM می‌باشد. بعد از تابع GEV با درصدهای ۲۵/۸ و ۱۹/۲ برای دوره پایه و دوره شبیه‌سازی شده در رتبه دوم قرار دارد. درین توزیع‌های برگزیده توزیع گاما برآش کمتری را نسبت به بقیه توزیع‌ها به خود اختصاص می‌دهد. پس از انتخاب بهترین تابع توزیع برای محاسبه SPI تابع توزیع برآش داده شده به نرمال استاندارد تبدیل شد و مقادیر SPI برای مقیاس زمانی سالانه به دست آمد.

جدول ۶ درصد انتخاب توزیع‌های برگزیده و برآوردهای پارامترها برای محاسبه شاخص SPI در بازه زمانی سالانه

مقیاس زمانی سالانه		روش برآوردهای پیش‌بینی	توزیع
دوره	پیش‌بینی		
28.3	24.17	MML	GEV
10.84	11.66		
7.5	6.67		
8.34	11.67		
-	-		
3.34	7.5		
10	5	MOM	GPA
2.5	3.33	MLM	
0.84	-	PWM	
12.5	17.5	MOMWRC	
0.84	0.83	PWM	PT3
4.17	1.67	MOM	
5.83	8.33	MLM	
5	1.67	PWM	Gumbel
-	-	ENT	

شکل ۴ نمودارهای فراوانی شاخص SPI را برای دوره پایه و دوره شبیه‌سازی شده در مقیاس زمانی سالانه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل، در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی، ماههای تر در دوره ۲۰ سال پیش‌بینی شده نسبت به دوره پایه افزایش یافته است که با نتایج شاخص دهک همخوانی دارد. در ایستگاه‌های سبزوار، سرخس، قوچان، گلمکان، گناباد، مشهد و نیشابور تعداد ماههای نرمال و ترسالی خفیف در دوره پیش‌بینی افزایش را نشان می‌دهد. در ایستگاه‌های تربت حیدریه و کاشمر از ماههای نرمال کاسته می‌شود و فراوانی ماههای ترسالی خفیف، ترسالی متوسط و شدید افزایش می‌یابد. ایستگاه تربت جام نتیجه متفاوتی نسبت به بقیه ایستگاه‌ها دارد که در این ایستگاه طی دو دهه آتی تعداد ماههای خشک افزایش می‌یابد. علت متفاوت بودن نتایج ایستگاه تربت جام نسبت به بقیه ایستگاه‌ها را می‌توان افزایش ساعت آفتابی در بیست سال آینده و در نتیجه کاهش بارش و افزایش خشکسالی در این ایستگاه دانست.



شکل ۴ فراوانی طبقات شاخص SPI سالانه دوره پایه و دوره شبیه‌سازی شده ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان

برای بررسی دقیق‌تر ارزیابی خشکسالی طی دو دهه آتی، تعداد دوره‌های خشک و تر که شاخص SPI دارای مقادیر منفی و مثبت می‌باشد، برای هر دو دهه در جدول ۷ ارائه شده است. در این جدول ملاحظه می‌شود که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دهه اول بیشترین تعداد ماههای خشک با مقدار ۶۱ مربوط به ایستگاه تربت حیدریه است و کمترین تکرار مربوط به ایستگاه تربت حیدریه با ۲۵ ماه می‌باشد. در دهه دوم بیشترین تکرار را ایستگاه گناباد با ۳۸ ماه و کمترین تکرار را ایستگاه تربت جام با ۱۵ ماه به خود اختصاص می‌دهند. همچنین بررسی دهه به دهه دوره پیش-بینی نشان می‌دهد که تعداد ماههای تر در دهه دوم در مقایسه با دهه اول در اغلب ایستگاه‌ها بیشتر است.

جدول ۷ تعداد ماههای خشک و تر طی دو دهه آتی

ایستگاه	دهه دوم		دهه اول	
	تعداد ماههای تر	تعداد ماههای خشک	تعداد ماههای تر	تعداد ماههای خشک
تربت جام	57	15	25	61
تربت حیدریه	26	32	61	25
سیزوار	42	30	41	31
سرخس	47	26	19	35
قوچان	36	28	60	27
کاشمر	41	34	34	35
گلستان	62	29	17	41
گناباد	36	38	42	38
مشهد	36	36	33	31
نیشابور	45	34	38	27

نتیجه‌گیری

این تحقیق به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دو دهه آتی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی دهک (DI) و بارش استاندارد شده (SPI) صورت گرفت. نتایج نشان داد مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دارای توانایی بالایی است و بیشترین خطأ در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی مربوط به پارامتر بارش می‌باشد. همچنین این مدل در برآورد پارامترهای دمای کمینه و دمای بیشینه، دقت بالاتری نسبت به پارامتر بارش دارد، که نتیجه به دست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات مشابهی همچون بابائیان و نجفی نیک (۱۳۸۴) و الشمی و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. بررسی نتایج تغییرات پارامتر اقلیمی بارش دو دهه و نصفی نیک (۱۹۹۱-۲۰۱۰) حاکی از آن است که در بعضی ماهها افزایش و در برخی کاهش میانگین پیش‌بینی نسبت به دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) می‌توان گفت که به طور متوسط در همه ایستگاه‌ها در ۷۵٪ ماهها در دهه اول و در ۷۷٪ بارش وجود دارد. به طور کلی می‌توان گفت که به طور متوسط در همه ایستگاه‌ها در ۷۵٪ ماهها در دهه اول و در ۷۷٪

ماهها در دهه دوم دوره پیش‌بینی، افزایش بارش را خواهیم داشت. نتایج نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی طی دو دهه آتی تفاوت محسوسی با شرایط فعلی خواهد داشت که تأیید کننده نتایج تحقیقات صورت گرفته در نقاط مختلف کشور توسط کمال و مساح بوانی (۱۳۸۹)، بابائیان و همکاران (۱۳۸۹) و عباسی و همکاران (۱۳۸۹) است. سپس با کمک داده‌های بارش شیوه‌سازی شده، شاخص‌های دهک (DI) و بارش استاندارد شده (SPI) در مقیاس زمانی سالانه برای ارزیابی خشکسالی طی دو دهه آتی محاسبه شدند. نتایج حاصل همخوانی این دو شاخص را نشان می‌دهد که البته به دلیل گستردگی بودن طبقه‌بندی شاخص SPI و تقییک بیشتر آن، تفاوت‌های ناشی از محدوده‌های طبقه‌بندی دو شاخص نمایان گردید. بررسی وضعیت خشکسالی استان خراسان رضوی طی دو دهه آینده نشان می‌دهد که در اغلب ایستگاه‌ها در بیشتر سال‌های مورد مطالعه خشکسالی کاهش و تعداد ماههای ترا فرازایش می‌یابد. همچنین بررسی دهه به دهه دوره پیش‌بینی حاکی از افزایش تعداد ماههای ترا در دهه دوم نسبت به دهه اول است. البته ایستگاه تربت جام افزایش ماههای خشک را نشان می‌دهد. بیشترین تعداد ماههای خشک طی دو دهه آینده با ۷۶ تکرار به ایستگاه‌های تربت جام و گناباد تعلق دارد و کمترین تعداد ماههای خشک نیز مربوط به ایستگاه تربت حیدریه با ۵۷ تکرار می‌باشد. نتیجه وضعیت خشکسالی به دست آمده در این تحقیق با نتیجه حاصل از تحقیق صالح‌نیا (۱۳۹۰) هم‌خوانی دارد و با نتیجه به دست آمده از تحقیق خزانه‌داری و همکاران (۱۳۸۸) هم‌خوانی ندارد. علت نتایج مشابه را می‌توان تکرار اجرای مدل و در نتیجه کاهش خطای در خروجی پارامترهای اقلیمی دانست. همچنین علت متضاد بودن نتایج تحقیق حاصل با تحقیق خزانه‌داری و همکاران، را می‌توان یک مرتبه اجرای مدل در شیوه‌سازی پارامترهای اقلیمی دانست.

References

- Abbasi, F., S.H. Malbusi, I. Babaeian., M. Asmari., R. Borhani., 2010. Climate Change Prediction of South Khorasan Province During 2010–2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO-G Data. *Journal of Water and Soil* 24, 2, 218-233.
- Alizadeh. A., 2009. Principles of Applied Hydrology. Twenty-Sixth Edition, Imam Reza University Press, 870 PP.
- Babaeian, I., Z. Najafi nik., A. zaki zadeh., 2005. The Preliminary study and evaluation of the Weather Generator Models. A Case Study: The evaluation of LARS-WG model on selected stations Khorasan. Climatology Center. Project Report.
- Babaeian, I., Z. Najafi nik., 2010. The Analysis of Climate Change in Khorasan Razavi During 2010-2039 by Using Downscaling of GCM model output. *Journal of Geography and Regional Development* 15, 1-19.
- Barrow, E., G. Yu., 2005. Climate Scenario for Alberta. A report prepared for the prairie Adaptation Research Climate Research Services.
- Edward, D.C., T.B. McKee., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States and multiple time scales. pp. 155. In: Climatology Report. Colorado state University.
- Elshamy, M.E., H.S. Wheater., N. Gedney., C. Huntingford., 2005. Evaluation of the rainfall component of weather generator for climate change studies. *Journal of Hydrology* 326, 1-24.
- Gibbs, w.J., J.V. Maher., 1967. Rainfall deciles as drought indicators, 37-48. In: Australian Bureau of Meteorology.

- Hadley center., 2006. Effect of climate change in the developing countries.UK Meteorological Office.
- Haltiner G., R.Williams. 1980. Numirical Prediction and Dynamic Meteorology, John Wiley & Sons. pp. 115-120.
- Hidalgo, H., M. Dettinger., D. Cayan., 2008. Downscaling with constructed analogues: Daily precipitation and temperature fields over the United States. Pier Final Project Report, Prepared for: California Energy Commission Public Interest Energy Research Program.
- IPCC., 2007. Summary for policy makers climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press, 881 pp.
- Kamal, A.R., M. Bavani. 2010. Climate Change and Variability Impact in Basin's Runoff with Interference of Two Hydrology Models Uncertainty. Journal of Water and Soil 24, (5), 920-931.
- Khazaneh Dari, L., F. Zabol Abbasi., S.H. Ghandhari., M. Kohi., 2009. The Perspective of Drought Conditions over the Next Thirty Years. Journal of Geography and Regional Development 12, 83-98.
- Loukas, A., L. Vasiliades., J.Tzabiras., 2008. Climate change effects on drought severity. Department of Civil engineering, University of Thessaly, 38334 Volos, Greece, Adv. Geosci. 17,PP. 23-29,2008.www.adv-geosci.net/17/23/2008.
- Mishra, A. K., V. P. Singh., 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391, 202–216.
- Mosaedi, A., M. Ghabaie Sough., 2011.Modification of Standardized Precipitation Index (SPI) based on relevant probability distribution function. Journal of Water and Soil 25, (5), 1206-1216.
- Rajabi, A., 2010. Modeling Of Kermanshah Climate by means of Downscaling Model of LARS-WG. 2nd Nationam Conference on Utilization Integrated Management of Water Resources. 29-30 January. Kerman.
- Rezaei Pazhand, H., 2001. Application of Statistics and Probability in Water Resources. Sokhan Gostar Press. Mashhad.
- Rezaei Pazhand, H., A. Bozorg Nia., 2002. Non-Linear Regression. Mashhad University Press.
- Salehnia N. 2010. Drought Prediction With GCM_s Atmosphere and Statistical Downscaling Outputs (Case Study Neyshabour Basin). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- Semenov, M.A., 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. Climate Research 35, 203-212.
- Shah Karami, N., A.R. Massah Bavani., S. Morid., H. Fahmi., 2008. The Uncertainty Analysis of Coupled Ocean – Atmosphere – General Circulation Models on Climate Change Scenarios of Temperature and Rainfall Zayandeh Roud Basin. Training Workshop on Impact of Climate Change on Water Resources. 13 February.
- Stuart, G., M. Frey., 2005. Drought Detection And Quantification Using Field-Based Spectral Measurements Of Vegetation In Semi-Arid Regions. Submitted in Partial Fulfillment of the Requirment for the Masters of Science in Hydrology New Mexico.
- Velayati, S., K. Davari., H. Ansari., H. Teimori., M. Shahedi., F. Talebi., S. Tamasoki., 2010.The final report of the project preparation Khorasan Razavi Province.
- Wilby, R.L., I. Harris., 2006. A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. Water Resources Research 42, 121-134.

بررسی و برآورد سیالاب‌های مسیر رودخانه‌های مئاندری با استناد به تغییرات قوس خمیدگی مسیر رود (مطالعه موردنی: رود آجی چای در شمال غرب ایران)

مریم بیاتی خطیبی^۱ - دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۷/۲۱

چکیده

با وقوع هر سیالاب، تغییرات عمده‌ای در مسیر رودخانه مئاندری به وجود می‌آید که با بررسی آنها می‌توان به قدرت سیالاب‌های گذشته بپردازد. رودخانه آجی چای به عنوان شاخص‌ترین رودخانه‌های مئاندری واقع در شمال غرب کشور، سیالاب‌های زیادی در طول سال دارد و با توجه به شواهد موجود در مسیر جریان، سیالاب‌های بزرگ‌تری نیز در گذشته داشته است. در این مقاله با هدف برآورد خطر وقوع سیالاب‌ها در مسیر آجی چای، سعی شده با به کارگیری روابط تجربی، خطر وقوع سیالاب در طول قطعات مختلف مسیر مئاندری این رودخانه برآورد گردد. با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عوامل مربوط به مسیر خمیده کanal فعال، ابتدا پهنه‌ای کمرنند قوس خمیدگی، سپس دبی و اندازه بزرگ‌ترین قوس خمیدگی محاسبه و در نهایت با به کارگیری داده‌های حاصل از محاسبات مرحله‌ای، خطر وقوع سیل در مسیر آجی چای برآورد شده است. همچنین با استفاده از روش‌های کلاسیک، ویژگی‌های سیالاب خیزی حوضه رودخانه مذکور نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد خطر وقوع سیل در تمامی بخش‌های رودخانه آجی چای یکسان نبوده و از بخش میانی مسیر تا نزدیکی تبریز افزایش می‌یابد. بررسی تغییرات قوس خمیدگی‌ها نیز نشان می‌دهد خطر وقوع سیل در بخش‌های مختلف در طی زمان تغییر یافته است.

کلید واژه‌ها: مئاندر، سیل، خطر سیل، کanal فعال، حوضه آجی چای، رود آجی چای.

مقدمه

در بین کلیه الگوهای جریان رودخانه‌ها، مسیر رودخانه‌های مثاندری بیشترین تغییرات را در طی زمان متholm می‌شوند. در مسیر این رودخانه‌ها، انرژی برای ایجاد تغییرات بسیار بالاست و بخش عمدتی از این انرژی، از سیالب‌های سالانه تأمین می‌شود که در طول مسیر چنین رودخانه‌هایی مکرراً اتفاق می‌افتد. با توجه به وقوع سیالب‌های مکرر در طول رودخانه‌های مثاندری، بررسی سیالب‌های گذشته و پتانسیل وقوع سیالب‌ها با توجه به ویژگی‌های مسیر جریان دور از منطق نیست. با عنایت بر این که با وقوع هر سیالب، تغییرات عمدتی در دشت سیالبی و مسیر کanal فعال صورت می‌گیرد، می‌توان با استناد به بقایای مسیر گذشته و تغییرات بعدی، در مورد خطر وقوع سیالب‌ها در مسیر رودخانه‌های مثاندری برآوردهایی را انجام داد.

جادبه رودخانه‌هایی با مسیرهای پر پیچ، تلاش برای گشودن رمز تشکیل چنین آرایشی در مسیر کanal‌های فعال و همچنین بالا بودن پتانسیل خطر وقوع سیل در دشت‌های سیالبی رودخانه‌های مثاندری، محققان زیادی را برآan داشته تا رودخانه‌های پرپیچ و خم را از ابعاد مختلف مورد مطالعه قرار دهند. با توجه به تغییرات سریع و مدلوم در مسیر رودخانه‌های مثاندری و لزوم مدیریت مسیر آنها، آفردو^۱ (۲۰۱۰: ۲۴۸) در طی مطالعه‌ای سعی نمود تغییرات کanal فعال در مسیر رودخانه مثاندری محدوده مورد نظر را ثبت و نحوه مدیریت آنها را مورد مطالعه قرار دهد. چن^۲ (۲۰۰۶: ۵۹) و دانگ^۳ و همکاران (۲۰۱۱: ۱) از دیگر محققینی هستند که دینامیک کanal فعال در دشت‌های سیالبی مسیر رودخانه‌های مثاندری و نقش سیالب‌ها را مدل بندی نمود. نگاه به تغییرات گذشته در مسیرهای مثاندری برای بررسی پتانسیل وقوع تغییرات در آینده، از روش‌های معمول و مورد اعتماد در بررسی نحوه تغییرات در مسیر رودخانه‌های مثاندری است. کیس^۴ و همکاران (۱۷۲: ۲۰۰۸)، هوک^۵ (۴: ۲۰۰۸) بوریسووا^۶ (۵۴: ۲۰۰۶) گونرالپ^۷ (۱۰۷: ۲۰۱۰) از جمله محققان قابل اشاره هستند که در این زمینه تحقیقات ارزشمندی را انجام داده‌اند. با توجه به این که مورفولوژی کanal فعال در طی عبور موج سیالب تغییر می‌کند و با توجه به سیل خیز بودن مسیر رودخانه‌های مثاندری این تغییرات به طور مکرر در مسیر آنها تجربه می‌گردد، محققانی نیز هستند که از این بعد مسیر رودخانه‌های خمیده را بررسی نموده‌اند که در این مورد می‌توان به نتایج تحقیقات کمپ^۸ (۹: ۲۰۰۸) و شی^۹ و همکاران (۷: ۲۰۰۷) اشاره کرد.

1 Alfredo

2 Chen

3 Dong

4 Kiss

5 Hook

6 Borisova

7 Guneralp

8 Kemp

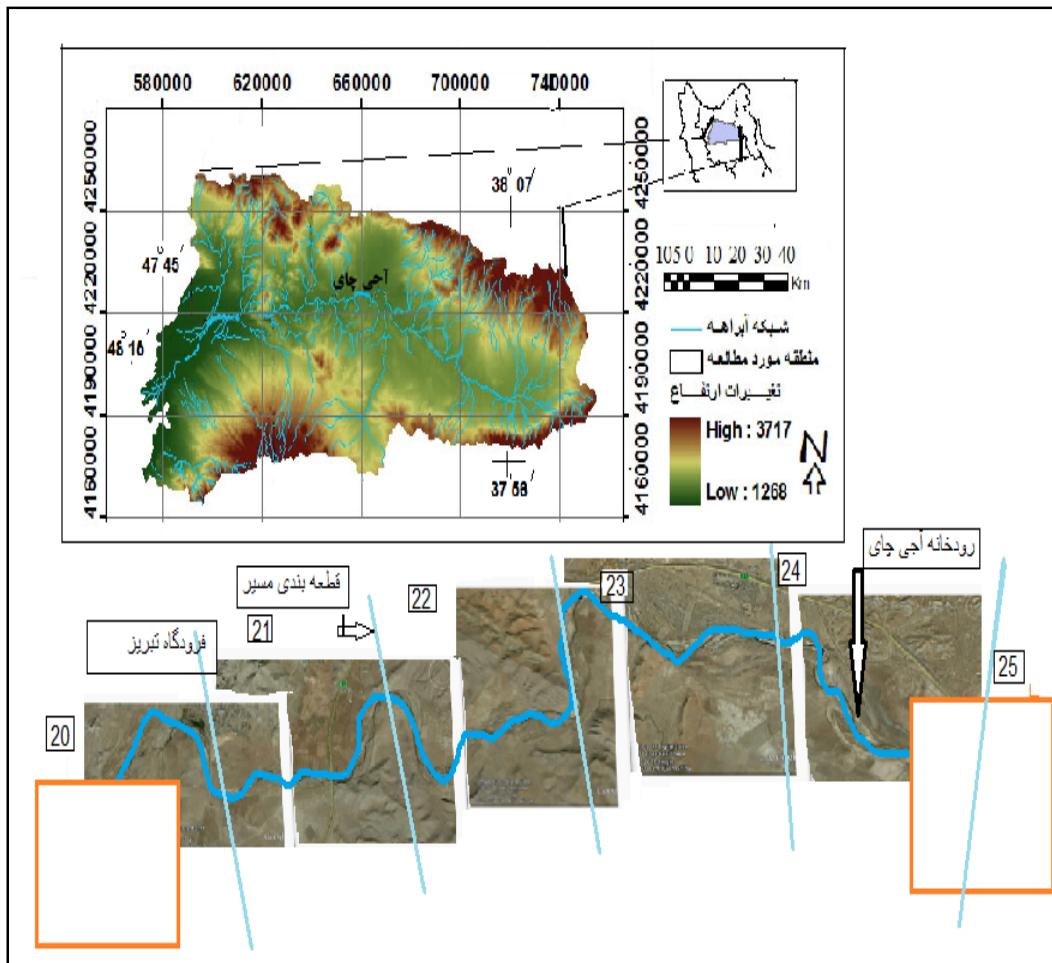
9 Shi

در مناطق مختلف کشور نیز به دلیل حضور چنین مسیرهای پر پیچ و خم در دشت‌های سیلابی، مطالعات هر چند اندک در ابعاد متفاوت توسط محققین داخلی صورت گرفته است که هر یک از این منابع با ارزش، در برگیرنده اطلاعاتی درمورد چنین رودخانه‌هایی هستند. در این زمینه می‌توان به مطالعات بیاتی خطیبی (۱۳۸۵ و ۱۳۹۰)، رضابی مقدم و خوش دل (۱۳۸۸)، یمانی و علمی زاده (۱۳۸۹)، نوحه گر و یمانی (۱۳۸۴) و... (جهادی طرقی و حسینزاده، ۱۳۹۰:۷۹) اشاره نمود. رودخانه آجی چای به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم حوضه دریاچه ارومیه، در مسیر جریان خود دارای پیچ و خم‌های زیادی است و با توجه به وجود خمیدگی‌های مکرر در مسیر کanal فعال، از تیپیکترین رودخانه‌های مناندri شمال غرب ایران محسوب می‌شود. با توجه به تشدید فرسایش کناری ناشی از وقوع تغییرات زیاد در مسیر کanal فعال این رودخانه و متأثر شدن تأسیسات کناری از انجام تغییرات و وقوع سیلاب‌های مکرر، سعی شده است در این مقاله تغییرات کanal فعال در طی زمان مورد مطالعه قرار گیرد و پتانسیل وقوع سیل با استناد به وقوع تغییرات در مسیر خمیده برآورد گردد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده انتخابی برای مطالعه، بخشی از مسیر پر پیچ و خم رودخانه آجی چای (از سراب تا فروودگاه تبریز) است که در موقعیت جغرافیائی $38^{\circ}07'$ ، $58'45''$ عرض شمالی و $46^{\circ}15'$ طول شرقی و در شمال غرب ایران واقع شده است(شکل ۱). رودخانه آجی چای در حوضه بزرگی به همین نام جاری است. بارش متوسط سالانه محدوده مورد مطالعه بیش از ۳۵۰ میلی متریوده که این مقدار دارای نوسانات سالانه است. دبی رودخانه نیز دارای نوسانات سالانه است و در موقع پرآبی می‌تواند سیلاب‌های بزرگی را تجربه کند. بزرگی پلهای احتمالی، در واقع بزرگی اوج جریانات رودخانه را نشان می‌دهد(شکل ۲). کیفیت آب رودخانه آجی چای به علت عبور از تشکیلات گچی و نمکی و پیوستن چند سر شاخه شور به آن در اغلب مواقع سال شور بوده و فقط در موقع سیلابی آب آن دارای کیفیت قبل قبول است.

نوع سازندهای سطحی که آجی چای و شاخاب‌های آن در سطح آنها جاری است، در بخش‌های مختلف، متفاوت است. در نزدیکی سراب، سطح منطقه توسط شورهزارها پوشیده شده و می‌توان در این محدوده‌ها در بخشی از سال شاهد تشکیل پلایاهایی نیز بود (شکل ۲). مسیر رودخانه آجی چای دارای خمیدگی‌های متعددی است و با توجه به تعدد چنین پیچ و خم‌هایی، این رودخانه از نمونه قابل معرفی برای الگوی رودخانه پیچاندار محسوب می‌شود. در بخش‌هایی از مسیر که زمینه برای گسترش خمیدگی‌ها وجود داشته است، قوس‌های بزرگی تشکیل و در نتیجه دشت سیلابی عریضی پدید آمده است.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محلوده مطالعه (مسیر رودخانه آجی چای از سراب تا تبریز) و نحوه تقسیم بندی مسیر پیچاندار آجی چای)

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، باعلم بر این که سیالب‌ها در مسیر رودخانه‌های مثاندری متأثر از ویژگی پیچان‌رودهایی مسیر جریان رودخانه‌ها و ویژگی‌های حوضه‌های زهکشی هستند، سعی گردیده با استفاده از شاخص‌های متعدد مربوط به حوضه و مسیر رودخانه، هم ویژگی‌های دخیل حوضه و هم ویژگی‌های مسیر رودخانه در وقوع سیالب‌ها مورد بررسی قرار گیرد، تا تحلیل سیالب‌ها از ابعاد مختلف امکان پذیر گردد. برای بررسی تأثیر ویژگی‌های حوضه در بروز سیالب‌ها، در این مطالعه ابتدا حوضه با استفاده از شاخص‌ها، روابط و ضرایب زیر مورفومتری شده است:

ناهمواری حوضه(Bh) و ضریب ناهمواری (Rn)



شکل ۲ اپل احتمائی بر مسیر جریان آجی چای و پلایای دشت سراب

ضریب ناهمواری(Bh) حوضه که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته (رابطه ۱)، نشان دهنده انرژی و پتانسیل یک حوضه برای ایجاد سیلاب‌های ناگهانی است (بیکر، ۱۹۸۸). هرچه مقدار به دست آمده زیاد باشد، نشان دهنده سرعت بیشتر جریان و همچنین پتانسیل بالای حوضه برای ایجاد سیل های بزرگ‌تر است. اگر خاصیت طول دامنه و شبیه آن به طور توان در تمرکز سیلاب‌ها در نظر گرفته شود، ضریبی به نام ضریب ناهمواری(Rn) پدید می‌آید که در آن تراکم زهکشی و ناهمواری بدون بعد بوده و هر دو دارای یک واحد هستند. ضریب ناهمواری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، با رابطه (۲) زیرنشان داده می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸).

$$Rn=Bh*Dd \quad (رابطه ۱) \quad Bh=h_{max}-h_{min}$$

تراکم زهکشی (Dd) و ضریب ثابت نگهداری کanal(C)

در حوضه‌های زهکشی، تراکم زهکشی(Dd) و میزان آن از پتانسیل حوضه‌ها برای وقوع سیلاب‌ها و یا از عدم آن حکایت می‌کند (بیکر، ۱۹۸۸). در مقاله حاضر، این پارامتر مورد محاسبه قرار گرفته است (رابطه ۳). عکس تراکم زهکشی ضریبی است به نام ثابت نگهداری کanal(C) که از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸). در واقع ضریب C، سطحی از حوضه را مشخص می‌کند که برای نگهداری یک متر کanal لازم است.

$$C=A/L \quad Dd=L/A \quad (رابطه ۴)$$

$$L= طول شاخاب‌ها, A= مساحت حوضه زهکشی$$

فرکانس آبراهه (Fu) و نسبت بافت (T)

فراوانی شاخاب‌های رود(FU) در یک حوضه از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸). هر چه تعداد آبراهه‌ها در یک محدوده ویژه زیاد باشد، خطر سیل خیزی در آن محدوده نیز زیاد است. رابطه‌ای که بتواند اطلاعاتی را در این خصوص ارائه دهد، فرکانس آبراهه است (رابطه ۵). ضریب دیگری که در این مقاله محاسبه آن مدنظر بود،

نسبت بافت حوضه (T) می‌باشد (رابطه ۶). هرچه این نسبت بالا باشد، نشان دهنده حضور شاخاب‌های بیشتر در یک محدوده ویژه و در نتیجه پتانسیل بالای محدوده برای وقوع سیلاب‌های بیشتر است (بیکر، ۱۹۸۸).

$$(T=N/(I/P)) \quad (رابطه ۶)$$

$$N = \text{تعداد شاخاب‌های رتبه یک}, \quad P = \text{محیط حوضه}$$

عامل شکل (Rf)

با عنایت به این که شکل حوضه نیز تأثیرگذار در سیل خیزی رودخانه‌هاست، باید در محاسبات مد نظر باشد. بنابراین شاخصی که بتواند نشان دهنده سیل خیزی محدوده مورد مطالعه باشد، عامل شکل حوضه (Rf) است. عامل شکل با رابطه ۷ محاسبه می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸). هرچه مقدار حاصل کوچک باشد، نشان دهنده این است که حوضه کشیده‌تر و در نتیجه خطر وقوع سیل کمتر است. هرچه مقدار حاصله بزرگ‌تر از یک باشد، حوضه کشیده‌تر است.

$$Rf=A/(Lb)^2 \quad (رابطه ۷)$$

$$A = \text{مساحت حوضه زهکشی} \quad Lb = \text{طول خط تقسیم کننده حوضه}$$

برآورد پهنه‌ای کanal فعال

پهنه‌ای کanal (W) از پارامترهای مهمی است که می‌توان با برآورد آن به دنبی و سایر ویژگی‌های مسیر رودخانه‌های مثاندری پی برد (هو^۱ و همکاران، ۲۰۰۷؛ چن و دوان^۲، ۲۰۰۶؛ لوشی و شواینزر^۳، ۲۰۰۹). محاسبه پهنه‌ای کanal فعال با استناد به رابطه آن با شعاع قوس خمیدگی مسیر جریان صورت می‌گیرد. معادله مربوط به محاسبه پهنه‌ای کanal لب پر (Bankfull) با استفاده از شعاع قوس خمیدگی به صورت زیر قابل طرح است (رابطه ۸).

$$W=0.71RC^{0.89} \quad (رابطه ۸)$$

$$W = \text{پهنه‌ای کanal} \quad RC = \text{شعاع قوس خمیدگی مسیر}$$

برآورد عمق کanal فعال

یکی پارامترهای مهم در مسیرهای خمیده، عمق کanal فعال، بویژه در بخش قوس است. یکی از روابط مهم مربوط به محاسبه عمق کanal لب (D) پر در مسیرهای مثاندری رابطه ۹ است که به صورت زیر قابل نمایش است (لوشی و شواینزر، ۲۰۰۹).

1 Hau

2 Chen and Duan

3 Loczy and Schweitzer

$$\text{رابطه (۹)} \quad D = 0.085 R C^{0.66}$$

$$D = \text{عمق کanal لب پر} \quad RC = \text{شعاع پیچان}$$

سنجهش رابطه بین دبی و پهنا در مسیرهای پیچاندار

بین دبی و پارامترهای مربوط به مسیرهای خمیده، مخصوصاً قوس خمیدگی رابطه مستقیم وجود دارد. در مقاله حاضر با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه گیری شعاع قوس خمیدگی مسیر در طول قطعات مختلف آجی چای، عمق و پهنا مسیر با به کارگیری روابط ارائه شده (تیمار^۱ و همکاران، ۲۰۰۸ ص، ۲۵۸) محاسبه شده است (رابطه ۱۰).

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad Q_{\text{mean}} = 0.0009(L/2)^{1.8}$$

$$Q_{\text{mean}} = \text{دبی میانگین} \quad L = \text{طول پیچان}$$

شاخص‌های مورد استفاده برای بررسی سیلاب‌ها در مسیر مناندri

باتوجه به این که در طول رودخانه‌های مناندri اندازه مسیر سیلاب‌ها توسط پهنا کمریند قوس خمیدگی و پهنا بستر سیلابی کanal فعال کنترل می‌شود، در این مقاله سعی شده است از پارامترهای لازم برای بررسی خطر سیلاب‌ها در مسیر رودخانه مناندri آجی چای استفاده شود. پهنا کمریند قوس خمیدگی (B) با استفاده از پهنا کanal فعال (W) برای مسیرهایی که شبی آنها کمتر از ۲ می‌باشد، با رابطه زیر قابل محاسبه است (لوشزی و همکاران، ۲۰۰۹):

$$\text{رابطه (۱۱)} \quad B = 3.7 W^{1.12}$$

قطع عرضی دشت‌های سیلابی، پارامتر قابل اعتماد برای تعیین محدوده عبور موج سیلاب‌هاست. محدوده‌هایی که آخرین پشته‌های رسوبی ناشی از عبور سیلاب در مسیر رودخانه‌های مناندri باقی مانده‌اند (d) و از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای قابل تعیین هستند، ملاک مناسب برای تعیین مسیر عبور سیلاب‌ها از قوس خمیدگی‌ها هستند. بنابراین می‌توان مسیر تقریبی فروکش سیلاب‌ها (RF) را با استفاده از فواصل پشته‌های باقی مانده در بخش دیگر قوس خمیدگی‌ها و پهنا کanal، به صورت زیر تعیین نمود:

$$\text{رابطه (۱۲)} \quad FR = d/B$$

با استفاده از بزرگی واقعی قوس خمیدگی‌ها (Aact) و بزرگترین قوس تشکیل شده ممکن در مسیر رودخانه (Amax)، می‌توان مرحله تنظیم کanal (CA) را با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه نمود.

$$\text{رابطه (۱۳)} \quad CA = A_{act}/A_{max}$$

با توجه به اینکه محاسبه و اندازه گیری A_{max} بسیار دشوار است می‌توان به جای آن از d استفاده کرد:

$$\text{رابطه (۱۴)} \quad d = CA = A_{act}$$

بیلان بین FR و CA که شاخص مهم برای محاسبه خطر سیلاب (LFH) در مسیر رودخانه‌های مئاندری است، رابطه وجود دارد که این رابطه به صورت زیر قابل نمایش است:

$$\text{رابطه (۱۵)} \quad (LFH = 1 - (FR/CA)) = 1 - (d^2/B) / (A_{act}/d) = 1 - (d^2/B) A_{act}$$

اگر مقادیر LFH به ۱ نزدیک شود، به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (لوشزی و همکاران، ۲۰۰۹).

بحث و نتایج

آجی چای از رودهای دائمی حوضه دریاچه ارومیه است که میانگین آبدی سالانه آن 39200000 متر مکعب است که در فصول پرآبی و در ترسالی‌ها به شطی بزرگ تبدیل می‌شود. اعتمادالسلطنه در مرآه البلدان (ج ۱، ص ۶۰۹) از عظمت رودآجی چای یاد می‌کند که در فصول دریافت آب کافی از شاخاب‌ها، به رودخانه بزرگی تبدیل می‌شود. بزرگی پل‌های احتمالی درگذشته در مسیر این رودخانه تایید کننده وقوع سیلاب‌های بزرگ در مسیر این رودخانه درگذشته است (شکل ۳).



شکل ۳ داغ آب‌های بر جای مانده از سیلاب‌های گذشته در دهانه پل احتمالی در بخش میانی مسیر آجی چای

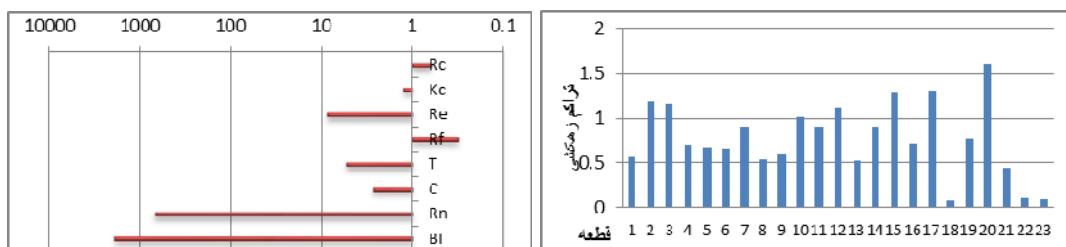
و عمق آب رودخانه در نزدیکی مهربان در فصل کم آبی (کمتر از ۵۰ سانتی‌متر)

الف- مورفومتری و بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه

در محدوده مورد مطالعه، قبل از هر محاسبه‌ای، درابتدا به نتایج حاصل از بررسی چنین پارامتری توجه شده است. در این مطالعه، علاوه از بررسی تراکم زهکشی کل حوضه- که 36.0 برآورد گردیده است- میزان تراکم زهکشی در قطعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است(شکل ۴ الف). بررسی نتایج حاصل از محاسبه تراکم زهکشی در بخش‌های مختلف حوضه آجی چای حاکی از این است که در بخش خروجی حوضه(در قطعه ۲۰، ۱۷، ۱۵، ۱۲، ۱۰، ۱۱) میزان تراکم زهکشی کم است.

۳ و ۲) میزان تراکم زهکشی نسبتاً بالاست؛ یعنی در نزدیکی تبریز، میزان تراکم زهکشی از ۰.۰۸ در قطعه ۱۸ به میزان ۱.۶۱ در قطعه ۲۰ می‌رسد. به عبارت دیگر، در قسمت‌های انتهایی و در نزدیکی تبریز، احتمال وقوع سیل به مراتب بیشتر از سایر محدوده‌ها در مسیر این رودخانه است.

ناهمواری حوضه، در میزان آب‌های سطحی و زیرسطحی، نفوذ پذیری و در نهایت توسعه لنادرم‌های حوضه نقش بازی می‌کند و عدد حاصل نه تنها نشان دهنده میزان آب‌های سطحی است، بلکه نشان‌گر ویژگی‌های فرسایشی حوضه نیز هست. با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه، ناهمواری حوضه نشان دهنده انرژی بالقوه حوضه مورد نظر برای سرعت‌دهی به جریان رواناب‌های حاصل از بارش و ذوب برف‌ها و همچنین توان رودخانه آجی چای در یک محدوده ویژه است. در تحلیل پتانسیل سیل خیزی حوضه، به نتایج حاصل از محاسبه ضریب ثابت کanal نیز توجه شده است. بررسی اعداد حاصل از محاسبه ناهمواری حوضه و ضریب ناهمواری حاکی از این است(شکل ۴ ب)، که با توجه به اختلاف ارتفاع، رواناب‌ها در بخش‌های مرتفع به سرعت خود را به آبراهه اصلی می‌توانند برسانند و بخش‌های پایین‌تر را در معرض وقوع سیلاب قراردهند. بقیه پارامترهای مورد محاسبه نیز حاکی از پتانسیل سیل خیزی در حوضه مورد مطالعه هستند (شکل ۴).



شکل ۴ تراکم زهکشی در بخش‌های مختلف حوضه آجی چای و ضرایب مربوط به ویژگی‌های حوضه

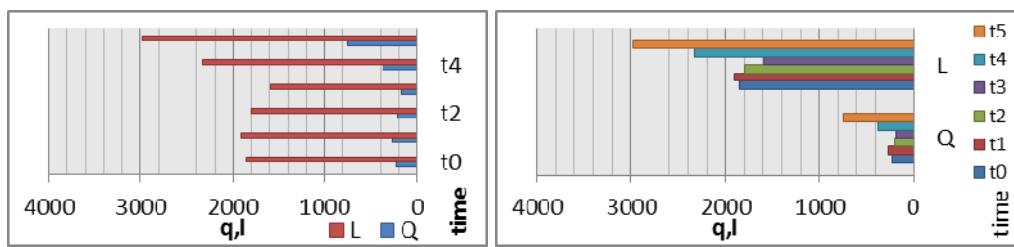
بررسی سیلاب‌های آجی چای با استناد به ویژگی‌های الگوی جریان رودخانه

در بیشتر بررسی‌ها، ویژگی‌های سیلابی مسیر جریان رودخانه‌ها با توجه به آرایش جریان آنها مدنظر قرار می‌گیرد. در بین الگوهای مختلف جریان، آرایش خمیده و یا آرایش مثاندری در بررسی سیلاب‌های مسیر جریان رودخانه‌ها بیشتر مورد استناد قرار می‌گیرد. بر مبنای کارهای دوری^۱؛ به نقل از شی^۲ و

1 Dury

2 Shi

همکاران، ۲۰۰۷) طول قوس خمیدگی در مسیر رودخانه مئاندری یک پارامتر مهم در بررسی دبی این رودخانه محسوب می‌شود. طبق کارهای صورت گرفته، می‌توان گفت که، بین طول موج مئاندر و میانگین دبی رودخانه ارتباط وجود دارد. در این مقاله، برای بررسی رابطه طول مئاندر و دبی در مسیر خمیده رودخانه آجی چای، طول خمیدگی در مسیر این رودخانه اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه مربوطه محاسبات لازم صورت گرفته و نتایج به صورت نمودار نمایش داده شده است (شکل ۵). بررسی اطلاعات نموداری نشان می‌دهد که در مسیرهای مختلف آجی چای، میزان دبی متأثر از طول مئاندر بسیار متفاوت است. این تفاوت در طول زمان‌های مختلف نیز مشاهده می‌شود (شکل ۵). همچنان‌که اشکال ترسیمی نشان می‌دهد، در نزدیکی تبریز و در بخش‌های میانی مسیر رودخانه آجی چای و در زمان نزدیک به شرایط کنونی، میزان دبی به اوج می‌رسد. در زمان‌های T_4 و T_1 به نظر می‌رسد که رودخانه آجی چای بیشترین دبی را دارا بوده است.



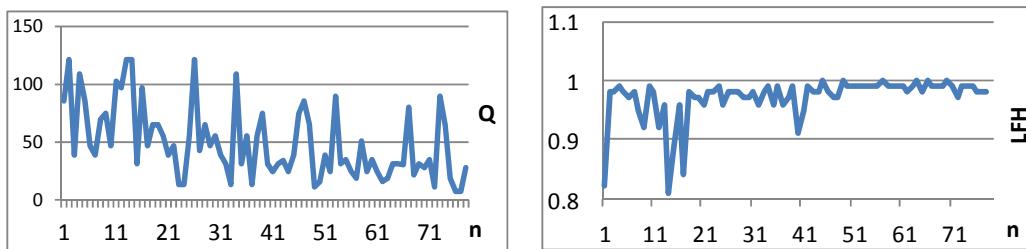
شکل ۵ متوسط دبی(Q) و طول قوس خمیدگی کanal فعال (L) در طی زمان در مسیر آجی چای

طبق محاسبات حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به مئاندر آجی چای، می‌توان گفت که بین طول قوس خمیدگی کanal فعال مسیر مئاندری و میانگین دبی و یا متوسط مقدار آبی که می‌تواند از مقطع ویژه‌ای از مسیر خمیده عبور کند، رابطه وجود دارد. بررسی اطلاعات (شکل ۵) مربوطه نشان می‌دهد که تغییرات میزان دبی(Q) متوسط متأثر از طول قوس خمیدگی (L) در مسیر آجی چای هرچند بسیار متفاوت است، اما با افزایش طول، میزان دبی نیز افزایش یافته است.

محاسبه پتانسیل سیل خیزی در دشت سیلابی مئاندر آجی چای

با توجه به این که در طول رودخانه‌های مئاندری اندازه مسیر سیلاب‌ها توسط پهناز کمرنگ قوس خمیدگی و پهناز بستر سیلابی کنترل می‌شود، در این مقاله سعی شده است از پارامترهای مرتبط با مسیرهای خمیده در بررسی خطر سیلاب‌ها در مسیر رودخانه مئاندری آجی چای استفاده شود. برای بررسی خطر

سیلاب در مسیر مئاندری آجی چای از رابطه LFH استفاده شده است. مقدار LFH می‌تواند صفر و یا حتی منفی باشد که هر دو معرف محدوده‌هایی بدون خطر وقوع سیل‌های بزرگ هستند. اگر مقادیر LFH به یک نزدیک شود به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (لوشزی و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه، به منظور برآورد خطر سیل در مسیر مئاندری آجی چای، ابتدا عوامل دخیل در معادله LFH با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، محاسبه شده و نتایج به صورت نمودار نمایش داده شده است (شکل ۶). بررسی اطلاعات ارائه شده در نمودار ۶ الف، نشان می‌دهد که میزان LFH در تمام بخش‌های مسیر آجی چای، نزدیک به یک و در بعضی از بخش‌ها، مقدار آن به یک رسیده است. در واقع این مقادیر نشان می‌دهند که تقریباً در تمامی بخش‌های این مسیر، پتانسیل خطر وقوع سیل بالاست. این خطر در طول مسیر این رودخانه، بین سراب تا وینار نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است؛ یعنی در قسمت‌هایی که رودخانه آجی چای در دشت جاری است، در مقایسه با بخش‌هایی که به مسیر کوهستانی وارد می‌شود، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. با توجه به این که پهنه‌ای کمربند قوس خمیدگی (B) و عمق کanal فعال از عوامل مورد استفاده در برآورد خطر وقوع سیل در مسیر مئاندر آجی چای و معیاری برای بررسی سیلاب‌ها در مسیر رودخانه‌های مئاندری محسوب می‌شود، در این مطالعه، این عامل در طول زمان‌های مختلف، در طول مسیر این رودخانه مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۷ و ۸). مقادیر مورد اندازه‌گیری نشان می‌دهد که پهنه‌ای کمربند خمیدگی در مسیر آجی چای تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته است و هرچه به گذشته حرکت می‌کنیم، مقادیر اوج به بخش‌های میانی مسیر جابجا شده است (شکل ۷).

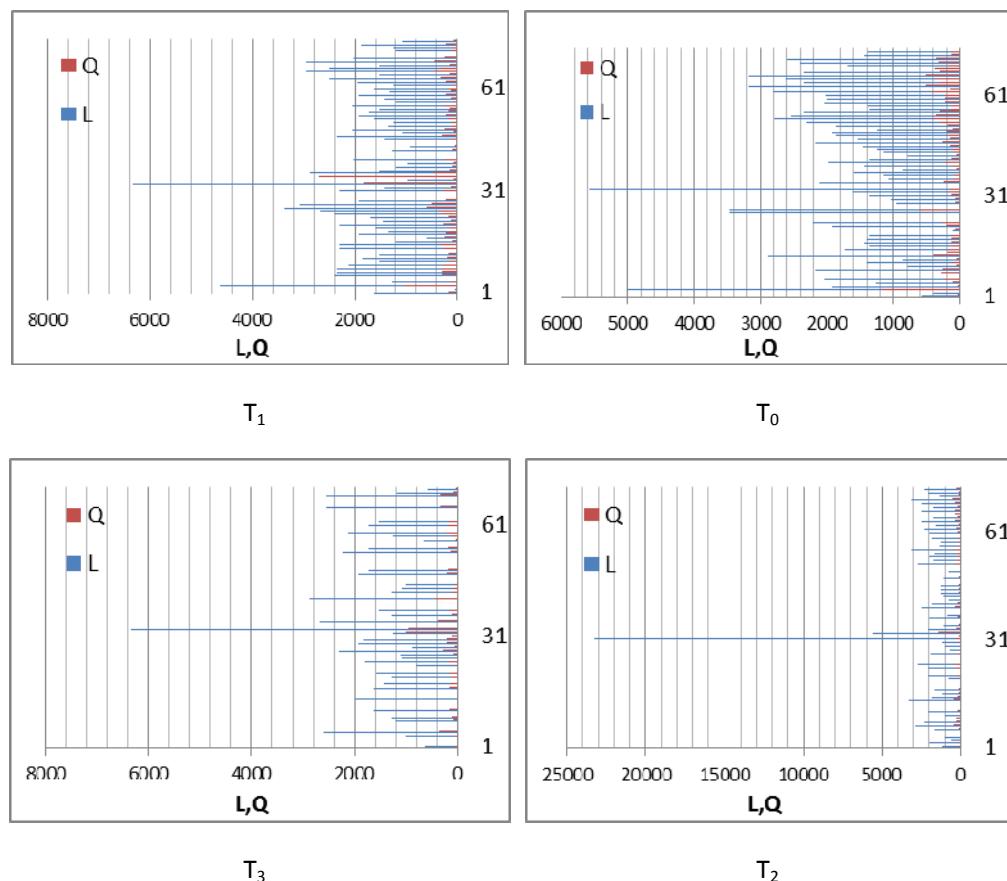


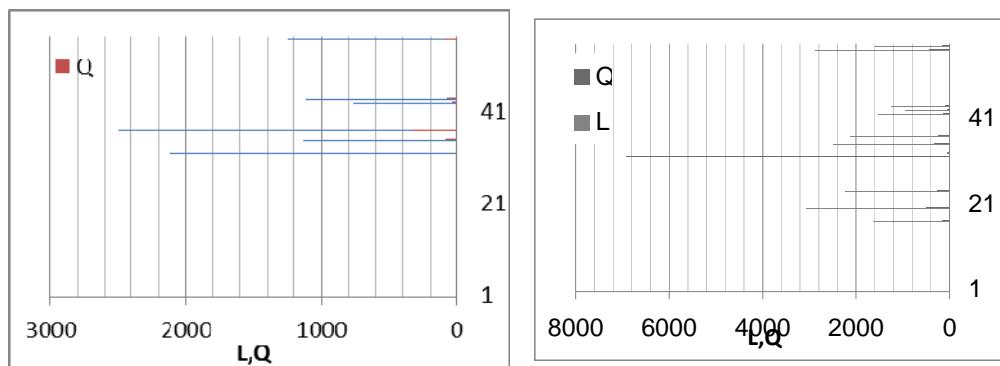
شکل ۶ التغییرات مقدار سیل خیزی و تغییر در میانگین دبی در رابطه با طول قوس پیچان آجی چای در طول قطعات مورد بررسی (n)

- محاسبه و تطبیق دبی‌های سالانه به روش توزیع نرمال

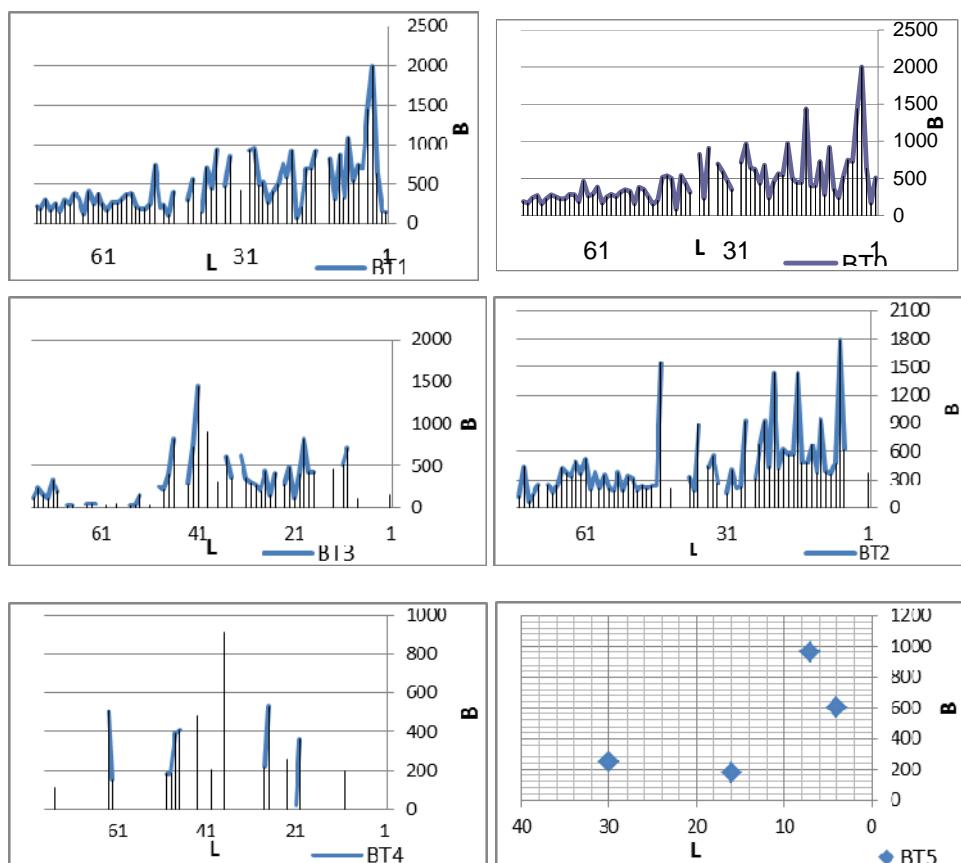
در این مقاله، علاوه بر تخمینی دبی‌های اوج با استفاده از معادلات مربوط به رودخانه‌های مئاندری، سعی شده است با استناد و استفاده از داده‌های واقعی دبی ایستگاه‌های مسیر آجی چای، دبی سال‌های آتی نیز

برآورد گردد. نتایج بررسی‌ها با روش توزیع نرمال که در شکل ۹ نشان داده شده، حاکمی از این است که آجی چای در ایستگاه نهنگ می‌تواند دبی‌هایی با اوج بالاتر از 80 متر مکعب بر ثانیه را تجربه کند. با توجه به ویژگی‌های سعید آباد اوج دبی‌هایی که در نهایت به آجی چای تخلیه خواهد شد، در مقایسه با دبی ایستگاه نهنگ چندان بالا نیست. در ایستگاه خواجه نیز دبی آجی چای دارای اوج بالایی است. چنانکه شکل ۹ نشان می‌دهد، دبی اوج آجی چای در این ایستگاه می‌تواند به بالاتر از 60 متر مکعب در ثانیه با دوره برگشت 8 سال نیز برسد که رقم مورد برآورد، دبی بالایی محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان گفت بالاترین اوج‌های دبی در ایستگاه‌های نزدیک تبریز رخ می‌دهد. در ایستگاه وینار به عنوان یکی از ایستگاه‌های مهم در مسیر آجی چای دبی‌هایی با اوج بالا برآورد شده است؛ چنانکه شکل ۹ نشان می‌دهد، در ایستگاه وینار آجی چای دبی‌هایی بالاتر از 12000 متر مکعب در ثانیه با دوره برگشت 40 ساله را دریافت کند. به طوری که از نمودارهای تطبیق دبی‌های سالانه با توزیع نرمال (شکل ۹) استنباط می‌شود خط برآشش شده تطبیق خوبی یا دبی‌ها ندارد. این عدم انطباق در کلیه ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود.

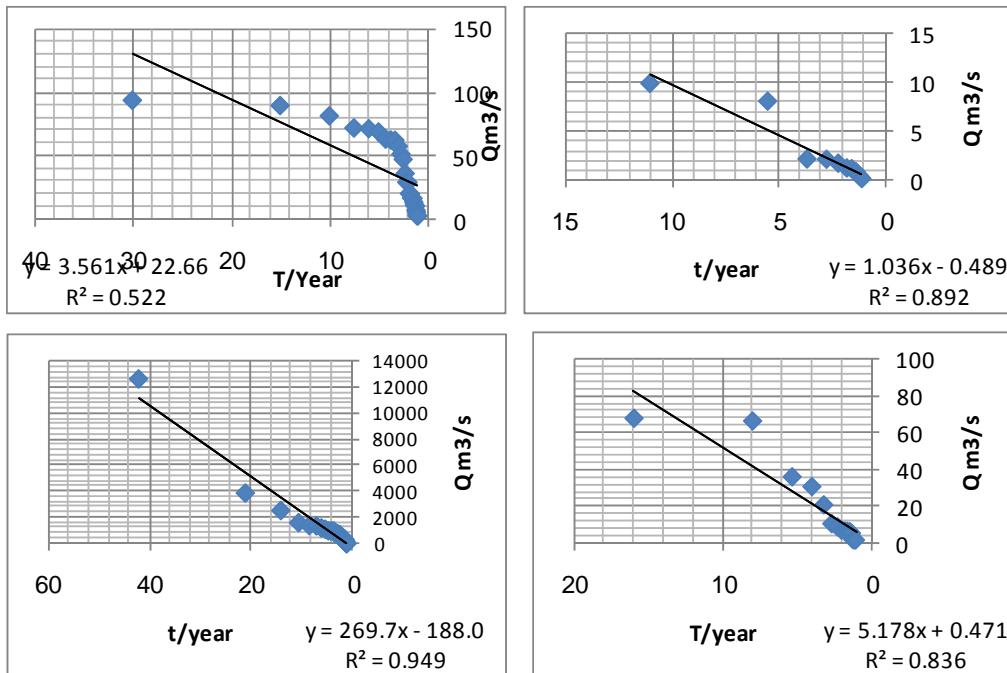




شکل ۷ میزان دبی و طول قوس خمیدگی در مسیر مثاندر آجی چای (محور افقی، مسافت طولی از تبریز تا سراب است)



شکل ۸ تغییرات میزان پهنانی کمریند قوس پیچان در طی زمان و در طول مسیر جریان آجی چای (محور افقی قطعات طولی از تبریز تا سراب است)

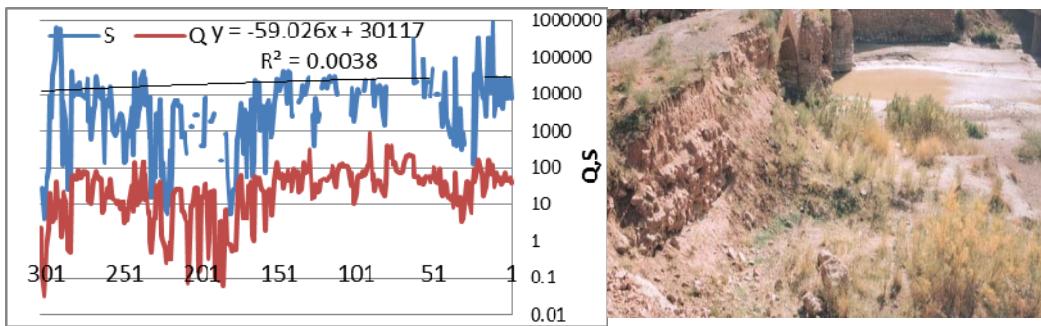


شکل ۹ زمان برگشت اوج دبی در ایستگاه‌های مختلف مسیرآجی چای (به ترتیب از بالا سمت راست، نهنده، سعید آباد، خواجه و ونیار)

بررسی رابطه رسوب و دبی در شش ماه پرآب سال در ایستگاه نهنده نشان می‌دهد که در طی سال‌های مورد بررسی رابطه بین رسوب و دبی بسیار متفاوت است. در بعضی از سال‌ها در این ایستگاه، روند افزایش و کاهش میزان رسوب از روند افزایش و کاهش دبی تبعیت می‌کند. اما بعضی از سال‌ها این انطباق مشاهده نمی‌شود. این عدم تطابق در سال‌هایی که روند افزایش میزان رسوب از دبی پیشی می‌گیرد، قابل تعمق است.

بررسی رابطه رسوب و دبی در ایستگاه نهنده حاکی از عدم وجود رابطه قوی بین این دو پارامتر در ایستگاه مذکور است (شکل ۱۰). بررسی داده‌های دبی و رسوب ایستگاه سعیدآباد نشان می‌دهد که روند کاهش دبی و رسوب در کلیه سال‌های مورد مطالعه از یکدیگر پیروی می‌نمایند. بررسی داده‌های میزان دبی و رسوب ایستگاه وینار نیز در طول سال‌های متمادی حاکی از این است که میزان رسوب و دبی طی این سال‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته است. گاه با افزایش جزئی در میزان دبی، میزان رسوب به میزان زیادی افزایش یافته است. با این توضیحات و با تکیه با مستندات ارائه شده می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که بین دبی و رسوب رابطه چندان قوی برقرار نیست. موارد فوق برای ایستگاه خواجه نیز صادق است. اگر میزان دبی و رسوب ثبت شده در ایستگاه‌های مسیرآجی چای نیز مورد بررسی قرارگیرد مشاهده خواهد شد که تغییرات در دبی و میزان رسوب در سال‌های مختلف و در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است. بررسی دبی و رسوب در ایستگاه نهنده (یکی از ایستگاه‌های مهم مسیرآجی چای) حاکی از این است که در سال‌های مختلف میزان

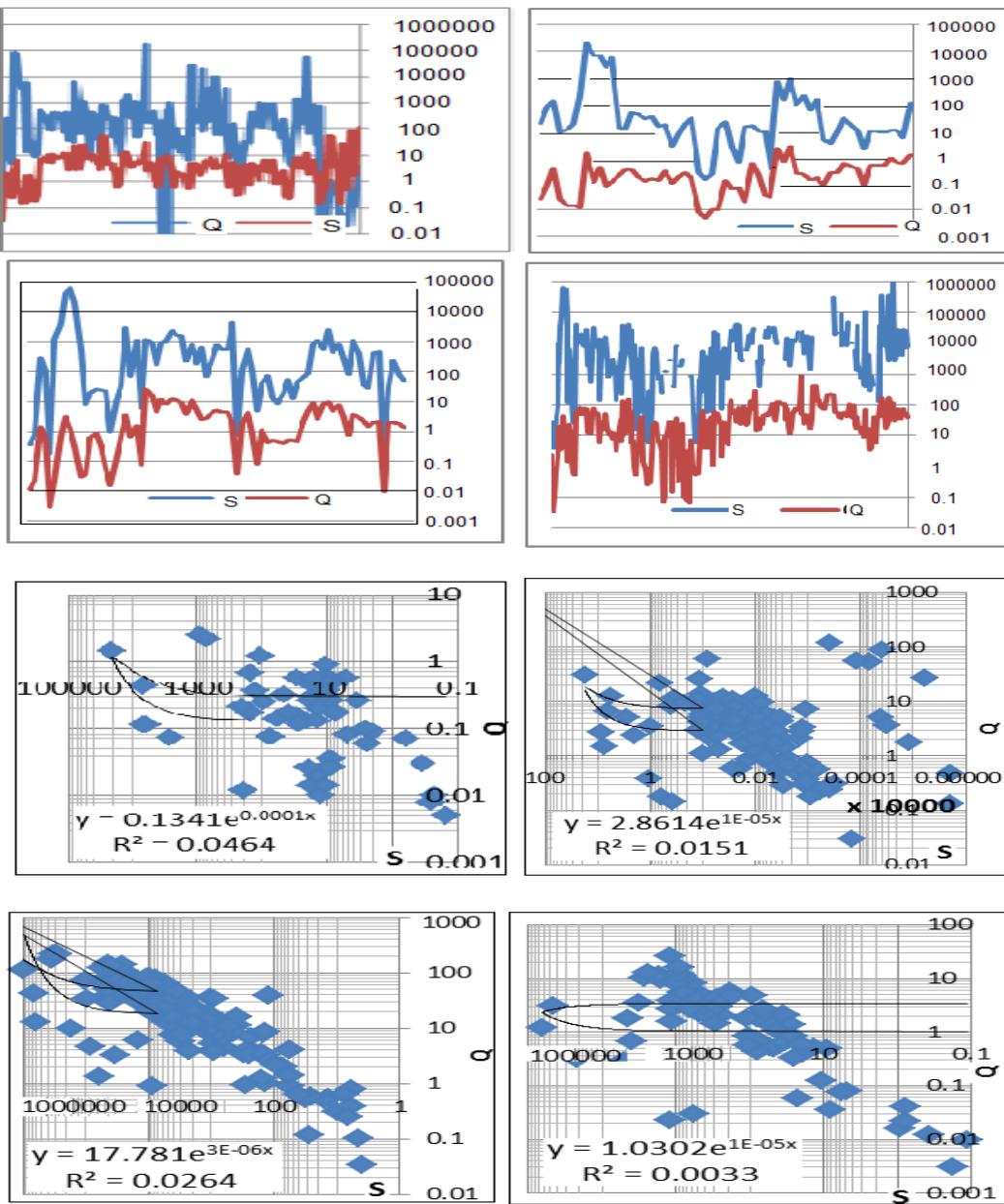
افزایش و کاهش دبی و رسوب کاملاً منطبق با یکدیگر نبوده، اما در بعضی از این سال‌ها این تطابق مشاهده نمی‌شود؛ مثلاً بررسی شکل ترسیمی مربوط به سال ۱۳۵۵ نشان می‌دهد که با کاهش میزان دبی، میزان رسوب افزایش یافته است (شکل ۱۰) و زمانی عکس مورد فوق مشاهده می‌شود(۱۳۵۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱) که این امر در رابطه با تغییرات بستر و دستکاری در آن می‌تواند باشد. بررسی رابطه دبی و رسوب در طی سال‌های مختلف نیز حاکی از این است که بین این دو رابطه‌ای قوی وجود ندارد و نوسانات عمده‌ای در میزان رسوب و دبی رودخانه آجی چای در ایستگاه نهند ثبت شده است که قابل ملاحظه و قابل تعمق است (شکل ۱۱). بررسی دبی و رسوب مربوط به ایستگاه سعیدآباد حاکی از نوسانات در میزان رسوب و دبی در طی سال‌های مختلف در ایستگاه مذکور است و عدم تطابق در میزان رسوب و دبی در این ایستگاه نیز وجود دارد و رابطه چندان قوی بین این دو مشاهده نمی‌شود. ایستگاه و نیار از ایستگاه‌های مهم بوده و داده‌های ثبت شده آن در بررسی ویژگی‌های آجی چای قابل اعتماد می‌باشد. بررسی داده‌های مربوط به دبی و رسوب در این ایستگاه در سال‌های مختلف از نوسانات زیادی برخوردار بوده و افزایش و کاهش رسوب و دبی به یکسان صورت نگرفته است. هرچند که در بعضی از سال‌ها این عدم تطابق بیشتر دیده می‌شود(سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۵، ۱۳۸۰). بررسی رابطه بین رسوب و دبی در سال‌های مختلف نیز حاکی از عدم وجود رابطه بین دبی و رسوب در سال‌های مختلف است. مواردی که برای ایستگاه‌های قبلی گفته شد برای ایستگاه خواجه نیز صادق است (شکل ۱۰). بررسی نوع سازنده‌های مسیر آجی چای نشان می‌دهد که نوع سازنده‌های مسیر بسیار فرسایش‌پذیر بوده و حضور گنبدهای نمکی در بخش‌های میانی و نزدیک به تبریز باعث شده است که در این محدوده‌ها کیفیت آب این رودخانه کاهش و بر میزان رسوبات معلق و شوری آب افروده شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ رابطه بین رسوب و دبی در ایستگاه ونیار و رابطه دبی و رسوبات در مسیر آجی چای در نزدیکی تبریز

نتیجه گیری

آجی چای به عنوان یکی از رودخانه‌های دائمی حوضه دریاچه ارومیه، با توجه به ویژگی‌های مسیر جريان و تغیيرات اقلیمي در طول يك سال و در طول سال‌های متعدد، از نظر دبی و همچنین از نظر آرایش جريان رود در کanal فعل دارای نوسانات زیادی بوده است.



شکل ۱۱ میزان دبی و رسوب برآورده شده و روابطه بین میزان دبی و رسوب برآورده شده (به ترتیب از راست به چپ در ایستگاه نهند و سعیدآباد و ونیار و خواجه)

در مسیر آجی چای، وقوع سیلاب‌ها در تغییر جهت قوس خمیدگی کانال فعال و در نتیجه در محدوده‌های تراکمی و فرسایشی رودخانه تأثیرگذار بوده است. با استناد به آثاری که رودخانه طی تغییرات مسیر ناشی از

وقوع سیلاب‌های گذشته برجای نهاده، می‌توان با توصل به ویژگی‌های آرایش جریان رودخانه و با به کارگیری روابط تجربی، میزان دبی‌های اوج را برآورد نمود و در مورد احتمال خطر وقوع سیل در مسیر جریان این رودخانه اظهارنظر نمود. بررسی دبی‌های اوج ثبت شده در ایستگاه‌های حوضه نیز نشان‌دهنده وقوع سیلاب‌های مهیب در رودخانه است. بررسی‌های تاریخی و داغ‌آب‌های برجای مانده در زیر پل‌های احداثی قدیمی نیز حکایت از وقوع چنین سیلاب‌های بزرگی دارد. رودخانه آجی‌چای با توجه به آرایش جریان خود، نشان‌دهنده وجود انرژی کافی برای تغییرات سریع در دشت سیلابی است. بررسی خطر وقوع سیلاب‌ها با توصل به فاکتورهای مربوط به خمیدگی‌های کanal فعال نشان می‌دهد که در کل مسیر مورد بررسی، از بخش میانی به طرف فرودگاه تبریز، بر خطر وقوع سیلاب‌های سالانه در مسیر این رودخانه افزوده می‌شود. علاوه بر خطر خود سیلاب و خسارات ناشی از آن، فرسایش‌پذیری کناره‌های دشت سیلابی و افزایش حجم رسوبات حاصل نیز می‌تواند و باید باعث گرفتن خطر وقوع سیل در مسیرهای خمیدگی گردد. چنین رودخانه‌هایی ذاتاً دارای پتانسیل بالا برای فرسایش بیشتر در بخش کناره‌ها هستند. با افزایش خطر وقوع سیل و تسريع در جابجایی قوس کanal فعال به طرف کناره‌های دشت سیلابی احتمال ریزش مواد کناره‌ای به داخل بستر و جریان رودخانه افزایش می‌یابد و در نتیجه از کیفیت آب رودخانه کاسته می‌گردد، مضاف براین که در کناره‌های مسیر جریان رودخانه آجی‌چای گندهای نمکی گستردۀ شده‌اند که با هر جابجایی کناری و فرسایش چنین اشکالی بر شوری آب رودخانه افزوده می‌شود. در کناره دشت سیلابی رودخانه آجی‌چای، تأسیسات زیادی وجود دارد که با هر جابجایی قوس خمیدگی و تسريع جابجایی در اثر وقوع سیلاب‌ها، این تأسیسات در معرض خطر قرار می‌گیرند. با توجه به انرژی بالای آب در بخش قوس خمیدگی‌ها در رودخانه‌های مناندri برای فرسایش بیشتر کناره‌ها، این تأسیسات (جاده‌ها، خطوط ریلی و بعضی از کارخانه‌های ماسه شوری) می‌توانند در اثر بررش کناری دشت سیلابی، خسارات سنگینی را متحمل گردند.

References

- Alfredo Ollero., 2010.n Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. Geomorphology 117, 247–260.
- Anderson, Kirk., C, Ted Neff., 2011.The influence of paleofloods on archaeological settlement patterns during A. D. 1050–1170 along the Colorado River in the Grand Canyon, USA. Catena 85, 168–186.
- Bakker,V. R., 1988. Flood geomorphology ,J. Wiley pub.
- Bayati,K,M., 2011. Investigation on potential of flood hazard occurrences on meandering rivers. Physical Geography Research Quarterly 75.
- Bayati,K,M., 2006. Investigation on the cause of meanders formation and development in mountain vallyes. Roshede Geography 75.

- Borisova , Olga., Aleksey Sidorchuk., Andrey Panin., 2006. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland,based on palaeochannel morphology and palynological data,Catena 66, 53–73.
- Boxalla, J. B., I. Guymerb., 2007. Longitudinal mixing in meandering channels: New experimental data set and verification of a predictive technique WAT E R RE S E A R C H.
- Chen , D., J. G. Duan., 2006. Modeling width adjustment in meandering channels. Journal of Hydrology 321, 59–76.
- Dong Xu., Yuchuan Bai., Jianmin Ma., Yan Tan., 2011. Numerical investigation of long-term planform dynamics and stability of river meandering on fluvial floodplains. PII: S0169-555X(11)00235-2 DOI: doi: 10. 1016/j. geomorph. 2011. 05. 009 Reference: GEOMORF 3595.
- Fernando Magdaleno, José., A. Fernández-Yuste., 2011. Meander dynamics in a changing river corridor. Geomorphology 130, 197–207.
- Güneralp, İnci., Bruce L. Rhoads., 2010. Spatial autoregressive structure of meander evolution revisited. Geomorphology 120, 91–106.
- Hau Xera., and Frank,Axel Voigt., 2007. Step meandering in epitaxial growth. Journal of Crystal Growth 303, 80–84.
- Hooke, J. M., 2007. Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers. Geomorphology 91, 236–258.
- Hooke, J. M., 2008. Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20-year period. Geomorphology. vol. 100, 3–13.
- Jahadi Toroghi, M., Hosseinzadeh, S,R, 2012. The Response of fuluvial Systems to large flood Events. Environmental Erosion Researches 4, 70-86.
- Kemp, Justine., 2004. Flood channel morphology of a quiet river, the Lachlan downstream from Cowra, southeastern Australia. Geomorphology 60 , 171–190.
- Kiss, Tímea Kiss., Károly Fiala., György Sipos., 2008. Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary). Geomorphology 98, 96–110.
- Loczy,D.,Kis,E.,Schweitzer,F., 2009. Local flood hazard assessed from channel korphology. Geomorphology 43,87-98.
- Lofthouse,Caroline., André Robert., 2008. Riffle–pool sequences and meander morphology. Geomorphology 99 , 214–223.
- Lottig, Noah R., Justin M. Fox., 2007. A potential mechanism for disturbance-mediated channel migration in a southeastern United States salt marsh. Geomorphology 86, 525–528.
- Nohegar, A., and Yamani, M., 2005. Investigation on geomorphological property of meandering river and the role of its on bed and bank erosion of Minab river. Geography Research Quarterly 51.
- Rezaei, M. M., and Khoshdel, K., 2009. Study of Ahar meander curvature on Azomdel plain, situated in Varzegan. Geography and Environmental planning . 33.
- Shi, Yafeng., Qiang, Zhang., Zhongyuan, Chen., Tong, Jiang., Jinglu, Wu., 2007. Channel morphology and its impact on flood passage, the Tianjiazen reach of the middle Yangtze River. Geomorphology 85,176–184.
- Tima'r, Ga'bor., Pa'l Su'megi., Frank Horva'th., 2005. Late Quaternary dynamics of the Tisza River: Evidence of climatic and tectonic controls. Tectonophysics 410, 97– 110.
- Yamani, M., and Almizadeh, H., 2010. Investigation on the changing of meandering river and instability of bed river in north plain of Hormoz. Modares Human Sciences. 14.

تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با استفاده از مدل گُرین اصلاح شده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جهرم)

عادل سپهر^۱ – استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سعیده هنرمند نژاد – کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹

چکیده

فرسایش خاک به عنوان یکی از مخاطرات محیطی، سالانه موجب افت و از بین رفتن حجم وسیعی از خاک‌های حاصلخیز در سراسر دنیا می‌شود. مدل گُرین^۲، مدلی جهت تخمین و ارزیابی خطر فرسایش خاک است. این روش، برای محاسبه فرسایش واقعی خاک به عوامل فرسایش‌پذیری، فرسایش‌دهندگی، شبب و پوشش گیاهی یا کاربری اراضی نیازمند است. در این پژوهش، مدل گُرین منطبق با شرایط آب و هوایی حوضه آبخیز جهرم، اصلاح و از مدل گُرین اصلاح شده جهت برآورد خطر فرسایش خاک منطقه استفاده شده است. بدین منظور بر اساس شاخص فرسایش‌دهندگی فورنیه، فرسایش‌دهندگی منطقه مطالعاتی محاسبه گردید. همچنین فرسایش‌پذیری خاک نیز بر اساس بافت، میزان سنگریزه و عمق برآورد شد. تلفیق نقشه‌های فرسایش‌دهندگی و فرسایش پذیری با نقشه پوشش گیاهی بر مبنای شبب منطقه، تولید نقشه خطر فرسایش واقعی خاک در منطقه مطالعاتی را به همراه داشت. نتایج پژوهش نشان داد بیش از ۸۰٪ حوضه آبخیز جهرم، دارای خطر متوسط و بالا برای فرسایش بالقوه خاک است؛ در حالی که حوضه مذکور از فرسایش واقعی خاک نسبتاً کمتری برخوردار است. فرسایش واقعی خاک در منطقه مطالعه شده، حدود ۲۰٪ در کلاس بالا قرار دارد. مناطقی که دارای خطر فرسایش واقعی بالایی هستند، در نواحی با بیشترین بارش، بیشترین شبب و کمترین پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی مشاهده می‌شوند. این نتایج، مؤید نقش پر رنگ پوشش گیاهی در حفاظت از خاک است.

کلیدواژه‌ها: خطر فرسایش واقعی خاک، خطر فرسایش بالقوه خاک، مدل گُرین اصلاح شده.

مقدمه

فرسایش که در انگلیسی و فرانسه به آن اروزن^۱ می‌گویند، از ریشه لاتین ارودری^۲ به معنی سائیدگی می‌باشد و به معنی سائیده شدن سطح زمین است (rafahi، ۱۳۷۵: ۲۳). بیش از ۷۰٪ مساحت ایران را محیط‌های خشک و نیمه خشک در برگرفته است. فرسایش خاک یک فرایند پیچیده و خطر زئومورفولوژیکی بالقوه است و مقدار آن بازتابی از نحوه مدیریت زمین و شاخص‌های محیطی تخریب به شمار می‌رود. همچنین به دلیل خاصیت تشدید شوندگی و اثرات چند جانبه آشکار و نهان محیط زیستی، به سلطان زمین شهرت یافته است (روستایی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۶۳). فرسایش خاک، کاهش ضخامت لایه سطحی خاک به وسیله رواناب یا باد و افت خاک، میزان هدر رفت حجمی از خاک در طول سال است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰: ۴۳). بانک جهانی و دیگر مراکز تحقیقاتی دنیا نرخ فرسایش را در جهان بین ۱/۲ تا ۳۷ تن در هکتار تخمین زده‌اند (مالاوا و بوندا^۳، ۱۹۹۹، ص ۲). به‌طور کلی بیشترین مساحت در معرض خطر فرسایش در جهان مربوط به قاره آسیا با ۳۵ میلیون هکتار و پس از آن مربوط به قاره‌های آفریقا، آمریکا و اروپاست (کارتاجنا^۴، ۲۰۰۴: ۲۱). سرعت تشکیل ۲۵ میلی متر خاک در ۳۰ سال تقریباً برابر است با فرسایش ۱۲/۵ تن در هکتار در سال و این رقمی است که اغلب به عنوان حدی که فرسایش نماید از آن بیشتر شود پذیرفته شده است. البته واضح است که میزان قابل قبول خاک از دست رفته ثابت نبوده و به شرایط خاک بستگی دارد (hadson، ۱۳۷۲). بر اساس مطالعات انجام گرفته در ایران سالیانه به طور متوسط ۱۵۰۰ تن خاک از هر کیلومتر مربع سطح زمین در اثر فرسایش آبی شسته می‌شود و این بدان معناست که هر سال یک میلیمتر از ضخامت خاک در کشور کاسته می‌شود (کرمی، ۱۳۷۲: ۱۰). استفاده و بهره برداری از خاک، بدون رعایت اصول اساسی موجب فرسایش خاک گشته و در نتیجه زمین‌های زراعی و مرتعی فقیرتر، حجم رواناب و سیلاب افزون تر، رسوب گذاری در پایین دست و بستر رودخانه‌ها و مخازن سدها بیشتر و در نهایت باعث ایجاد مشکلات فراوان می‌شود (شاھوی، ۱۳۷۷: ۳۰).

در ارتباط با برآورد فرسایش خاک، آنچه مهم است انتخاب مدل‌ها و روش‌هایی است که قادر به برآورد افت یا فرسایش واقعی خاک باشند. خروجی مدل‌های مانند EPM^۵، IRIFR^۶، FAO PSIAC^۷، MUSLE^۸ و میزان افت واقعی خاک را در طول سال برآورد می‌کند. مدل گرین نیز از جمله

1 Erosion

2 Eroderi

3 Malava&Bonda

4 Cartagena

5 Hadson

6 Erosion Potential Method

7 Pacific Southwest InterAgency Committee

8 Iran Research Institute of Forest and Rangelands

9 Universal Soil Loss Equation

روش هایی است که قادر به برآورد میزان فرسایش واقعی و بالقوه خاک است. منظور از فرسایش دهنگی^۱، مقدار نیرویی که برای انجام فرسایش لازم است و از میان عوامل طبیعی بارش و دما فاکتورهای فرسایش دهنده طبیعی محسوب می شوند. فرسایش پذیری^۲ عبارت از مقاومت خاک در برابر جا شدن و انتقال ذرات خاک است (رفاهی، ۱۳۸۵: ۱۸). برای درک بهتر تقاضوت این دو اصطلاح، می توان این طور مثال زد که یک انسان دارای سیستم ایمنی در برابر بیماری هاست، عامل بیماری و آسیب به سیستم ایمنی را می توان ویروس دانست که به مثابه بارش یا عامل فرسایش دهنده عمل می کند. مقاومت و حساسیت سیستم ایمنی به ویروس را می توان به مثابه مقاومت و یا فرسایش پذیری خاک در برابر عامل فرسایش یا بارش دانست. حال ممکن است یک فرد با محافظت از بدن مانند پوشیدن لباس کافی، مقاومت سیستم ایمنی را بالا برد که این امر به مانند وجود پوشش گیاهی و کاربری مناسب در خاک می باشد که موجب مقاومت در برابر فرسایش می شود. نقشه پتانسیل فرسایش خاک بیانگر مقدار پتانسیل فرسایش خاک یا قابلیت فرسایش خاک در آینده است. فعالیت های تحقیقاتی زیادی در ایران در ارتباط با فرسایش صورت گرفته است؛ مانند کاهکش (۱۳۷۵) در ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبریز دریاچه سد دز) به این نتیجه رسید که در قسمت های مرتفع حوضه که منطبق بر شیب های تند و بارندگی شدید است بیشترین حساسیت به فرسایش خاک وجود دارد و در قسمت های پست تر حوضه از میزان فعالیت این عوامل کاسته شده است و رحمت نیا (۱۳۷۶) در مطالعه موردی زیر حوضه های غرب و جنوب غرب قرمو، ضمن تهیه نقشه پهنه بندی فرسایش با استفاده از GIS به این نتیجه رسید که تصاویر ماهواره ای و GIS دقیق و سرعت زیادی برای رسم نقشه کاربری اراضی دارد. همچنین شناسایی کانون های بحرانی و حساس به فرسایش بادی، طرح های صورت گرفته بوسیله نهادها و سازمان های دولتی و غیر دولتی و همچنین پایان نامه های تحصیلات تکمیلی، نمونه هایی از این پژوهش هاست. آوو^۳ و همکاران (۱۹۹۷) به بررسی کاربرد مدل های برآورد فرسایش USLE و SLEMSA^۴ در نقشه برداری پتانسیل خطر فرسایش در جنوب غرب نیجریه پرداخته اند. آتنا^۵ (۲۰۰۲) کیفیت کیفیت خطر فرسایش آبی در دشت مرطوب بنین^۶ را با استفاده از دو مدل USLE و SLEMSA مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفته است که مدل SLEMSA به دلیل تشابه نتایج آن با نتایج طرح های صورت گرفته، انطباق بهتری با شرایط گرمسیری دارد. ورین^۷ (۲۰۰۳) نیز در مقاله ای به بررسی سه مدل USLE/RUSLE/SLEMSA، پرداخته و به اهمیت انتخاب مدل بر اساس اثبات کیفیت آن معتقد است. دو گان^۸ (۱۹۹۸)، با استفاده از مدل USLE، فرسایش خاک در کشور

1 Erosivity

2 Erodibility

3 Igwe

4 Slemsa (Soil Loss Estimation Model for Southern Africa)

5 Attanda

6 Benin

7 Svorin

8 Dogan

ترکیه را مورد ارزیابی قرار داده است. پژوهش وی مؤید افت شدید خاک در منطقه مطالعاتی بوده است. مورگان^۱ و همکاران (۱۹۸۴)، سرعت افت خاک را در مناطق کشاورزی تراس‌های هیمالیا، بالای ۵۶ تن در هکتار در سال برآورد کردند. این در حالی است که پایین‌ترین افت خاک در اراضی با درختان انبوه و زمین‌های آبیاری شده برقج، با کمتر از ۱ تن در هکتار در سال بوده است. جیتاس^۲ و همکاران (۲۰۰۰)، مطالعه‌ای پیرامون تخمین خطر فرسایش خاک با استفاده از مدل USLE در یونان انجام دادند که نتایج به دست آمده حاکی از خطر افت خاک بسیار پایین در یونان است. گریم^۳ و همکاران (۲۰۰۳)، خطر فرسایش خاک را با استفاده از مدل USLE در ایتالیا برآورد کردند. نتایج آنها بیانگر خطر افت خاک بسیار پایین در ایتالیا بوده است. دینگیز^۴ و همکاران (۲۰۰۴)، خطر فرسایش خاک را در منطقه گلپاسی^۵، در جنوب آنکارا با استفاده از مدل گرین تخمین زدند. نتایج به دست آمده نشان دهنده این بود که ۷۹/۲٪ از مناطق مورد مطالعه با خطر فرسایش کم، ۲۳/۸٪ خطر متوسط و ۱٪ با خطر فرسایش بالا رویرو است. یوکسل^۶ و همکاران (۲۰۰۸)، با کمک نرم افزار ArcGIS و RS نقشه فرسایش خاک حوضه سد کارتیکایا^۷ در ترکیه را بر اساس مدل گرین تهیه کردند. نتایج به دست آمده از حوضه سد نشان داد داد در حدود ۳۳٪ منطقه در کلاس کم، ۳۵٪ در کلاس متوسط و ۳۰٪ در کلاس بالای فرسایش خاک واقع شده است. در پژوهشی مشابه، پارلک^۸ و همکاران (۲۰۰۳)، فرسایش خاک را در سد کورتبوجاگازی^۹ آنکارا با مدل گرین برآورد کردند. طبق نتایج به دست آمده ۸۳٪ منطقه مورد مطالعه فرسایش کم، ۱۵٪ متوسط و کمتر از ۱٪ در شمال شرق حوضه سد، با فرسایش واقعی خاک بالای رویرو است. بایرامین^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای در آنکارا با مدل گرین، با کمک تصاویر ماهواره طی ۵ دوره مختلف از سال ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۳ خطر فرسایش خاک را بررسی کردند. نتایج پژوهش ایشان حاکی از آن بود که فرسایش خاک در آنکارا در سال ۲۰۰۳، به بیشترین حد خود رسیده و بیش از ۸۵٪ منطقه مورد مطالعه در کلاس بالای فرسایش واقعی خاک قرار دارد. آیدین^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۰)، بر اساس مدل گرین در محیط GIS، فرسایش خاک در حوضه سد استانبول را بررسی کردند. طبق تحقیقات ایشان، فرسایش خاک در حوضه سد از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۳ از ۱۷٪ به ۲۷٪ افزایش داشته است.

یکی از مدل‌های کاربردی تخمین فرسایش خاک و نمایش توزیع فضایی فرسایش خاک، مدل یا روش کرین می‌باشد. این مدل بر پایه معادله جهانی افت خاک(USLE)، توسعه و بسط داده شده است. لازم به ذکر است که مدل گرین

1 Morgan

2 Gitas

3 Grimm

4 Dengiz

5 Globasi

6 Yuksel

7 Kartalkaya

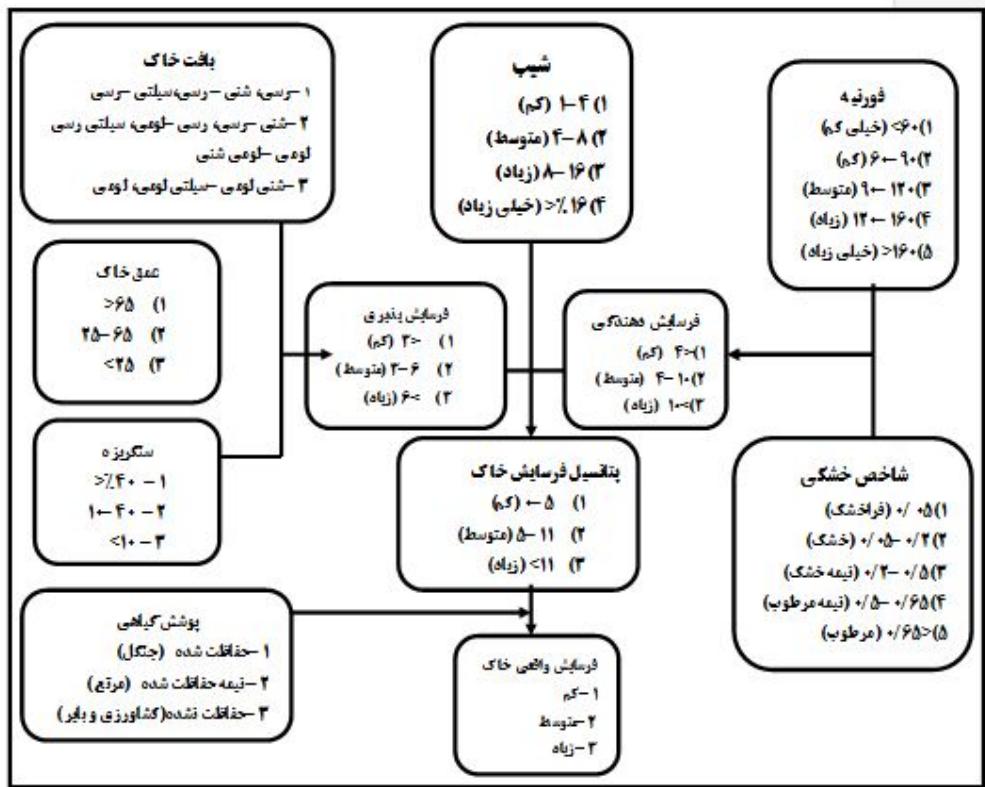
8 Parlak

9 Kurtbogazi

10 Bayramin

11 Aydin

اولین بار توسط مایکل کریکبی^۱ در سال ۲۰۰۱ به کار گرفته شده است. این روش برای محاسبه فرسایش واقعی خاک به عوامل فرسایش پذیری، فرسایش دهنده، شب و پوشش گیاهی یا کاربری اراضی نیازمند می‌باشد. مراحل مدل گرین اصلاح شده که در این پژوهش ملاک عمل قرار گرفته است، در شکل (۱) نمایش داده شده است. داده‌های پوشش گیاهی در مدل گرین یکی از مهم‌ترین پارامترها برای رسیدن به نقشه فرسایش واقعی خاک است؛ چرا که شدت پوشش گیاهی اهمیت بسزایی در کاهش فرسایش دارد (یوکسل و همکاران، ۲۰۰۸: ۴۶۵۹).

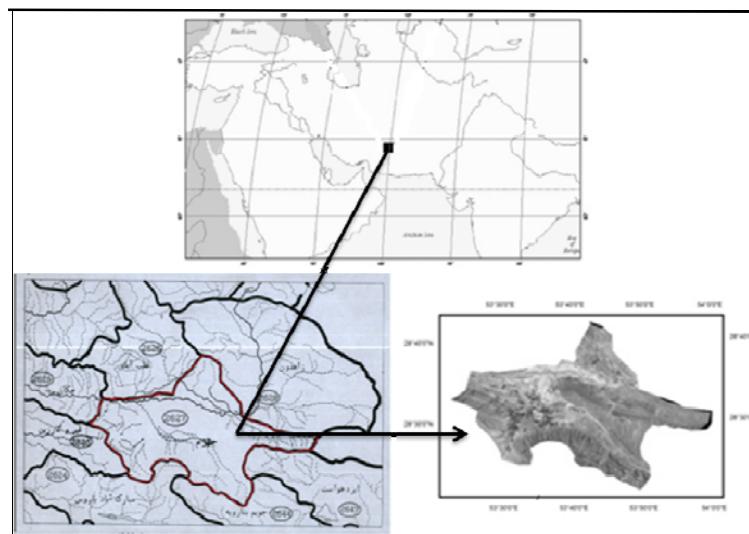


شکل ۱ مراحل الگوریتم گرین اصلاح شده

هدف از این پژوهش بررسی و ارزیابی میزان افت واقعی و پتانسیل خاک در قالب محاسبه عوامل فرسایش دهنده و فرسایش پذیری خاک با استفاده از الگوریتم گرین است. شاید بتوان گفت این پژوهش برای نخستین بار در ایران به منظور تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با روش گرین به کار گرفته شده است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی پژوهش را حوضه آبخیز جهرم با مساحت ۱۰۰۸ کیلومتر مربع تشکیل می‌دهد که در عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۷۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۹۹ دقیقه واقع شده است (شکل ۲). توپوگرافی حوضه را کوهستان و دشت تشکیل می‌دهد که قسمت کوهستانی در جنوب، جنوب غرب و شمال شرق حوضه دیده می‌شود و قسمت‌های شمالی و مرکزی، بخش کم شیب حوضه را در بر می‌گیرد. نواحی دشتی، قسمت‌های شرق و شمالی را شامل می‌شود و در قسمت‌های شرقی شاهد مراتع و زمین‌های مزروعی نیز هستیم. در حوضه آبخیز جهرم به دلیل وجود سازندهای حساس به فرسایش مانند آسماری-جهرم، رازک، چمپه، آغاری، بختیاری و رسوبات کواترنری (شکل ۳)، شواهدی از فرسایش سطحی، شیاری، خندقی، توده‌ای، رودخانه‌ای و انحلالی یافت شده است و با مشکل فرسایش خاک رویه رو است (اداره جهاد کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان جهرم، ۱۳۸۴).

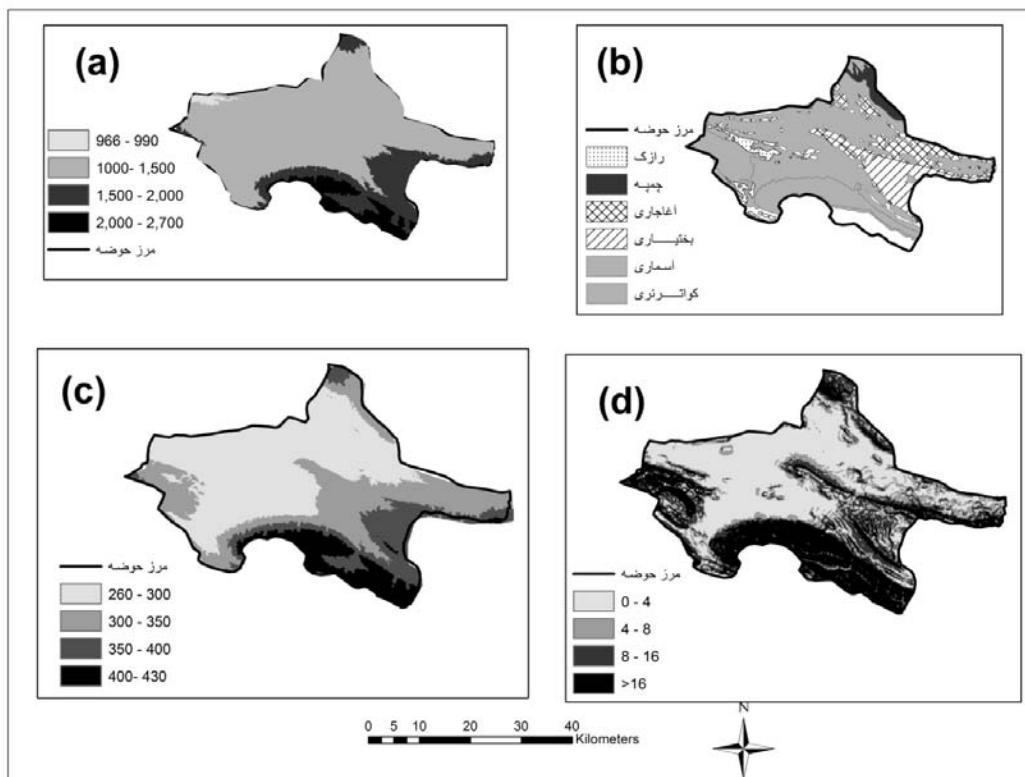


شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

در حوضه جهرم، سازندهای رازک، آغاری و چمپه از سازند گچساران قابلیت رسوب‌زاپی بالای دارند. در مقابل سازند آهکی آسماری جهرم با توجه به ساختار زمین‌شناسی خود از استحکام بالای برخوردار بوده و در کنار آن سازند بختیاری نیز یک درجه کمتر از همین ویژگی برخوردار است. این دو سازند پتانسیل رسوب‌زاپی بسیار کمی دارند. مواد مادری خاک‌های حوضه، از رسوبات آبرفتی دوران چهارم (کواترنر) است. مهم‌ترین رودخانه حوضه، رودخانه فصلی شور که از وسط حوضه می‌گذرد و رودخانه فرعی چاه قوچ است و شیب آبراهه اصلی آن زیاد تا متوسط است. در خصوص ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه و مجاور آن، آمار ۳۵ ایستگاه مورد استفاده قرار گرفته است. در حوضه مطالعاتی، دی ماه سردترین ماه سال و مردادماه گرم‌ترین ماه سال می‌باشد. از نظر دمایی حوضه، دارای دو فصل

سرد و گرم (زمستان و تابستان) و دو فصل متناوب (بهار و پاییز) با دمای متعادل است. دامنه متوسط دمای سالانه ایستگاههای منطقه بین ۱۹/۷ درجه در ایستگاه سروو تا ۲۳/۸ در ایستگاه لامرد و مبارک آباد در نوسان است. متوسط حداقل دمای سالیانه حوضه، بین ۲۶/۲۵ تا ۳۱/۶ درجه سلسیوس در ایستگاههای سروو و مبارک آباد در نوسان است. کمترین میانگین حداقل دمای ماهیانه در (دیماه) با مقدار ۱/۳ درجه سلسیوس در ایستگاه فسا و بالاترین مقدار حداقل دما ماهیانه برابر با ۲۶/۵ درجه (مرداد ماه) در ایستگاه لارستان به ثبت رسیده است. حداقل مطلق دمای ثبت شده برابر با ۴۹ درجه سانتی گراد در ایستگاههای مبارک آباد و حداقل مطلق درجه حرارت ثبت شده برابر با ۷۲ - درجه سانتی گراد در دی ماه در ایستگاه فسا رخ داده است.

متوسط میزان بارندگی از ۲۰۵ میلی متر در بین ایستگاه های لارستان و سروو متغیر است. بیشترین مقدار بارش ماهانه ۹۸ میلی متر در ایستگاه سروو و در دی ماه و کمترین مقدار بارش در غالب ایستگاهها در فصل تابستان ثبت شده است. حداقل بارش ۲۴ ساعته مربوط به ایستگاه فسا در سال آماری ۱۳۶۵-۶۶ رخ داده است. بیشترین بارش ماهانه با ۴۵۱ میلی متر در ایستگاه سروو (آذرماه) به ثبت رسیده است. تبخیر سالانه ایستگاهها بین ۲۱۵۰ میلیمتر (ایستگاه دارب) و ۳۲۶۰ میلیمتر (ایستگاه لارستان) در نوسان است. بیشترین تبخیر ماهانه با ۴۸۹ میلیمتر در تیرماه در ایستگاه لارستان به ثبت رسیده است. به طور کلی بیشترین تبخیرها در فصل تابستان و کمترین آنها در فصل زمستان رخ می دهد. در شکل ۳، نقشه زمین شناسی، طبقات ارتفاعی، شب و مناطق هم بارش منطقه مطالعاتی، نمایش داده شده است.



شکل ۳ نقشه طبقات ارتفاع (a)، نقشه زمین شناسی (b)، نقشه هم بارش (c) و شب (d) حوضه آبخیز جهرم

مواد و روش‌ها

در این مطالعه پس از تعیین محدوده مورد مطالعه و تعیین مرز حوضه آبریز در محیط GIS به منظور تهیه کلیه لایه‌های اطلاعاتی نظری نقشه فرسایش‌دهنگی و فرسایش‌پذیری، با کمک نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع (DEM) محدوده مطالعاتی تهیه شد (شکل ۳). سپس با کمک DEM تهیه شده، شب منطقه در چهار کلاس تهیه گردید (جدول ۱). شایان ذکر است از آنجا که در این مطالعه، عامل شب به عنوان لایه اصلی در برآورد میزان خطر فرسایش بالقوه خاک محسوب شده است و با توجه به اینکه، در تیپ‌های ژئومورفولوژی بسته به شب‌های متفاوت، میزان فرسایش‌دهنگی و با تبع فرسایش‌پذیری خاک متفاوت است، کلاس‌بندی شب با عنایت به درجه شب تیپ‌های ژئومورفولوژی در منطقه صورت گرفت (جدول ۱).

جدول ۱ کلاس‌های شب منطقه بر پایه تیپ‌های ژئومورفولوژی

کلاس کیفی شب	مساحت (km^2)	تیپ ژئومورفولوژی	طبقات شب (%)
کم	۵۰۸	دشت‌سر پوشیده	۱-۴

متوسط	۱۱	دشتسر آپاندائز	۴-۸
زیاد	۹	دشتسر فرسایشی	۸-۱۶
خیلی زیاد	۴۸۰	کوه	>۱۶

پس از تهیه نقشه شیب، نسبت به تهیه لایه‌های مختلف اطلاعاتی که در روش کرین جهت برآورده فرسایش خاک استفاده می‌شود، اقدام شد. با توجه به الگوریتم کرین، دو لایه فرسایش دهنگی و فرسایش پذیری خاک در تهیه خطر فرسایش بالقوه و واقعی خاک همراه با لایه‌های پوشش گیاهی و شیب به کار می‌روند. در این مطالعه، شیوه تهیه لایه‌های مذکور، با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی، در روش کرین، اصلاح گردید (شکل ۱). کلاس‌های شیب، شاخص خشکی و طبقات کاربری با توجه به منطقه مطالعاتی انتخاب و اجرا گردید. در این مطالعه، به منظور تهیه نقشه فرسایش دهنگی از شاخص فورنیه (رابطه ۱) و شاخص خشکی (رابطه ۲) کمک گرفته شده است.

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{Pi^2}{P}$$

Pi =متوسط بارش ماهانه (mm)

i =ماه

P =میانگین بارش سالانه (mm)

جهت محاسبه شاخص فورنیه از آمار بارش ایستگاه‌های موجود اداره هواشناسی بهره گرفته شده است. جدول ۲، آمار بارش ایستگاه اقلیم‌شناسی جهرم را بر اساس آمار و داده‌های اداره هواشناسی فارس و شرکت آب منطقه‌ای استان نشان می‌دهد. آمار هر ایستگاه معرف میانگین ۴۰ ساله آمار بارندگی برای هر ماه است. شاخص فورنیه، به نوعی بیانگر درجه عملکرد عامل فرسایش دهنده خاک است. به عبارتی میزان نقش عامل بارش را در فرسایش دهنگی خاک نشان می‌دهد.

شاخص خشکی فاثو- یونپ^۱ بیانگر عملکرد همزمان تبخیر و بارش در فرسایش دهنگی یک منطقه است. رابطه ۲، شاخص مذکور را که بر حسب متوجه بارش سالانه به متوجه تبخیر و تعرق سالانه است، نشان می‌دهد (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). تبخیر و تعرق بر اساس آمار ایستگاه‌های منطقه مطابق جدول (۳) محاسبه شده است.

$$\frac{P}{ETP}$$

P =متوجه بارش سالانه

ETP =متوجه تبخیر و تعرق

داده‌های اقلیمی شامل متوسط بارش ماهانه و متوسط تبخیر و تعرق، طی یک دوره ۴۰ ساله از ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ و از ۳۵ ایستگاه اقلیمی به دست آمده است که جدول ۲ و ۳ چند ایستگاه را به عنوان نمونه نشان می‌دهد. پس از انجام محاسبات مربوط به شاخص خشکی و شاخص فورنیه، جهت برآورد و تخمین میزان شاخص فرسایش دهنگی، با استفاده از ضرب ارزش‌های عددی طبقات مطابق رابطه ۳، شاخص فرسایش دهنگی محاسبه شده است.

جدول ۲ میانگین بارش سالانه و ماهانه (mm) ایستگاه‌های حوضه آبریز منطقه در دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰

ایستگاه	د	س	م	ج	ب	ت	خ	ف	ا	س	د	آ	پ	ر	ج
جهرم	۱	۲	۱	۱	۷	۲۵	۴۴	۵۴	۷۸	۶۱	۱۲	۱			
بابا عرب	۱	۳	۲	۱	۸	۲۴	۴۳	۵۲	۶۲	۴۵	۹	۱			
فسا	۰	۲	۱	۰	۹	۲۹	۵۳	۶۵	۸۰	۶۰	۱۱	۱			
سرورو	۴	۷	۳	۱	۱۲	۳۵	۶۸	۸۱	۹۸	۷۶	۱۲	۱			
مبارک آباد	۱	۱	۱	۱	۷	۲۲	۴۶	۴۷	۷۶	۶۴	۹	۱			
لارستان	۴/۴	۱۱/۳	۴/۸	۴/۸	۷/۱۹	۲۱/۳	۳۳/۶	۴۲/۲	۴۴/۲	۲۷/۵	۳/۱۹	۱/۵۹			
داراب	۰/۷	۳/۹	۱/۰۹	۱/۳	۶/۷	۳۳/۹	۴۴/۷	۵۸/۹	۶۷/۹	۴۵/۳	۴/۱۳	۰/۳			

جدول ۳ متوسط تبخیر و تعرق سالانه و ماهانه (mm) ایستگاه‌های منطقه در دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰

ایستگاه	مهر	آبان	دی	آذر	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
جهرم	۲۰۴	۳۰۹	۳۸۹	۴۱۸	۳۹۳	۲۴۱	۲۴۲	۱۵۰	۸۶	۶۱	۸۲	۱۲۳	۳۳۸۷
بابا عرب	۲۳۱	۱۴۵	۷۹	۶۳	۸۰	۱۲۰	۱۸۳	۲۸۸	۳۷۶	۴۱۲	۳۸۷	۳۳۷	۲۷۰۱
فسا	۱۷۹	۲۹۴	۴۲۱	۴۵۱	۴۲۵	۳۵۳	۲۴۹	۱۴۲	۶۱	۲۲	۳۳	۶۸	۲۳۱۰
سرورو	۲۹۰	۱۹۴	۱۱۲	۸	۱۰۰	۱۵۱	۲۳۱	۲۳۹	۴۳۲	۴۶۴	۴۳۰	۳۸۹	۳۳۳۱
ملرک آباد	۲۵۴	۱۴۷	۸۲	۶۶	۸۱	۱۱۸	۱۹۱	۳۲۲	۴۲۲	۴۶۱	۴۳۴	۳۷۲	۲۹۰
لارستان	۲۹۴	۲۰۹	۱۱۷	۸۲	۹۳	۱۳۴	۲۲۲	۳۳۸	۴۴۱	۴۸۹	۴۵۷	۳۸۲	۳۳۶۰

۳	.	.	۵۸۸	۵۷	۱۱۵/۴	۱۸۷/۸	۲۸۰	۳۷۲/۶	۳۵۴/۲	۳۲۵/۵	۲۵۴/۸	۱۴۵/۲	داراب
۲۱۵۰													

سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS10 و تابع SPLINE نقاط ایستگاه‌های اقلیمی منطقه، میانیابی و در نهایت نقشه فرسایش دهنگی خاک (Soil Erosivity) با کمک رابطه ۳، تهیه شده است (شکل ۴).

$$Erosivity\ Index = Variability\ Class \times Aridity\ Class$$

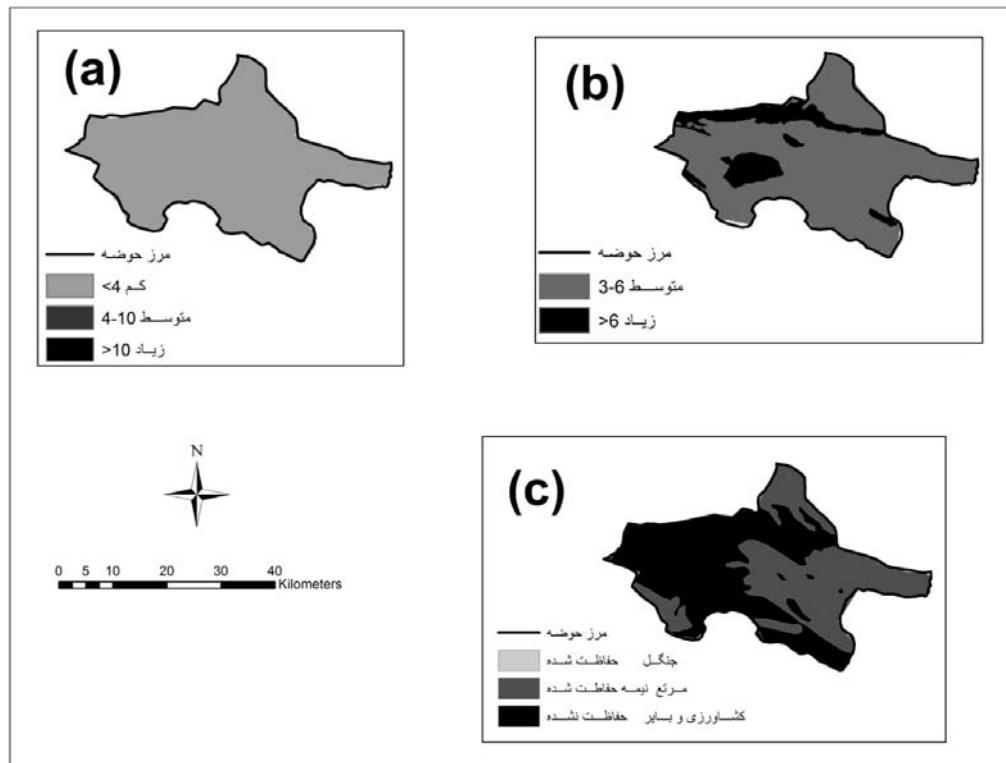
:۳

پس از انجام محاسبه شاخص فرسایش دهنگی در منطقه، باید فرسایش پذیری خاک را نیز برآورد نمود. برای انجام این هدف، با استفاده از شاخص‌های بافت خاک، عمق خاک و درجه سنگلاخی بودن خاک، که بر اساس الگوریتم کرین (شکل ۱) بررسی و با استفاده از اطلاعات نقشه ۱:۲۵۰۰۰ خاک منطقه استخراج شد، نقشه و شاخص فرسایش پذیری خاک محاسبه شده است.

جهت محاسبه شاخص فرسایش پذیری خاک، با استفاده از ضرب ارزش عددی معیارها، مطابق رابطه ۴، شاخص فرسایش پذیری خاک برآورد و نقشه مذکور در محیط GIS تهیه شد (شکل ۴).

$$Soil\ Erodibility\ Index = Texture\ Class \times Depth\ Class \times Stoniness\ Class$$

:۴



شکل ۴ نقشه فرسایش دهنگی (a)، فرسایش پذیری (b) و نقشه پوشش گیاهی (c) حوضه آبخیز جهرم

سپس نقشه پتانسیل فرسایش خاک منطقه (خطر فرسایش بالقوه) از تلفیق نقشه فرسایش‌پذیری خاک (Soil Erodibility)، فرسایش دهنگی (Erodibility)، نقشه شیب، حاصل شده است (شکل ۶). برای این منظور از Raster Calculator استفاده شده است.

جهت برآورد میزان خطر فرسایش واقعی، نیازمند محاسبه میزان فرسایش بر پایه پوشش گیاهی منطقه هستیم. از این رو در این پژوهش، پس از تهیه نقشه خطر فرسایش بالقوه، جهت تهیه نقشه خطر فرسایش بالفعل یا واقعی از نقشه پوشش بهره گرفته شده است. نقشه پوشش گیاهی در ۳ کلاس تقسیم بندی شد: کلاس اول، طبقه حفاظت شده که بیانگر پوشش جنگل منطقه است؛ کلاس دوم منطقه نیمه حفاظت شده که پوشش مرتع را در بر می‌گیرد و بخش اعظم شرق حوضه را به خود اختصاص داده است و گونه رایج آن آستاراگالوس (گون) می‌باشد و کلاس سوم که بیشترین بخش را به خود اختصاص داده است، منطقه حفاظت نشده که شامل بخش کشاورزی و باغ می‌باشد (شکل ۴).

در نهایت نقشه خطر فرسایش واقعی خاک، از تلفیق نقشه خطر فرسایش بالقوه (پتانسیل) خاک و نقشه پوشش گیاهی، حاصل شد (شکل ۶). برای تهیه این نقشه هم مانند نقشه پتانسیل از ابزار Raster Calculator استفاده شده است.

بحث و نتایج

شاخص فرسایندگی فورنیه در حوضه مطالعاتی در حدود ۵۰/۷ محاسبه شد که در کلاس (یک) قرار گرفته است. محاسبه شاخص خشکی ترانسو در حوضه آبخیز جهرم، منطقه اقلیمی خشک را برای حوضه در پی داشت؛ از این رو نقشه فرسایش دهنده حوضه مطالعاتی، با مقدار کمتر از ۴ در کلاس (یک) یا قدرت فرسایندگی کم قرار گرفت.

نتایج به دست آمده از شاخص‌های عامل خاک نشان می‌دهد که بافت خاک در کلاس کم (یک)، عمق در کلاس (سه) کمتر از ۲۵ سانتیمتر و درجه سنگلاخی در کلاس متوسط، قرار گرفته‌اند و در نهایت موجب شده است تا فرسایش‌پذیری خاک حوضه مطالعاتی در کلاس متوسط حساسیت به فرسایش در برابر عامل فرسایش دهنده قرار گیرد. بنابراین ۸۳٪ منطقه مطالعاتی قابلیت فرسایش پذیری متوسطی را دارد هستند.

نقشه شبیه از روی نقشه DEM و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد و طبق مدل گرین اصلاح شده در چهار کلاس طبقه بندی شده است، نشان می‌دهد که ۲۹/۲ درصد از حوضه در شبیه بالای ۱۶٪ (خیلی تندر) واقع شده است و همچنین نواحی که در نقشه فرسایش واقعی کلاس بالای فرسایش را دارند، در این نواحی قرار گرفته‌اند و مناطقی که دارای فرسایش پتانسیل و واقعی کمی هستند در شبیه‌های کمتر از ۴٪ قرار دارند.

تلفیق سه نقشه فرسایش‌پذیری، فرسایش دهنده‌گی و شبیه به نقشه خطر فرسایش پتانسیل یا بالقوه خاک (شکل ۶) منجر شد. در نقشه ذکر شده حدود ۶۸/۲ درصد حوضه آبخیز جهرم که نواحی جنوب، غرب، جنوب‌غرب، شمال‌شرق و بخشی از شمال‌غرب را در بر می‌گیرد، در کلاس بالا و متوسط فرسایش طبقه‌بندی شد. نقشه کاربری پوشش گیاهی (شکل ۴) بر مبنای تقسیم‌بندی سه گانه نشان داد که ۳۹٪ منطقه دارای پوشش مرتعی فقیر تا نیمه فقیر می‌باشد و زمینه فرسایش را قوت بخشیده است.

نقشه واقعی فرسایش خاک حوضه (شکل ۶) که از تلفیق نقشه پوشش گیاهی و نقشه فرسایش پتانسیل خاک تهیه شده است، بیانگر وجود ۷۶٪ فرسایش کم در منطقه مطالعاتی است که شامل نواحی شمالی، شرقی و مرکزی حوضه می‌باشد و ۳٪ منطقه با فرسایش زیاد روبرو است که مناطق جنوب‌غربی و قسمت‌هایی از غرب حوضه را در بر می‌گیرد. در مناطقی که دارای فرسایش واقعی بالایی‌اند در نواحی با بیشترین بارش، بیشترین شبیه و کمترین پوشش گیاهی دیده می‌شود.

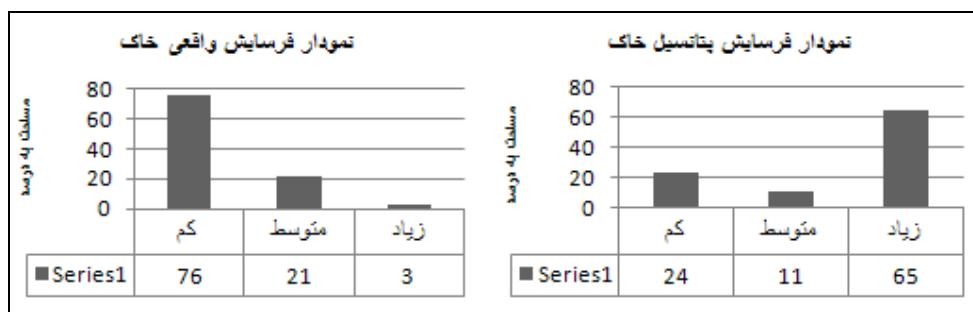
مقایسه فرسایش پتانسیل و فرسایش واقعی خاک

جدول ۴، فرسایش پتانسیل خاک را نشان می‌دهد و طبق داده‌های این جدول، ۲۴ درصد منطقه دارای فرسایش پتانسیل کم، ۱۱ درصد فرسایش متوسط و ۶۵ درصد دارای فرسایش پتانسیل زیاد است که بیشترین مساحت (۶۹۴ کیلومتر مربع) را تشکیل می‌دهد.

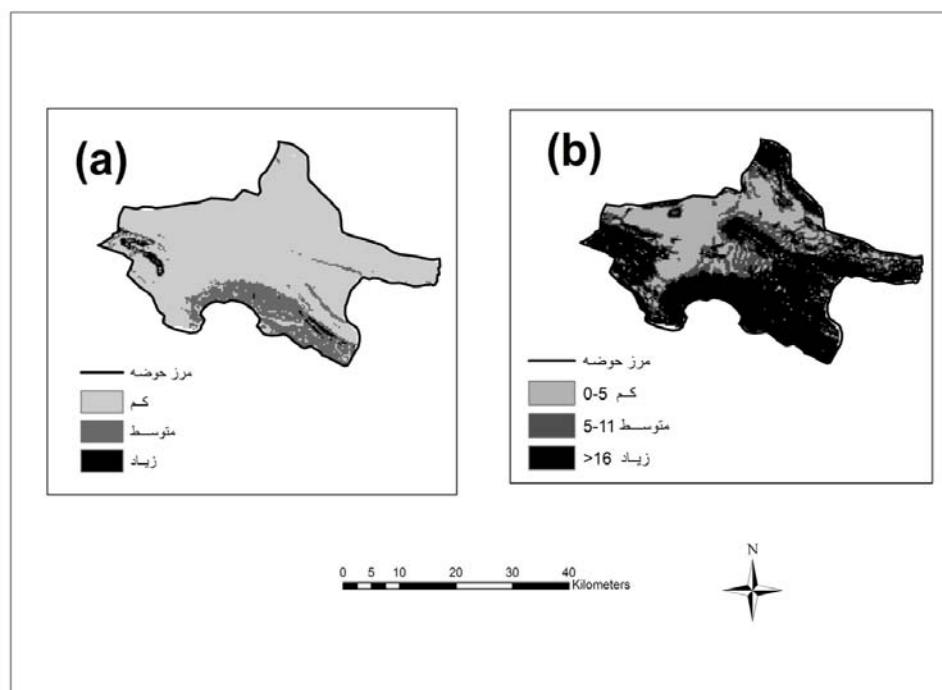
در نهایت نقشه فرسایش بالقوه خاک، با ادغام در نقشه کاربری پوشش گیاهی، منجر به تولید نقشه فرسایش واقعی خاک شد. نتایج نمودار خطر فرسایش واقعی خاک نشان می‌دهد که ۷۶ درصد منطقه دارای فرسایش واقعی کم، ۲۱ درصد متوسط و ۳ درصد با فرسایش زیاد رو به رو هستند (شکل ۵).

جدول ۴ توزیع فرسایش پتانسیل و واقعی خاک در منطقه مورد مطالعه

فرسایش واقعی خاک			فرسایش پتانسیل خاک		
درصد	km^2	طبقه	درصد	km^2	طبقه
%۷۶	۷۴۳	کم	%۲۴	۲۶۴	۰-۵
%۲۱	۲۴۰	متوسط	%۱۱	۵۰	۵-۱۱
%۳	۲۵	زیاد	%۶۵	۶۹۴	>۱۱
%۱۰۰	۱۰۰۸		%۱۰۰	۱۰۰۸	



شکل ۵ نمودار درصد فراوانی فرسایش واقعی و پتانسیل خاک حوضه آبخیز جهرم



شکل ۶ نقشه فرسایش واقعی (a) و فرسایش پتانسیل (b) خاک حوضه آبخیز جهرم

همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود، مقادیر فرسایش واقعی و فرسایش پتانسیل حوضه مطالعه شده با هم متفاوت است و این تفاوت به لحاظ شدن پوشش گیاهی در محاسبه فرسایش واقعی، بر می‌گردد. پوشش گیاهی قادر است فرسایش خاک را کنترل کند. با توجه به شکل ۶، پس از محاسبه فرسایش پتانسیل و واقعی خاک مشاهده می‌شود که بعد از لحاظ شدن لایه پوشش، کلامن کم در خطر فرسایش بالقوه از ۲۴ درصد به ۷۶ درصد در خطر فرسایش واقعی افزایش یافته است و همچنین کلاس زیاد فرسایش بالقوه از ۶۵ درصد به ۳ درصد در فرسایش واقعی کاهش چشمگیری داشته است. نتایج به دست آمده حاکی از نقش بسیار زیاد پوشش گیاهی در فرسایش خاک است و نکته حائز اهمیت این که کنترل پوشش گیاهی تا حد زیادی به انسان بر می‌گردد. بنابراین با اجرا کردن اقدامات حفاظتی و منع کردن بهره‌برداری از مناطق حساس خاک، فرسایش خاک به میزان زیادی کاهش خواهد یافت. عامل‌های شیب، بارندگی و فرسایش‌پذیری خاک از جمله عوامل ذاتی و تعیین کننده حساسیت خاک نسبت به فرسایش است، ولی مهار دو عامل دیگر، یعنی پوشش گیاهی و مسائل حفاظتی در دست انسان است.

این پژوهش با کاربرد GIS و بر اساس مدل گرین اصلاح شده به منظور رسیدن به نقشه فرسایش واقعی خاک تهیه شده است. هرچند که مدل گرین قادر نیست مقدار و میزان تولید رسوبات را تخمین بزند، اما با تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک، توان تجزیه و تحلیل‌ها و اجرای طرح‌های حفاظت محیطی را بالا برده و درک دقیق‌تری از وضعیت منطقه خواهد داد.

نتیجه‌گیری

پس از بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، نقشه فرسایش واقعی خاک حوضه آبخیز جهرم تهیه شده است. شکل (۶) به خوبی نشان می‌دهد اگرچه فرسایش واقعی حوضه کوچکی را در بر گرفته است، اما با سهل انگاری و عدم تمییدات لازم به سرعت جای خود را به محدوده بسیار بزرگی خواهد داد که جبران‌ناپذیر خواهد بود.

نتایج به دست آمده حاکی از نقش بسیار زیاد پوشش گیاهی در فرسایش خاک است و نکته حائز اهمیت این که کنترل پوشش گیاهی تا حد زیادی به انسان بر می‌گردد. بنابراین با اجرا کردن اقدامات حفاظتی و منع کردن بهره‌برداری از مناطق حساس خاک، فرسایش خاک به میزان زیادی کاهش خواهد یافت. عامل‌های شیب، بارندگی و فرسایش‌پذیری خاک از جمله عوامل ذاتی و تعیین کننده حساسیت خاک نسبت به فرسایش است، ولی مهار دو عامل دیگر، یعنی پوشش گیاهی و مسائل حفاظتی در دست انسان است.

این پژوهش با کاربرد GIS و بر اساس مدل گرین اصلاح شده به منظور رسیدن به نقشه فرسایش واقعی خاک تهیه شده است. هرچند که مدل گرین قادر نیست مقدار و میزان تولید رسوبات را تخمین بزند، اما با تهیه

نقشه خطر فرسایش واقعی خاک، توان تجزیه و تحلیل‌ها و اجرای طرح‌های حفاظت محیطی را بالا برده و درک دقیق‌تری از وضعیت منطقه خواهد داد.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان مقاله، از شرکت مهندسین مشاور پورآب فارس، که با حمایت معنوی و در اختیار گذاشتن اطلاعات اقلیمی و خاک، پژوهشگران را در رسیدن به اهداف پژوهش حاضر یاری رساندند، کمال تشکر را دارند.

References

- Attanda Mouinou Igue., 2002. "The Qualitative Assessment of water erosion risk in moist savanna of Benin". 12th ISCO conference Beijing
- Aydin, A., H.B. Tecimen., 2010. Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmali dam watershed. Istanbul, Environmental Earth Science journal 61, 1457-1465
- Bayramin, I., G. Erpul., H.E. Erdogan., 2006. Use of CORINE Methodology to Assess soil Erosion Risk in the Semi- Arid Area of Beypazari. Ankara, Turk J Agric 30, 81-100
- Cartagena, D. F., 2004. "Remotely sensed land cover parameter extraction for watershed erosion modeling". www.itc.nl
- Dengiz, O., S. Akgul., 2004. Soil erosion risk assessment of the Golbasi environmental protection area and its vicinity using the CORINE model. Turk J Agric 29, 439-448.
- Dogan, O., 1998. Sustainable policies for soil resource management in Turkey. GDRS 212, Research Institute-Ankara.
- Ekhtesasi, MR., A. Sepehr., 2012. Methods and models of desertification assessment and mapping, Yaz University press, first edition, 290p.
- Gitas, LZ., k. Dourose, C. Minakou., G.N. Silleos, C.G. Karydas., 2000. Multi-Temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model. 8 (1), 40-52
- Grimm, M., R.J.A Jones 2003. Soil erosion risk in Italy: a revised USLE approach. RESEARCH REPORT NO. 11
- Hudson, N., 1981. Soil Conservation. The University of Michigan, 324 p.
- Kahkesh, M., 1997. Assessment of Soil Erodibility Using GIS and RS (Case Study: Dez Dam Basin), MSc Thesis, Tarbiat Modarres University.
- Karami, E., 1994. Soil Conservation and Erosion Control. MSc Thesis, Islamic Azad University, Najaf Abad Branch.
- Malava, J., F. Bonda., 1999. " Proposal for research to support erosion hazard assessment in Malawi", Agricultureal engineering Bunda College of Agriculture, www.ag.arizona.edu
- Morgan, R.P.C., D.D.V. Morgan., H.J. Finney., 1984. A predictive model for the assessment of soil erosion risk. J. Agric. Engng. Res 30, 245-253.
- Parlak, M., Y. Dincsoy., K. Seyrek., 2003. Determination of Erosion Risk According to CORINE Methodology (a case study: KURTBOGAZI DAM). International Congress on River Basin Management, Istanbul, March 2003.
- Rahmatnia, A., 1998. Assessment of Soil Erodibility Using GIS & RS (Case study: west and southern west of Gharasou Basin). MSc Thesis, Tarbiat Modarres University
- Refahi, HG., 1997. Water Erosion and Control, First Edition, University of Tehran Press. 265 pp.

- Rostaei, S., Nikjou, MR., A, Habibzadeh 2011. Investigation of Soil erodibility of Bejoshan Chay Basin based on Fuzzy-GIS. Journal of Geography and planning, Tabriz University 33, 147-173.
- Shahoei, S., 1999. Soil erosion and Production Potential. Organization of Agricultural Research, Education and Promotion, Agri education Press, 120 p.
- Svorin Josfin., 2003. A test of three soil erosion models incorporated in to a geographical information system, Hydrological processes17, university of Copenhagen.
- Yuksel, AI., R. Gundogan, A.E. Akay., 2008. Using the Remote Sensing andGIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey. *Sensors* 8, 4851-4865

پایش و تحلیل روند افزایش شوری خاک در مخروط افکنه دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پیمایشی

محمد شریفی کیا^۱ - استادیار سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

عباسعلی افضلی - دانشجوی کارشناسی ارشد زئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹

چکیده

مخروط افکنه دامغان، واقع در شمال شهرستان دامغان، با توجه به استقرار در ناحیه با اقلیم خشک و همچنین به سبب بهره برداری‌های نادرست از توان‌های محیطی در چند دهه اخیر دچار مخاطره افزایش شوری خاک شده است. در این تحقیق با هدف روندیابی تغییرات زمانی و مکانی افزایش شوری خاک و با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و همچنین داده‌های پیمایشی از ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی تهیه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای شهرستان، مبادرت به تعیین متغیرهای (فاکتورها) تأثیرگذار بر روند افزایش شوری خاک گردیده است. در این راستا ابتدا عامل میزان شوری و روند زمانی افزایش آن از طریق پردازش داده‌های ماهواره‌ای از دو سنجنده ETM+ و آشکارسازی و استخراج شد. یافته‌ها روش ساخت تعداد پیکسل‌های معرف شوری طی بازه زمانی مورد بررسی (۲۰۰۳-۲۰۱۱) به میزان ۵۷/۶ درصد افزایش یافته است. سپس نوع ارتباط پدیده شوری‌زایی بامتغيرهای پوشش گیاهی، سطح آب‌های زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب، مورد ارزیابی و تحلیل (تحلیل شبکه) قرار گرفت. به همین منظور جهت سنجش میزان همبستگی بین شاخص شوری خاک و متغیرهای اثرگذار، هریک به طور جداگانه مورد تحلیل همبستگی قرار گرفت. در این بین تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی بیشترین میزان همبستگی را با شاخص شوری خاک مشخص نمود. در انتها نیز پهنه‌های متأثر از هریک از عوامل اثرگذار مورد ارزیابی و تحلیل فضایی قرار گرفته، مشخص گردید که در افزایش فضایی (مساحت) روند افزایشی شوری خاک، عامل سطح آب‌های زیرزمینی، نقش محوری داشته است.

کلیدواژه‌ها: مخروط افکنه دامغان، شوری‌زایی، سنجش از دور، تحلیل شبکه‌ای، آشکارسازی.

مقدمه

امروزه شور شدن خاک و دگرگونی زمین به یک معضل و مشکل زیست محیطی برای بسیاری از نواحی جهان (براون^۱ و همکاران، ۱۹۵۶:۱۳)، از جمله ایران مبدل گشته است (عبدی‌نام، ۱۳۸۳: ۲). وسعت جهانی خاک‌های درگیر با پدیده افزایش شوری ۷۷ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که از این مقدار ۵۸ درصد آن در بردارنده زمین‌های زراعی آبی است (مترنیچ^۲، ۱۳۰:۳۰۰۳؛ ۲۰۱۱:۵). شور شدن خاک یکی از فرایندهای معمول تغییر و دگرگونی خاک (عبدالفتاح^۳ و همکاران، ۲۰۰۹:۳۴۵) و پدیده مورفولوژیکی آشنا در مناطق کویری و حاشیه کویری است (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). در شرایط اقلیمی با تبخیر و تعرق بیشتر از بارش نمک‌های انحلال‌پذیر در سطح خاک جمع شده و با ایجاد نقصان در حاصلخیزی خاک، محیط و ویژگی‌های خاک را متاثرمی‌سازد (عبدالفتاح، ۲۰۰۹: ۳۵۰). از عواملی که منتج به شوری خاک می‌گردد می‌توان تبخیر و تعرق بالا، وضعیت لیتوژوژیکی سطحی، آبیاری نادرست اراضی نسبت به اقلیم و کیفیت آب را نام برد (مترنیچ، ۱۹۹۷: ۲۵۷۳). به طور میانگین ۲۰ درصد از زمین‌های دنیا متاثر از پدیده شوری است و سرعت شور شدن زمین‌ها در برخی کشورها مانند ایران، مصر و آرژانتین ۳۰ درصد بیشتر از کشورهای دیگر است (مترنیچ، ۲۰۰۱: ۱۶۴). با توجه به اثرات منفی شور و سدیمی شدن خاک در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد در قدم اول به شناخت مناسب از روند تغییرات زمانی و مکانی این پدیده دست یافت. انجام چنین پایشی قبل از هرچیز مستلزم به کارگیری فن و ابزار خاص برای ثبت تغییرات و آشکارسازی نرخ و دامنه آن است. به منظور پایش شوری خاک بهره‌گیری از ابزار نوین سنجش از دوری اجتناب‌نپذیر است. ابزارهای دورسنجی در فرم تصاویر ماهواره‌ای و تولید نقشه‌های موضوعی از این تصاویر به کمک فنون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله اصلی‌ترین و کارآمدترین ابزارها هم از نظر هزینه و هم سرعت و دقت برای پایش و کنترل این پدیده است (دشتکیان، ۱۳۸۷: ۱۵۸؛ دایم پناه و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۰۸). این ابزارها در دهه‌های گذشته به طور فراگیر مورد استفاده و توجه محققین در سطوح جهانی و حتی ملی قرار گرفته، که از جمله کارهای افرادی چون: (مترنیچ، ۲۰۰۱: ۱۶۴؛ موگنت^۴ و همکاران، ۱۹۹۳: ۲۴۴؛ مترنیچ و زینک^۵، ۱۹۹۶: ۱۲۸؛ ورما^۶ و همکاران، ۱۹۹۴: ۱۹۰۶؛ کیلچ^۷ و

1 Brown

2 Metternicht

3 Akhtar Abbas

4 Abdelfattah

5 Mougenot

6 Zinck

7 Verma

8 Csillag

همکاران، ۱۹۹۳: ۲۳۵؛ رائو^۱ و همکاران، ۱۹۹۱: ۴۲۲؛ اپما^۲، ۱۹۹۰: ۳۶؛ اوریت^۳ و همکاران، ۱۹۸۸: ۱۲۸۵؛ مولدرز^۴، ۱۹۸۷؛) می‌توان اشاره کرد.

دسترسی به داده‌های مناسب از جمله اصلی‌ترین چالش‌های انجام مطالعات پایش پدیده شوری خاک در فرم به‌کارگیری فنون دورسنجی محسوب می‌شود. محدودیت در دسترسی به داده با دقت طیفی؛ فضایی و زمانی مناسب در اغلب موارد، پژوهشگران را محدود و مجبور به استفاده از داده‌های باکیفیت‌های نسبتاً اندک از ترکیب این سه مشخصه ضروری ساخته است. در این میان داده‌های ماهواره لندست حاصل از دو سنجنده ETM+ و TM در کنار داده‌های سنجنده ASTER به سبب دسترسی آسان، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (اخترباس، ۲۰۱۱؛ بو عزیز^۵، ۲۰۱۱؛ عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۰۹؛ عبدالقدار^۶، ۲۰۰۶؛ فرناندز^۷، ۲۰۰۶؛ مترنیچ^۸، ۲۰۰۳؛ مترنیچ، ۱۹۹۱؛ عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۰۹). موضوع شوری خاک و استخراج و پایش آن از طریق تصاویر لندست مورد توجه عده زیادی از محققین قرار گرفته است (تاج گردان و همکاران، ۱۳۸۷؛ عبدالنام، ۱۳۸۳؛ مترنیچ، ۲۰۰۱؛ عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۰۹). موضوع پایش و استخراج شوری خاک از طریق تصاویر سنجش از دوری مربوط به سنجنده‌های مستقر بر سکوی لندست و الگوریتم ترکیب باندی آن در سطح منطقه خاورمیانه و خلیج فارس از جمله ایران مورد توجه تعدادی از محققین قرار گرفته است. در این تحقیقات به کمک ترکیب باندهای مرئی و مادون قرمز انعکاسی این سنجنده‌ها اقدام به استخراج عامل شوری و سپس مدل‌سازی آن در محیط نرم‌افزار GIS شده است (ثنایی نژاد، ۲۰۰۹؛ عبدالفتاح، ۲۰۰۹؛ در این مقاله جهت تعیین شاخص تغییرات زمانی و مکانی شوری خاک علاوه بر توجه به موضوع آشکارسازی دامنه و تعیین شاخص شوری خاک از طریق تصاویر ماهواره‌ای به موضوع مهم و موثر مطالعه و بررسی تمامی متغیرهای تأثیرگذار در روند افزایش شوری خاک، مانند شاخص تغییرات پوشش گیاهی، تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی، نوسان در میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی؛ همچنین تحلیل و درونیابی همبستگی و واکنش این عوامل در افزایش شوری خاک توجه شده است.

1 Rao

2 Epema

3 Everitt

4 Mulders

5 Bouaziz

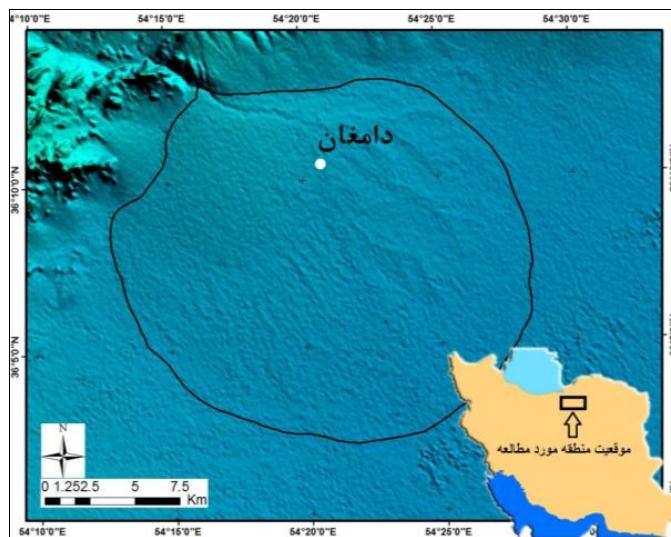
6 Abd El Kader

7 Fernandez

8 Metternicht

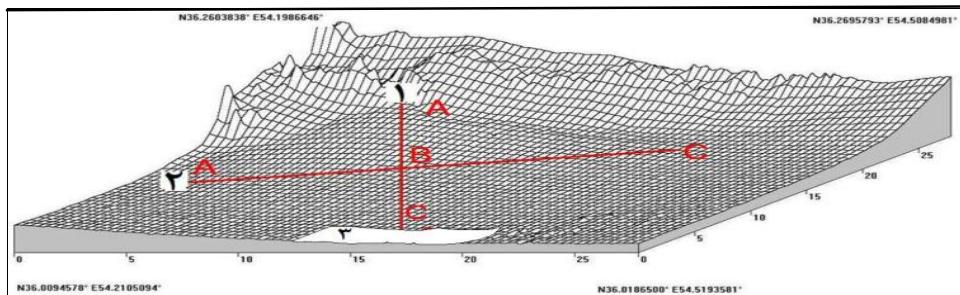
منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه مشتمل بر واحد مرغولوژیکی دشت و مخروط‌افکنه دامغان است؛ که در این تحقیق اصطلاحاً «مخروط‌افکنه دامغان» نامیده می‌شود. این محدوده در شمال استان سمنان، همچنین در شمال شهرستان دامغان و در عرض شمالی 36° درجه تا $36^{\circ}15'0''$ درجه و طول شرقی 54° درجه و $54^{\circ}10'0''$ درجه و $54^{\circ}15'0''$ درجه و $54^{\circ}20'0''$ درجه و $54^{\circ}25'0''$ درجه و $54^{\circ}30'0''$ درجه و $54^{\circ}35'0''$ درجه و $54^{\circ}40'0''$ درجه و $54^{\circ}45'0''$ درجه و $54^{\circ}50'0''$ درجه و $55^{\circ}0'0''$ درجه واقع شده ۳۱ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). مخروط‌افکنه دامغان در جنوب چین خورده‌گی‌های البرز مرکزی واقع شده است. این مخروط‌افکنه بر اثر فعالیت‌های فرسایشی و رسوب‌گذاری رودخانه دامغان رود شکل گرفته که دارای جهت نسبتاً شمالی - جنوبی است. مساحت تقریبی این مخروط‌افکنه مستخرج از تصاویر مورد استفاده حدود ۳۷۶ کیلومتر مربع می‌باشد که از پایکوه‌های جنوبی البرز تا کویر حاج علی قلی در جنوب کشیده شده است (شکل ۱). شبیع عمومی این مخروط‌افکنه $1/1$ درصد می‌باشد که مبنی بر ویژگی‌های خاص هر مخروط‌افکنه بر اساس مقطع شمالی - جنوبی، از نقطه شمالی آن تا مرکز $4/1$ درصد و از مرکز تا نقطه جنوبی $7/0$ درصد است (شکل ۳-الف).

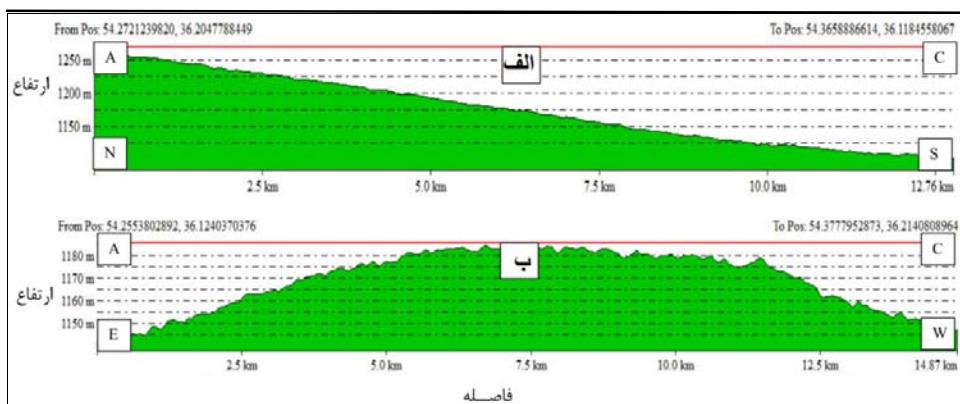


شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

به لحاظ لیتوژوژیکی محدوده مورد مطالعه را عموماً رسوبات کواترنری درشت تا ریزدانه و از نظر ژئومورفوژوژی شامل مخروط‌افکنه‌های قدیمی، مخروط‌افکنه‌های جوان و سطوح فعال مخروط‌افکنه‌ای است. بیشترین وسعت محدوده (58 درصد) به واسطه رسوبات آبرفتی مخروط‌افکنه‌های قدیمی پوشانده شده است؛ در حالی که جوان‌ترین رسوبات در این محدوده مربوط به دشت و کفه نمکی (در قسمت جنوب‌شرقی) و مخروط‌های شنی و ماسه‌ای پای دامنه ارتفاعات شمالی است.



شکل ۲ وضعیت توپوگرافی مخروط افکنه دامغان؛ ۱: موقعیت مقاطع، ۲: کویر حاج علی قلی



شکل ۳ نیم‌رخ‌های توپوگرافی؛ (الف) مقطع شماره ۱، (ب) مقطع شماره ۲

مواد و روش‌ها

در راستای انجام این تحقیق مجموعه‌ای از داده‌های سنجش از دوری به همراه داده‌های پیمایشی و داده‌های استنادی به شرح ذیل مورد استفاده قرار گرفته است:

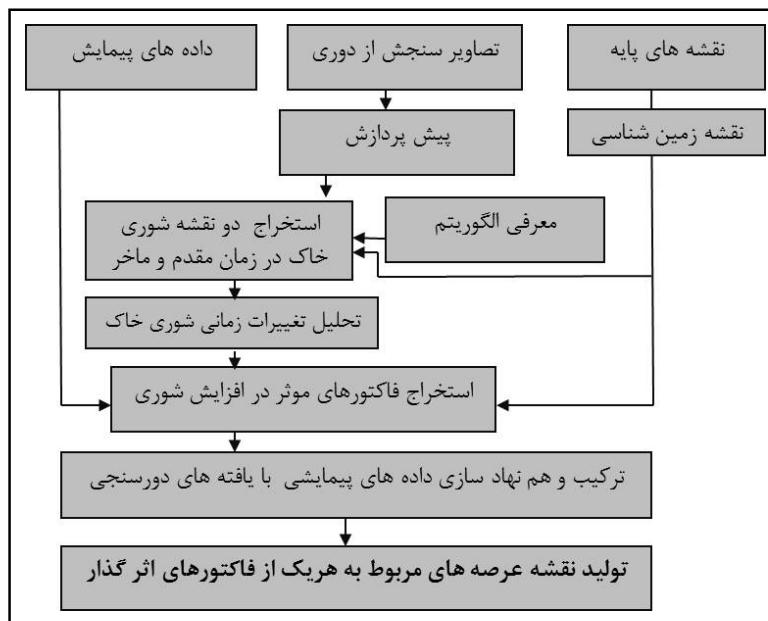
الف) تصاویر ماهواره لندست سنجنده+ ETM از گذر ۱۶۳ و سطر ۳۵ در تاریخ ۱۶ تیرماه ۱۳۸۲ (۲۰۰۳/۷/۲۰) و سنجنده TM در تاریخ ۱۸ تیرماه ۱۳۹۰ (۲۰۱۱/۷/۱۸).

ب) داده‌های پیمایشی همزمان با داده‌های سنجش از دوری مشتمل بر اطلاعات برداشت شده از چاههای بهره برداری و مشاهدهای طی سال‌های ۱۳۸۲-۸۹ متعلق به سازمان آب منطقه‌ای.

ج) داده‌های لیتلولژیکی مستخرج از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی با عنوان دامغان.

د) مدل رقومی ارتفاعی بهینه شده از داده‌های SRTM روش تحقیق در این پژوهش از نوع تاریخی، مقایسه‌ای و تحلیلی است. به همین منظور با پردازش اولیه داده‌های سنجش از دوری و داده‌های پیمایشی، مبادرت به تهیه پایگاه داده‌ای زمین‌آماری در محیط GIS شد. سپس

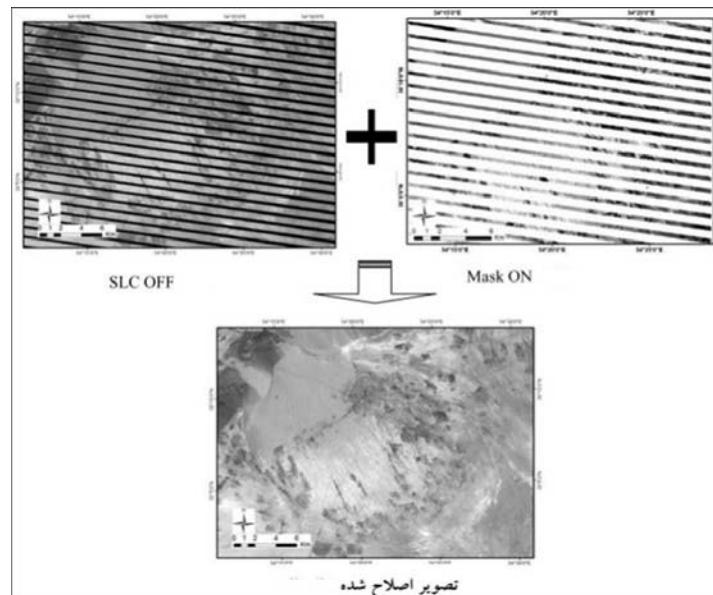
جهت استخراج عوامل موثر در افزایش شوری و تبیین میزان همبستگی آن در ارتباط با عواملی همانند تغییرات سطح زیر کشت (مستخرج از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی^۱، نوسان هدایت الکتریکی آب چاهها، افت سطح و تراز آبی چاهها، اقدام به استخراج و تولید نقشه‌های هم‌شوری از طریق تصاویر دو زمانه سنجش از دوری با به کارگیری الگوی ترکیبی و مدل‌های ریاضی تلفیقی بین باندها گردید(شکل ۷). یافته‌های این مرحله به کمک داده‌های پیمایشی مورد صحت سنجی و تبیین و تحلیل علی افزایش شوری قرار گرفت. تحلیل آماری به منظور تعیین مقادیر همبستگی مابین هریک از عوامل یا متغیرهای مستقل افزایش شوری در ارتباط با فاکتور یا متغیر وابسته مستخرج از تصاویر در فرم شبکه مربعی با ابعاد ۵۰۰ متر (شکل ۸) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نقشه عرصه‌های در معرض افزایش شوری متأثر از هریک از عوامل افزایشی تولید و ارائه شد(شکل ۴).



شکل ۴ نمودار مفهومی روش تحقیق

در این تحقیق به سبب محدود بودن داده‌های پیمایشی فراهم شده توسط سازمان آب منطقه‌ای در بازه زمانی تیرماه ۱۳۸۲ تا تیرماه ۱۳۸۹ تلاش گردید داده‌های سنجش از دوری نیز در همین محدوده زمانی تهیه گردد. بدین منظور دو سری داده قابل دسترس در سایت USGS^۲ از سنجنده TM و ETM+ به شرح تاریخ‌های ذکر شده تهیه گردید. به جهت محدودیت دسترسی به داده از سنجنده TM؛ داده مقدم از سنجنده ETM+ انتخاب گردید. داده‌های تهیه شده به منظور انجام تصحیحات رادیومتریک مورد پردازش اولیه قرار گرفت. به منظور انجام تصحیحات رادیومتریک پس از اعمال فیلتر برای کاهش نویز و یکسان‌سازی داده اقدام به تصحیح جا افتادگی

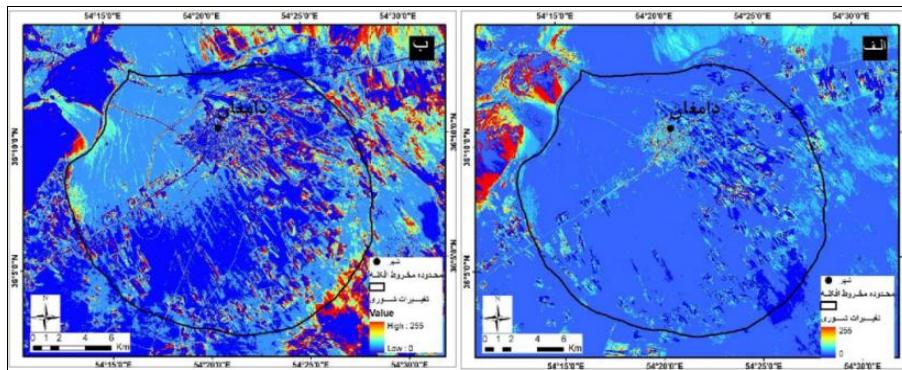
داده در تصاویر سنجنده +ETM به سبب از کارافتادگی SLC شد. این مهم با استفاده از ماسک داده جا افتاده و جایگزین کردن آن با داده موجود در زمان ماقبل، در محیط نرم افزار ENVI و با استفاده از ماژول Gap Fill گردید(شکل ۵).



شکل ۵ تصحیح تصویر SLC OFF با استفاده از ماسک تصویر ماقبل

پردازش تصاویر و استخراج پیکسل‌های معرف شوری

بر اساس یافته‌های محقق قبلی (الخیر^۱، ۲۰۰۳:۴۳) ارقام بازتابندگی ثبت شده در طول موج‌های مادون قرمز میانی در دو مقطع طولی ۱.۵ تا ۱.۷ و ۲.۸ تا ۲.۱ میکرون که در برگیرنده باندهای ۵ و ۷ ماهواره لندست هستند؛ ترکیب مناسبی برای آشکاری سازی پیکسل‌های معرف شوری خاک در اراضی بدون کشت می‌باشد که با اعمال عملیات جبری بر روی این دو باند (B5+B7)/(B5-B7) می‌توان شاخص شوری خاک را استخراج نمود. بر این اساس در این تحقیق عملیات جبری فوق بر روی تصاویر دو زمانه مورد استفاده، با هدف استخراج و آشکار سازی پیکسل‌های معرف شوری اعمال گردید. مبتنی بر اعمال این عملیات دو نقشه سلولی معرف عرصه‌های واجد پیکسل معرف شوری در سال پایه (۲۰۱۱) و سال هدف (۲۰۱۳) فراهم آمد(شکل ۶؛ الف و ب). در مرحله بعد برای تبیین روند تغییرات عامل شوری، ارقام معرف شاخص شوری در تصویر مقدم از ارقام مشابه آن در تصویر مؤخر تقریق شد(شکل ۷).



شکل ۶ شاخص شوری خاک در مخروط افکنه دامغان (الف) سال ۲۰۰۳؛ (ب) سال ۲۰۱۱

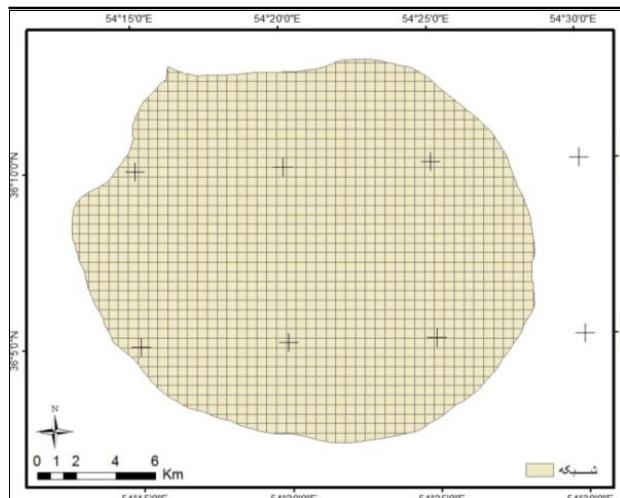
در این تحقیق به منظور تعیین میزان اثرگذاری هریک از عوامل ذکر شده در افزایش شوری خاک، همبستگی مابین هر یک از این عوامل با شاخص شوری خاک مستخرج از تصاویر؛ به طور جداگانه مورد تحلیل قرار گرفت(جدول ۱). عوامل اثر گذار مورد بررسی عبارتند از:

(الف) تغییرپذیری میزان پوشش گیاهی و ارتباط سنجی آن با فرایند افزایش شوری خاک(بدین منظور از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی بر روی دو تصویر مقدم و مؤخر استفاده شد)؛

(ب) تغییر پذیری زمانی و تراز سنجی سطح آب زیرزمینی بهکمک تحلیل داده‌های چاههای مشاهده‌ای؛

(ج) تغییر سنجی هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی و کیفیت سنجی آن.

با هدف افزایش دقیقت در میزان میانگین‌های مربوط به هر فاکتور با استفاده از تحلیل شبکه‌ای در محیط نرم‌افزاری، محدوده مورد مطالعه به پهنه مشبک برداری با ۱۶۸۳ متر تقسیم شد(شکل ۷).

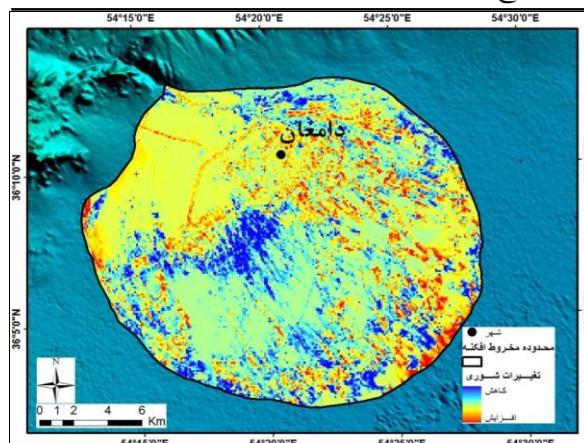


شکل ۷ شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه

سپس به منظور فراهم آوری زمینه تحلیل مکانی همبستگی شاخص شوری با هر یک از عوامل موثر، اقدام به سطح سازی از داده و ارقام نقطه‌ای در محیط نرم‌افزاری گردید. بدین منظور به کمک ابزار درون‌یابی معکوس وزنی فاصله^۱ مستقر بر پلات‌فرم Arc GIS، داده‌های نقطه‌ای حاصل از پیمایش میدانی مربوط به عوامل هدایت الکتریکی و تغییرات سطح و تراز آب‌های زیرزمینی به همراه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی تبدیل به سطح و نقشه سلولی شد. سپس نقشه‌های سلولی با شبکه برداری تهیه شده هم نهاد شدند. از آنجا که اندازه سلول در نقشه‌های مربوط به عوامل اثرگذار به مراتب کوچک‌تر از اندازه شبکه برداری است، ارقام مجموع سلول‌های واقع در یک سلول برداری با استفاده ازتابع Zonal Statistics میانگین‌گیری شده، به عنوان رقم معرف سلول برداری ثبت گردید. در مرحله بعد به منظور تبیین میزان همبستگی تغییرات شاخص شوری مستخرج از تصاویر در محیط نرم‌افزار IDRISI Andes، با عوامل اثر گذار، به طور مجزا مورد آزمون همبستگی قرار گرفته و ضرایب همبستگی استخراج گردید (جدول شماره ۲).

بحث و نتایج

یافته‌های حاصل از تحلیل رستری روند تغییرات شوری نشان می‌دهد که تعداد پیکسل‌های معرف افزایش شوری طی بازه زمانی تحقیق به میزان ۵۷/۶ درصد افزایش داشته که این میزان معادل ۲۱۱ کیلومتر مربع از کل مساحت منطقه را دربرمی‌گیرد (شکل شماره ۷ و جدول شماره ۱). همچنین مشخص گردید ۱۹ درصد از پیکسل‌ها طی این دوره بدون تغییر بوده که این میزان مساحتی بالغ بر ۷۰ کیلومتر مربع از منطقه را شامل می‌گردد. درصد پیکسل‌های معرف شوری نیز در تصویر مقدم به پیکسل‌های غیر معرف شوری در تصویر مؤخر (شوری‌زدایی) با مساحتی به میزان ۸۴ کیلومتر مربع تبدیل شده است (جدول ۱).



شکل ۷ آشکار سازی تغییرات شوری خاک در دوره زمانی ۸ ساله

جدول ۱ مساحت و درصد طبقات تغییرات شوری در بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۱

طبقات تغییرات شوری	مساحت / Km ²	درصد تجمعی
افزایشی	۲۱۱/۵	۵۸
ثابت	۷۰/۹۵	۱۹
کاهشی	۸۴/۵۹	۲۳
جمع	۳۶۷	۱۰۰

همچنین با توجه به شرایط مورفولوژیکی منطقه و تفاوت بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه از نظر عواملی چون میزان سطوح زیر کشت، سطح آب‌های زیرزمینی و میزان هدایت الکتریکی (ناظر به دوری و نزدیکی به حوضه انتهاي حاج على قلی)، در بررسی علل افزایش شوری در منطقه، به عوامل سه‌گانه مذکور استناد شده و با انجام تحلیل شبکه‌ای، نقش وزنی هریک از عوامل تأثیرگذار از طریق تبیین میزان همبستگی آن مشخص گردید(جدول ۲).

جدول ۲ ضرایب همبستگی عوامل تأثیرگذار در افزایش شوری خاک

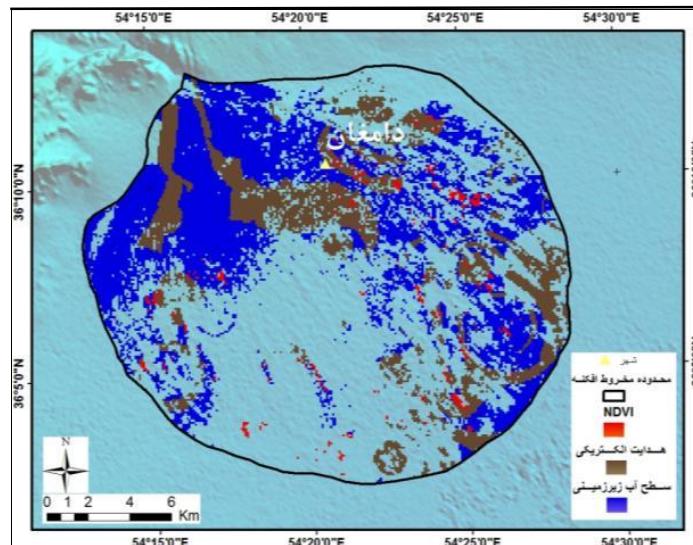
ضرایب همبستگی	عوامل(متغیرها)
۰/۱۸	سطح آب زیر زمینی
۰/۱۷	شاخص پوشش گیاهی
۰/۱۰	هدایت الکتریکی

مبتنی بر ویژگی‌های فیزیوگرافیک و ژئوهیدرولوژیک مخروط‌افکنه دامغان و بر اساس نتایج حاصل از تحلیل داده‌های دورسنجی و پیمایشی؛ با روی هم گذاری پهنه‌های درگیر با شاخص تغییرات شوری برپهنه‌های متأثر از هریک از عوامل اثرگذار (شکل ۹) بیشترین هم‌پوشانی به میزان ۱۵۰ کیلومترمربع را با مقادیر تغییرات سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهند که عمدتاً در بخش‌های شمالی و شرقی منطقه قابل مشاهده است. افت تراز آبی گرچه پدیده آشنایی برای این ناحیه به شمارمی‌رود، لیکن تأثیرگذاری آن در زایش سایر فرایندهای طبیعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یافته‌های این تحقیق مؤید این است که هرگونه تغییر کاهنده در تراز آبی در منابع تخلیه کننده آب زیرزمینی می‌تواند پیامد زیانباری همانند افزایش املاح و شوری خاک متأثر از عوامل همانند تعديل کننده کیفیت آب در اعماق فراهم آورد. این مهم در محدوده مورد مطالعه در سطح قریب به ۱۵۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی (۱۴۹.۷ کیلومتر مربع) با گستره فضایی شمال و شمال شرقی اثرگذار بوده است. عامل هدایت الکتریکی نیز در بخش‌های شمالی و مرکزی و

شرقی نیز در شاخص شوری خاک اثرگذار بوده است. افزایش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب از سطح به عمق منجر به افزایش املاح و افزایش مقادیر هدایت الکتریکی آب شده است. آبیاری با منابع آبی واجد املاح مضاف، شرایط مناسبی برای افزایش شوری خاک در محدوده فراهم آورده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد این عامل در سطح ۵۵۰۰ هکتار از اراضی بخش‌های ذکر شده عاملیت فزایندگی برای شوری خاک داشته است. تبیین تغییرات سطوح گیاهی از طریق تحلیل و استخراج شاخص نرمال شده پوشش گیاهی در محدوده مورد بررسی مؤید تغییر پذیری بسیار اندک و برخوردار از الگوی فضایی پراکنده و غیر نظام یافته است. ثبات در نوع کشت (عمدتاً باغات) و همچنین ثبات در سطوح آن به سبب محدودیت منابع آبی امکان تغییر در شرایط شوری خاک متاثر از این عامل را فراهم نیاورده است؛ به طوری‌که برابر یافته‌های تحقیق این عامل تنها توانسته است در سطح ۵۰۰ هکتار از اراضی اثرگذار ظاهر شود (جدول ۳ و شکل شماره ۹).

جدول ۳ پهنه‌های شور متاثر از عوامل اثرگذار

مساحت Km ²	عوامل اثرگذار
۱۴۹/۷۶	سطح آب زیرزمینی
۵۵/۶۱	هدایت الکتریکی
۴/۵	NDVI
۲۱۰	جمع



شکل ۹ الگوی فضایی تأثیرگذاری عوامل موثر بر تغییرات زمانی شوری خاک

نتیجه گیری

مخروط افکنه دامغان با توجه به استقرار در ناحیه اقلیمی خشک و همچنین به سبب بهره برداری‌های نادرست از توانهای محیطی در چند دهه اخیر دچار مخاطره افزایش شوری خاک شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های سنجش از دوری در بازه زمانی ۸ ساله (۲۰۱۱-۲۰۰۳)؛ منطقه مورد مطالعه با افزایشی معادل ۵۷ درصد در شاخص شوری خاک مواجه بوده است. به بیان دیگر در بیش از ۲۱۱ کیلومترمربع از مساحت ۳۶۷ کیلومترمربعی محدوده مورد مطالعه شوری خاک روند افزایشی داشته است. متأسفانه این افزایش متأثر از روند طبیعی عناصر محیطی حاکم نبوده و دخالت‌های انسانی در آن نقش محوری را داشته است. مبتنی بر تحلیل همبستگی مکانی بین شاخص تغییرات شوری خاک و عوامل تأثیرگذار (تغییرات سطح آب زیرزمینی؛ شاخص نرمال شده پوشش گیاهی و عامل هدایت الکتریکی) روش گردید که محور روند افزایشی شوری خاک متوجه موضوع بهره برداری غیراصولی از منابع آب زیرزمینی است. استخراج همبستگی مثبت بین افزایش شوری خاک و کاهش تراز آبی (منابع آب زیرزمینی) در این تحقیق گواه و میبن تخلیه منابع آب بیش از ظرفیت ترمیمی و برداشت از منابع عمقی و کم کیفیت است. همبستگی مثبت بین افزایش هدایت الکتریکی آب و افزایش شوری خاک نیز تأیید و تاکیدی بر این تحلیل است. تشدید در بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در این ناحیه علاوه بر تأثیرگذاری در عوامل کیفی آب (افزایش هدایت الکتریکی) و تأثیرگذاری بر روند فزاینده شوری خاک، مسئله تعديل توان ایستایی داشت و رخداد پدیده فرونشست را در آینده نزدیکی به دنبال خواهد داشت. همچنین این تحقیق روش ساخت که تغییر در سطح زیرکشت هر چند می‌تواند به عنوان عاملی در افزایش شوری خاک تعریف شود؛ لیکن در سطح ناحیه مورد مطالعه این متغیر بسیار کم اثر ظاهر شده است. پایداربودن الگوی کشت (عمدتاً باگات پسته)، ثابت بودن مدار آبیاری و سازگاری گیاهان با شرایط خاک از جمله عوامل تأثیرگذار در تعديل اثرات این متغیر به شمار می‌رود؛ امری که تداوم آن می‌تواند حداقل تسریع کننده شرایط فرایند شوری خاک به حساب نیامده و در مقایسه با سایر شرایط حالت تعدیلی داشته باشد. حاکمیت شرایط فوق در منابع ارضی ارزشمند ناحیه و شب تند در فزاینده‌گی شوری خاک (افزایش سالانه ۷.۲ درصدی) از یک سو و وابستگی حیات غالب جمعیت ساکن به این منبع ارضی از سوی دیگر؛ شرایط ناپایدار و تهدیدآمیزی از دسترسی به این منبع حیاتی در آتی را پیش روی قرارداده است. شرایطی که به سبب برخوردباری از توان مخاطره آفرینی در الگوی زیست ناحیه می‌تواند از آن به زایش یک مخاطره طبیعی در منطقه تغییر نمود.

تشکر و قدردانی

نویسنده گان از اقدامات و مساعدت های اداره منابع آب شهرستان دامغان در خصوص تهیه داده‌های کمی و کیفی چاههای بهره برداری و همچنین چاههای مشاهده‌ای داشت دامغان تشکر می نمایند.

References

- Abd El Kader Douaoui a, Hervé Nicolas b, Christian Walter., 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134, 217–230.
- Abdelfattah, Mahmoud., Shabbir A. Shahid., R. Othman, Yasser., 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS .A Case Study from Abu Dhabi , United Arab Emirates .European Journal of Scientific Research 3, 343-351.
- Abdinam, Ali.,2005. Study of soil salinity map preparing with correlation between satellite and soil salinity value in Qazvin Plain., journal of Assessing and construction 64, 33-38.
- Ahmed Eldeiry, Luis A. Garcia., 2009. Comparison of Regression kriging and cokriging Techniques to Estimate Soil Salinity Using Landsat Images, Hydrology Days, 27-38.
- Alkheire ,Fuoad., 2003. Soilsalinity detection using satellite remote sensing , International institute for geo-information science and earth observation enschede , Netherland.
- Akhtar Abbas, Shahbaz Khan, Nisar Hussain, Munir A. Hanjra, Saud Akbar., 2011. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach, Physics and Chemistry of the Earth, pp1-10.
- Brown j.w. and Hayward., 1956.salt tolerance of alfalfa varieties. agron j.,48:12-20
- Chen ,W. Z . Hou Laosheng Wu , Y. Liang , Changzhou Wei., 2010. Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China,Agricultural Water Management 97, 2001-2008
- Csillag, F., Pasztor, L., Biehl, L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing Environment* 43, 231–242.
- Daaempanah, Razieh., haghnia, ghalamhosein., Alizadeh, Amin., Karimi, Karooyeh. Alireza.,2012, Analysis of surface soil Salinity and sodic map with RS and geostatistical methods in southern Mahvalat, soil and water publication 3, 498-508.
- Dashtakian, Kazem., Pakparvar, Mojtaba, Abdollah Javad., 2009. Assessing of soil salinity map preparing methods by Landsat satellite data in Moroost region , Scientific publication in desert and grassland 15, (2), 139-157.
- Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., Walter, C., 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134 (1–2), 217–230.
- Epema, G., 1990. Diurnal trends in reflectance of bare soil surfaces in southern Tunisia. *Geocarto International* 4, 33–39.
- Everitt, J., Escobar, D., Gerbermann, A., Alaniz, M., 1988. Detecting saline soils with video imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54, 1283–1287.
- Fernández-Buendía , C. Siebe, S. Cram, J.L. Palacio., 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico, *Journal of Arid Environments* 65, 644–667.
- Melissa Haw, Chris Cocklin, David Mercer., 2000. A pinch of salt: landowner perception and adjustment to the salinity hazard in Victoria, Australia *Journal of Rural Studies* 16, 155-169.
- Metternicht, G., Zinck, J., 1996. Modelling salinity–alkalinity classes for mapping salt-affected topsoils in the semiarid valleys of Cochabamba (Bolivia).*ITC Journal* 2, 125–135.
- Metternicht, G.I, Zinck J.A.,2003,Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints, *Remote Sensing of Environment* 85, 1–20.
- Metternicht, G.I., Zinck, J.A., 1997. Spatial discrimination of salt- and sodium-affected soil surfaces. *International Journal of Remote Sensing* 18, 2571–2586.
- Metternicht,G., 2001. Assessing temporal and spatial changes of salinity using fuzzy logic, remote sensing and GIS. Foundations of an expert system , *Ecological Modelling* 144, 163–179.

- Moncef Bouaziz, Jo ſrgMatschullat, Richard Gloaguen, , 2011. Gloaguen Improved remote sensing detection of soil salinity a semi-arid climate in Northeast Brazil, ComptesRendus Geoscience, C. R. Geoscience 343, 795-803.
- Mougenot, B., Pouget, M., Epema, G., 1993. Remote sensing of salt-affected soils. *Remote Sensing Reviews* 7, 241–259.
- Mulders, M., 1987. *Remote Sensing in Soil Science. Development in Soil Science*. Elsevier, Amsterdam.
- NASA's Landsat Education and Public Outreach team., 2006. How Landsat Images are Made.
- Rao, B., Dwivedi, R., Venkataratnam, L., Ravishankar, T., Tammappa, S., Bhargawa, G., Singh, A., 1991. Mapping the magnitude of sodicity in part of the Indo-Gangetic plains of Uttar Pradesh, Northern India using Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing* 12, 419–425.
- Sanaeinejad, S. H.; A. Astaraei., P. Mirhoseini.Mousavi and M. Ghaemi., 2009. Selection of Best Band Combination for SoilSalinity Studies using ETM+ Satellite Images(A Case study: Nyshaboor Region,Iran).World Academy of Science, Engineering and Technology 54, 519-521
- Shayan, siavosh., sharifikia, Mohammad., Zareh, Gholamreza., 2012.Spatial analysis and salinity morphologic hazard in Garmsar alluvial fan , *Journal of arid region geographical studies* 5, 47-58.
- Taktom, Tajgardan., Ayoobi, Shamsollah., Shetaee, Shaaban., khormali, Farhad., 2009. Preparing soil salinity map with Rsdata ;ETM+(North of agh_ghala, Golestan Province), *Soil and water conservation analysis* 16, (10) , 1-7.
- Verma, K., Saxena, A., Barthwal, A., Deshmukh, S., 1994. Remote sensing technique for mapping salt affected soils. *International Journal of Remote Sensing* 15, 1901–1914.
- Zinck ,J.A., 1997. Monitoring soil salinity from remote sensing data.1st Workshop EARSeL special interest group on Remote sensing for developing countries. 1, 359-368.

مکان یابی محل دفن زباله با توکیب روش میانگین‌گیری وزن دار تقریبی (OWA) و GIS در مشهد

محمد رحیم رهمنا – دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
حسین آقاجانی^۱ – کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
مهندی فتاحی – کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

حفظات از محیط زیست از مهم‌ترین اولویت‌های انواع برنامه ریزی است. در این بین مسئله جا و مکان جغرافیایی بیشترین نقش را دارد و اهمیت آن زمانی دوچندان می‌شود که بی‌توجهی به مسئله اثرات نامطلوب زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری را ایجاد کند. یکی از این موارد مکان یابی محل دفن زباله شهرها و بویژه در پیرامون کلانشهرهاست. در این مطالعه، روش تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر GIS برای انتخاب مکان مناسب دفن زباله در کلانشهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل عوامل محیطی و اجتماعی- اقتصادی است که با استفاده از توابع عضویت فازی استاندارد شده و بر اساس روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و میانگین‌گیری وزن دار تقریبی (OWA) یکپارچه‌سازی و توکیب شده‌اند. روش AHP برای استخراج وزن‌های خصوصیات استفاده می‌شود، در حالی که تابع عملگر OWA در ایجاد دامنه وسیعی از گزینه‌های تصمیم‌گیری برای نشان دادن عدم اطمینان، در ارتباط با اثر متقابل چندین معیار به کار می‌رود. مزیت این روش آن است که سناریوهای مختلف OWA مکان دفن زباله مناسب را در مقیاس بین صفر و یک نشان می‌دهد. سناریوهای OWA برای تعیین کمیت سطوح ریسک پذیری (یعنی، خوشبینانه، بدینانه و ختی) در نظر گرفته شده و برای تسهیل در درک بهتر الگوهایی از گزینه‌های تصمیم‌گیری دخیل در فرایند تصمیم‌گیری را ارایه می‌کند. در نهایت در این نوشتار مکان‌های مناسب بر اساس مدل‌ها در قالب سه سناریو شناسایی شده و جهت استفاده در مکان یابی محل دفن زباله پیرامون کلانشهر مشهد معرفی شده است.

کلید واژه‌ها: مکان یابی، دفن زباله، مجموعه‌های فازی، OWA، AHP

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت شهری ایران به همراه ایجاد مراکز جمعیتی جدید، فقدان سیاست‌گذاری و ارزیابی عملکردها و فعالیتهای گوناگون شهری و تداوم تخلیه انواع زائدات و فاضلاب به محیط زیست از جمله عوامل بحران‌زایی است که محیط زیست طبیعی و کیفیت بهداشت و سلامتی انسان‌ها، به ویژه شهروندان را در معرض خطرات و زیان‌های گوناگونی قرار داده است (عبدلی، ۱۳۷۹: ۱۱). در دهه‌های اخیر با پیشرفت فناوری مدیریت جامع، مواد زاید جامد شهری، از روش‌هایی نظری بازیافت، تیمار بیولوژیکی، تیمار حرارتی و دفن بهداشتی استفاده شده است. امروزه به کارگیری فناوری‌ها و سیاست‌های کاهش تولید مواد زاید وجود مکان مناسب برای دفن بهداشتی در سیستم مدیریت مواد زاید جامد ضروری است. دفن در زمین به عنوان معمول‌ترین روش دفع پسماندهای شهری در اغلب مناطق دنیا رواج دارد. انتخاب محل مناسب جهت دفن مواد زاید جامد می‌تواند از اثرات نامطلوب اکولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی جلوگیری کند. مکان‌یابی محل دفن زباله نیازمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، قوانین و معیارهای قابل قبول است (افضلی، ۱۳۸۷). انتخاب محل دفن زباله فرایند مهمی در برنامه‌ریزی شهری است که بر بخش‌های مختلف اقتصادی، زیست محیطی و بخش‌های بهداشت محیط اثر می‌گذارد (بارلاز^۱ و دیگران، ۱۹۹۶: ۲۹۴؛ کوزنتسوا^۲ و دیگران، ۲۰۰۷: ۷۶؛ گوراه^۳ و دیگران، ۲۰۰۹: ۵۰). در انتخاب محل دفن زباله باید مسایلی همچون دسترسی به زمین، مقررات چندگانه منطقه‌ای و استانی، میزان تولید زباله و همچنین اطلاعات عامه مردم در نظر گرفته شود (لوبر^۴ و دیگران، ۱۹۹۶: ۳۸۰؛ کتسوس^۵ و دیگران، ۲۰۰۳: ۲۶۴؛ شیوک^۶ و دیگران ۲۰۰۸: ۲۶۹۴). سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش ارزیابی چندمعیاره می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و به کارگیری لایه‌های اطلاعاتی مختلف در مرحله مکان‌یابی مورد استفاده قرار گیرند. در ایران، امینی با روش‌های تحلیلی مختلف در GIS به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهر ساری با دو روش بولین و فازی پرداخته است (امینی، ۱۳۸۵). شایسته عظیمیان و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با بهره‌گیری از نرم افزارهای Expert Choice و ArcView اقدام به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهرستان نیشابور نموده‌اند. لایه‌های به کارگرفته شده شامل: زمین شناسی، سطح آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی، راه‌ها، طبقات ارتفاع و شیب است که با مقایسه زوجی معیارهای ارزیابی و نقاط نهایی جهت مکان‌یابی شناسایی گردید. حیدرعلی و دیگران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای عوامل اصلی در مکان‌یابی محل دفن پسماندها را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق توپوگرافی، شیب زمین، جنس خاک، زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوهیدرولوژی، فاصله از منابع آبهای سطحی، مراکز جمعیتی شهری و روستایی، جاده دسترسی و منابع

1 Barlaz

2 Kouznetsova

3 Goorah

4 Lober

5 Kontos

6 Chiueh

تولید پسماندها بوده است. تکنیک به کار رفته در این تحقیق روش برنامه ریزی خطی است که در آن به منظور مکان‌یابی مناسب در محیط ArcGIS با استفاده از برنامه نویسی انجام گرفته است. این مطالعه به منظور دفن زباله‌های خطرناک صورت گرفته که در نهایت ۸ محدوده مشخص گردیده است. افضلی، با روش تحلیل سلسه‌مراتبی به مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری در شهر نجف آباد اصفهان پرداخته است (افضلی، ۱۳۸۷). معمولاً مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاری مکانی بر اساس چندین معیار مختلف ارزیابی می‌شوند. پردازش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری در GIS را می‌توان به عنوان فرایندی که داده‌های مکانی و مقادیر ارزیابی‌ها را با هم ترکیب می‌کند در نظر گرفت. روش‌های مرسوم تجزیه و تحلیل چندمعیاره در GIS مانند عملگرهای همپوشانی بولین و روش‌های ترکیب خطی وزن‌دار^۱ (WLC) در بسیاری از مسائل مکان‌یابی و ارزیابی کاربری‌های اراضی استفاده گردیده است (مالچفسکی^۲، ۲۰۰۴؛ بیداسی و وايت^۳، ۱۹۹۹).

تمامی روش‌های فوق در زمینه مکان‌یابی دفن زباله به نوعی ادبیات کار انجام شده از دهه ۱۹۶۰ و با بهره‌گیری از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی است و هر کدام مرحله‌ای از کار را تا زمان حاضر پوشش داده و در انتهای در قالب مدل OWA ترکیب و تکمیل شده‌اند. اما آنچه مورد سؤال این تحقیق و در تکمیل روش‌های گذشته است "معرفی روشی است که علاوه بر به کارگیری مدل چندمعیاره بتواند طیف وسیعی از انتخاب‌ها را بر اساس تصمیم‌گیری به صورت فضایی نمایش دهد". در این پژوهش، ما بخش دیگری از چارچوب ارزیابی چندمعیاره^۴ (MCE) برای برنامه‌ریزی مکان دفن زباله معرفی کرده‌ایم که میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی^۵ (OWA) نامیده می‌شود (یاگر^۶، ۱۹۹۸؛ ۲۰۱۰)، روش OWA در بسیاری بسیاری از موارد کاربردی نظری رتبه بندی شاخص‌های سلامت و مناطق محروم شهری (بل^۷ و دیگران، ۲۰۰۷؛ ۲۰۱۰؛ ۲۰۰۵؛ ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۰)، فاری سازی کمیت-های زبانی در توسعه مسکونی (مالچفسکی و رینر^۸، ۲۰۰۵؛ ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۰)، مدیریت آب شهری (مارکوپولوس^۹ و دیگران، ۲۰۰۳؛ ۷۳) و نقشه خطر زمین لغزش (گورسفسکی و دیگران، ۲۰۱۰؛ ۱۳۸۷) و انتخاب محل دفن زباله (جمیتزی^{۱۰} و دیگران، ۲۰۰۷؛ ۸۰۰) استفاده شده است.

1 Weighted Linear Combination

2 Malczewski

3 Beedasy&Whyatt

4 Multi-Criteria Evaluation

5 Ordered Weighted Average

6 Yager

7 Bell

8 Boroushaki&Malczewski

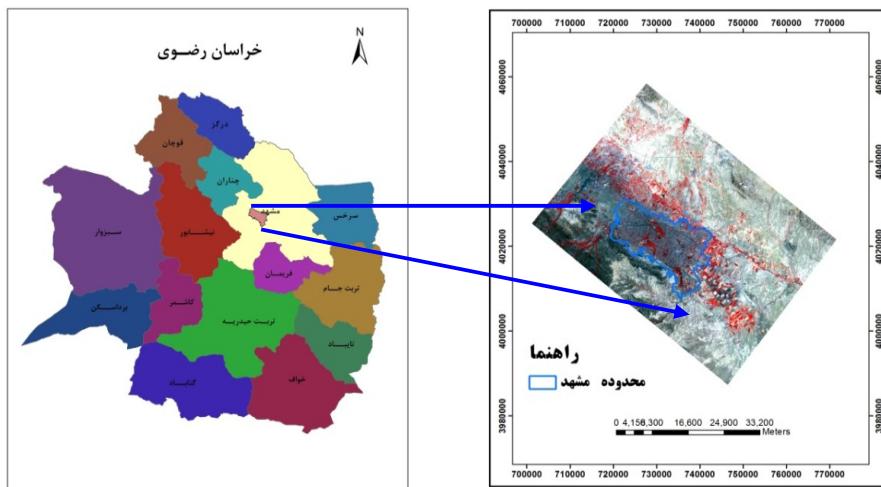
9 Rinner

10 Makropoulos

11 Gemitzi

منطقه مورد مطالعه

کلانشهر مشهد دومین شهر پرجمعیت کشور پس از تهران و بزرگ‌ترین سکونتگاه جمعیتی نیمه شرقی کشور است که بجز درون خود در پیرامون خود سکونتگاه‌های جمعیتی بیشمار و متراکمی را دارد (رهنما، ۱۳۹۰). این کلانشهر ۶۶ درصد جمعیت کل استان و نزدیک به ۶۷ درصد از جمعیت شهری آن را در خود جای داده و بزرگ‌ترین شهر منطقه است (معاونت برنامه ریزی استانداری خراسان رضوی، ۱۳۸۷). محدوده مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع است. با توجه به عنوان تحقیق شعاعی به میانگین ۱۸ کیلومتر پیرامون کلانشهر مشهد با توجه به محدودیت‌های جنوبی و جنوب غربی آن تعیین شده است. وسعت این منطقه حدود ۲۴۶۶ کیلومتر مربع محاسبه شده که در آن شهرهای مشهد، طرقبه، شاندیز و شهرک رضویه (شرقی ترین نقطه شهری مورد مطالعه) قرار دارد. این محدوده به‌دلایلی همچون فاصله از سکونتگاه‌های شهری، محدودیت‌های ارتفاعی پیرامون شهر مشهد و غیره انتخاب و تعیین شده است (شکل ۱). روند افزایش جمعیت، زائرین حرم مطهر امام رضا (ع)، توسعه بی رویه شهر، فرونشی فعالیت‌های تجاری و تمرکز واحدهای صنعتی و اداری در مشهد سبب افزایش تولید زباله گردیده که این نیز تأثیرات مخربی بر کیفیت محیط زیست مشهد بر جای گذاشته است. بر اساس آمارها سرانه تولید زباله در مشهد تا حدی کمتر از سرانه ملی (۶۲۶ گرم در برابر ۷۰۰ گرم سطح ملی) اما حدود دو برابر سرانه جهانی (۳۰۰ تا ۴۰۰ گرم) است (رهنما، ۱۳۹۱). در حال حاضر حجم تولید زباله در شهر مشهد حدود ۱۵۰۰ تن و در ایام اوج ورود مسافرین به مشهد (عید نوروز و تابستان) این رقم به ۲۰۰۰ تن نیز می‌رسد (خدمات شهرداری مشهد، ۱۳۸۹).



شکل ۱ منطقه مورد نظر

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از عوامل محیطی و اجتماعی- اقتصادی به عنوان معیارهای تأثیرگذار در مکان یابی دفن زباله استفاده شده است. به منظور بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره لازم است ابتدا معیارها و شاخص‌های مورد نیاز و البته موجود و اجرایی شناسایی و داده‌های لازم (نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی) تهیه و آماده شوند. پس از تهیه اطلاعات با استفاده از بسته نرم‌افزاری Spatial Analyst از قالب اولیه (Shape) به ساختار رستری برای به کارگیری در مدل‌ها ارزشگذاری شدن. سپس با استفاده از توابع عضویت فازی لایه‌ها استاندارد شده و درنهایت بر اساس روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۱ و میانگین گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) یکپارچه‌سازی و ترکیب شده‌اند. در این تحقیق نوآوری همان معرفی روش OWA است که تا حدود زیادی علاوه بر پوشش روش‌های گذشته چندمعیاره و فازی سازی، گزینه‌های انتخاب مختلفی را در اختیار قرار می‌دهد.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

در آغاز AHP به عنوان یک روش ساده، که به مردم در تصمیم‌گیری‌های پیچیده کمک کند، توسعه داده شده بود. اما بعدها، قدرت و سادگی AHP باعث پذیرش و کاربرد گسترده آن شد (حیبی و دیگران، ۲۰۰۸؛ بنایی، ۱۹۹۳؛ ۳۳۰۷). روش مقایسه زوجی وزن‌دهی بخشی از روش AHP است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی^۲ مطرح شده است. در روش وزن‌دهی مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین می‌شود. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها است (مالچفسکی، ۱۹۹۹). به طور کلی می‌توان یکنواخت کرد که روش AHP شامل سه گام اصلی می‌شود: (۱) ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی (۲) مقایسه دوبعدی عناصر ساختار سلسله‌مراتبی (۳) ارزش‌دهی معیارها. البته مقادیر مربوط به مقایسه دو به دو می‌باشد کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیر اختیاری در نظر گرفته نشوند. روش مقایسه زوجی یک مقیاس اصولی با مقادیر فرد از ۱ تا ۹ برای اولویت‌دهی نسبی دو عنصر سلسله‌مراتب به کار می‌گیرد. در صورت نیاز مقادیر میانه (۲، ۴، ۶ و ۸) بین دو شدت مجاور نیز می‌تواند استفاده شود.

میانگین گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA)

در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، افراد ریسک‌پذیر بر روی خواص مطلوب یک گزینه و افراد ریسک‌گریز بر روی خواص نامطلوب یک گزینه تأکید می‌کنند و آنها را ملاک انتخاب خود قرار می‌دهند (ملرز و چانگ^۳، ۱۹۹۴؛ ۱۶۷-۱۸۴). روش میانگین گیری وزن‌دار ترتیبی OWA قادر به محاسبه میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد و

1 Analytical Hierarchy Proses

2 Saaty

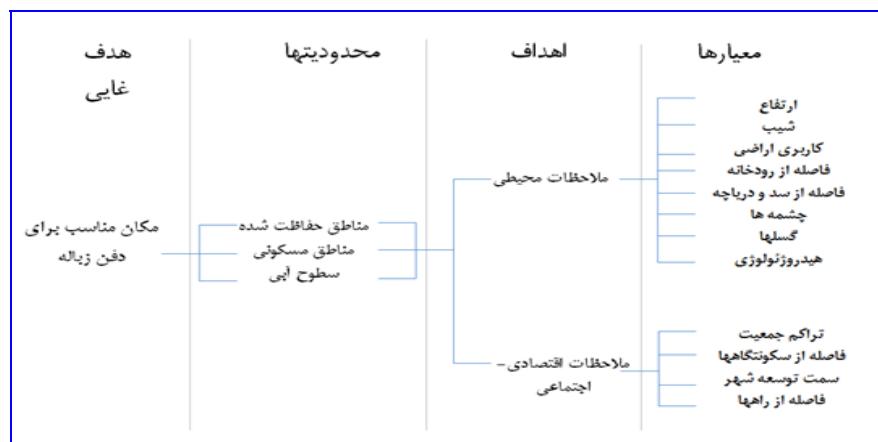
3Mellers& Chang

اعمال آن در انتخاب گرینه نهایی است، این روش بوسیله یاگر معرفی شد. عملگر OWA روشی برای رتبه بندی معیارها و پرداختن به عدم اطمینان اثر متقابل آنهاست (یاگر، ۱۹۹۱، ۱۹۹۹). توانایی روش OWA در این است که منجر به درجه بندی پیوسته سناریوهایی بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری-رسیک ناپذیری) و عملگر اجتماع (رسیک پذیری) می‌شود. این درجه بندی پیوسته بوسیله وزن سراسری (کلی) و محلی انجام شده است. وزن سراسری ابتدا بر اساس قضاوت تصمیم‌گیرندگان و یا از طریق مقایسه زوجی برای کنترل سطح جبران پذیری معیارها نسبت به معیارهای دیگر تعیین می‌شوند؛ در حالی که وزن‌های محلی به طور تدریجی اضافه شده و حذف معیارها و قدرت نفوذ برای کنترل سطح عدم اطمینان و رسیک‌پذیری را فراهم می‌کند. روش OWA ترکیب نسبتاً جدید MCE است که مانند روش WLC بوده، اما دو مجموعه از وزن‌ها را در بر می‌گیرد. اولین مجموعه از وزن‌ها سهم نسبی معیار خاص را کنترل می‌کند؛ در حالی که مجموعه دوم وزن‌ها رتبه تجمع (اجتماع) معیارهای وزن‌دار را کنترل می‌کند (جیانگ و ایستمان، ۱۹۹۹؛ مالچفسکی، ۱۸۴-۲۰۰۰). جاذبه روش OWA این است که محقق می‌تواند بواسطه دوباره مرتب‌سازی و تغییر پارامترهای معیار، دامنه وسیعی از نقشه‌ها و راه حل‌های مختلف و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند. برخلاف همپوشانی بولین که عملگر اشتراک (AND) رسیک پایین را نشان می‌دهد، عملگر اجتماع (OR) رسیک بالا در تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. این روش می‌تواند یک طیف کامل سناریوهای رسیک بین دو حد (مرز) عملگرهای اشتراک (AND) و اجتماع (OR) را به دست دهد (گورسفسکی و دیگران، ۲۰۱۲). اریب نسبی وزن‌های ترتیبی سطح رسیک مرتبط با AND و OR، را می‌توان در پیوستگی بین AND و OR از طریق معادلات در OWA بدست آورد. این معادلات شامل؛ ANDness درجه‌ای است که عملگر OWA شبیه به AND منطقی و ORness درجه‌ای که عملگر OWA شبیه به OR منطقی است را اندازه-گیری می‌کند (رینر و مالچفسکی، ۲۰۰۲؛ جیانگ و ایستمان، ۲۰۰۰). درجه پراکندگی وزن‌ها را سطح TRAD-OFF کنترل می‌کند که اندازه جبران‌پذیری را نشان می‌دهد.

متغیرهای مؤثر بر مکان‌یابی دفن زباله

فرایند مکان‌یابی سالم و بی خطر مکان دفن زباله نیاز به در نظر گرفتن معیارهای گستردۀ و مراحل ارزیابی برای شناسایی بهترین محل در دسترس موجود است و همچنین از بین بردن عوامل آزار دهنده متعاقب آن (به طور مثال، بو، گردوغبار، اشغال، سروصدای، حشرات موذی) و عوارض جانبی دراز مدت (به عنوان مثال، آلدگی محیط زیست محلی از طریق آلدگی آب‌های زیرزمینی و آبخوان‌ها). شکل (۲) ساختار سلسله‌مراتبی فرایند تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد، که شامل چهار سطح، یعنی هدف غایبی، محدودیت‌ها، اهداف و معیارها یا فاکتورهای سطح اول نشانده‌نده هدف غایبی (مکان‌یابی محل دفن زباله) است. سطح دوم نشانده‌نده محدودیت‌هایی است که نواحی جغرافیابی موجود برای مکان‌یابی

دفن زباله دارند. تصمیم‌گیری چندهدفه و چندمعیاره در سطح سوم با دو هدف نشان داده شده است. اولین هدف مربوط به نیاز به محافظت از محیط زیست و دومین هدف شامل در نظر گرفتن عوامل اجتماعی - اقتصادی می‌شود؛ به عنوان مثال، برخی از هدف‌ها که در مطالعات گذشته ذکر شده (چانگ و دیگران، ۲۰۰۸؛^۱ کتسوس و دیگران، ۲۰۰۳؛ ۲۷۰؛ ۲۰۰۹،^۲ و دیگران: ۲۴۲۰). استفاده از ملاحظات طبیعی برای به حداقل رساندن هرگونه آسیب به سلامت بالقوه و خطرات آلدگی به دلیل مجاورت مستقیم یا غیر مستقیم با منابع دفع زباله است؛ در حالی که، اقتصاد رویکردگرا برای به حداقل رساندن ساخت و ساز، عملیات و هزینه نگهداری استفاده شده است. هر هدف، نیاز به تعدادی از عوامل دارد که در سطح آخر شکل نشان داده شده است. شرح مفصلی از عوامل مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۱) و در ادامه آورده شده است.



شکل ۲ ساختار سلسله‌مراتبی معیارهای مطرح شده برای مکان یابی دفن زباله

عوامل محیطی

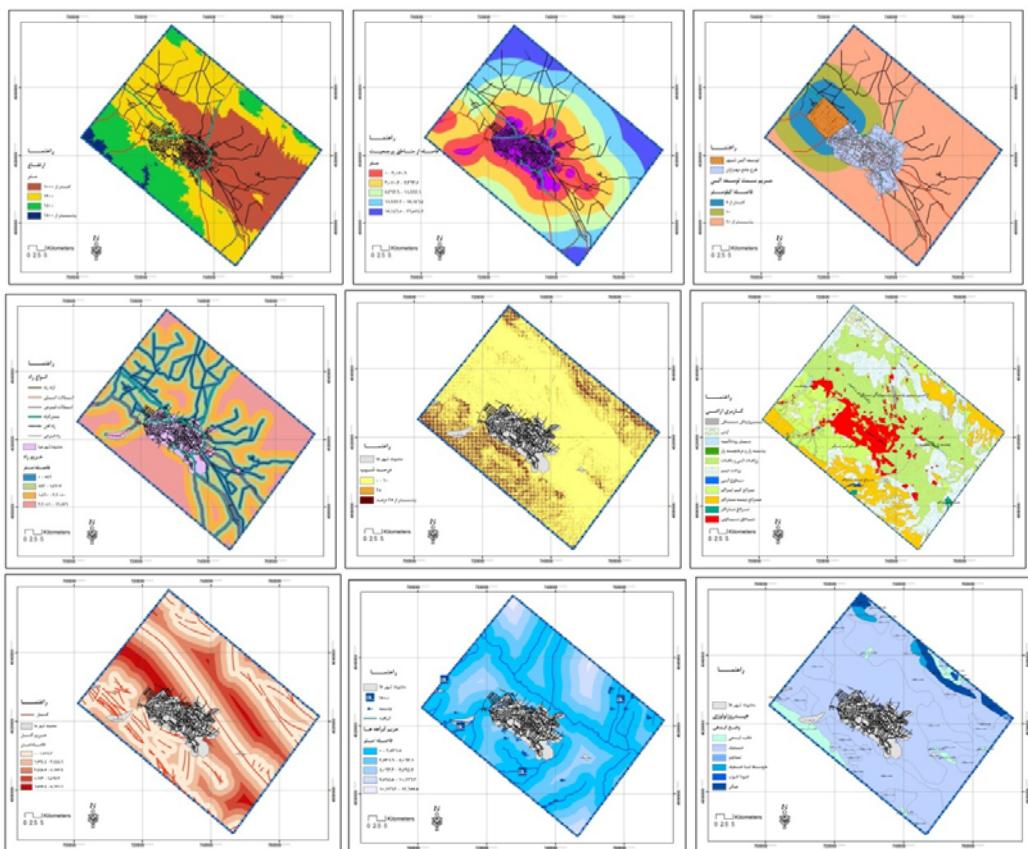
ارتفاع: ارتفاع نقش مهمی در سطح زمین، فرآیندهای جوی و برای استخراج ویژگی‌های محیطی نظیر، شیب، جهت شیب و نقشه اندازه‌گیری درجه نیمrix دارد (گالانت و ویلسون، ۲۰۰۰؛^۱ ۵۱؛ ۲۰۰۸؛^۲ ۲۰۱۷). جدول (۱) نقاط کنترل (b, a) را نشان می‌دهد که حاکم بر شکل تابع درجه عضویت فازی و نوع عضویت توابع استفاده شده برای استاندارد سازی معیارهای است. برای ارتفاع، نوع تابع درجه عضویت J شکل کاهشی که اولین نقطه کنترل (a=۸۰۰) نشان دهنده مقداری است که تابع عضویت شروع به کاهش از عضویت کامل به جزئی می‌کند. نقطه کنترل دوم (b=۱۲۰۰) نشان می‌دهد نقطه‌ای که تابع می‌رسد به عضویت $5/0$ به جای صفر که در بینهایت خواهد رسید. در این مطالعه، انتخاب

1 Guiqin

2 Gallant and Wilson

توابع فازی مناسب و نقاط کنترل مرتبط شامل دانش تخصصی و بازدید یا مرور مطالبی است که در قوانین سازمان محیط زیست کشور و اتحادیه اروپا است. به هر حال، شخص باید درک روشی داشته باشد که راه حل مدل بهینه نیست زیرا انتخاب توابع فازی و نقاط کنترل در میان کارشناسان مختلف می‌تواند متفاوت باشد که می‌تواند بر نتایج مورد استفاده در فرایند تصمیم‌گیری تأثیر بگذارد (گورسفسکی و دیگران، ۲۰۰۶: ۱۳۰).

شیب: شیب بر بسیاری از فرایندهای مهم چشم انداز مانند درصد رطوبت خاک، پتانسیل فرسایش، میزان رواناب و بر سرعت جریان سطحی و زیر سطحی تأثیر می‌گذارد. شیب یک عامل مهم بویژه برای تعیین محل دفن زباله و همچنین پایداری (ثبت) ترکیب وزن مواد (مصالح) است. گرادیان شیب نرخ تغییرات ارتفاع را در جهت نزول سریع که بر حسب درصد بیان شده بود، اندازه‌گیری می‌کند. شیب بوسیله تابع فازی Sigmoidal – decreasing استاندارد شد که بوسیله دو نقطه $a = 10\%$ و $b = 20\%$ کنترل می‌شود. شیب کمتر از 10% مناسب‌ترین (عضویت کامل) و بیشتر از 20% مناسب نیست (عدم عضویت کامل) (جدول ۲). در زیر نقشه انواع معیارها به صورت نقشه تهیه شده است.



شکل ۳ نقشه اولیه انواع معیارها به منظور مکان‌یابی دفن زباله

برای تعیین عضویت نقاط مختلف محدوده در معیارهای مربوطه به شرح جدول زیر تهیه شده است.

جدول ۱ مجموعه عضویت‌های فازی و توابع عضویت با نقاط کنترل استفاده شده برای انتخاب مکان یابی دفن زباله

تابع عضویت فازی	نقطه کنترل b	نقطه کنترل a	معیارها	اهداف
J-shaped – decreasing	۱۲۰۰	۸۰۰	ارتفاع	محیطی
Sigmoidal – decreasing	۲۰	۱۰	شیب(%)	
User defined	-	-	کاربری اراضی	
Sigmoidal – increasing	۳۰۰۰	۱۰۰	فاصله از رودخانه	
Sigmoidal – increasing	۵۰۰۰	۱۰۰۰	فاصله از سد و دریاچه	
Sigmoidal – increasing	۵۰۰۰	۱۰۰۰	چشممه ها	
Linear – increasing	۱۰۰۰	۵۰۰	گسلها	
User defined	-	-	هیدروژئولوژی	
Sigmoidal – decreasing	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	تراکم جمعیت	اجتماعی - اقتصادی
User defined	-	-	سمت توسعه شهر	
J-shaped – decreasing	۵۰۰۰	۱۰۰۰	فاصله از راهها	

فاصله از آب: محل دفن زباله در درازمدت می‌تواند منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی را تهدید کند. برای محاسبه کردن تغییرپذیری در اطراف منابع آبی در این مطالعه، بافرهایی در فواصل مختلف برای هر یک تعیین شد. فواصل بیرون از منطقه حریم آبی با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی محاسبه گردید که در یک خط مستقیم از هر سلول تا نزدیکترین منبع به آن را اندازه می‌گیرد. جدول ۱ نشان می‌دهد که تابع فازی Sigmoidal increasing برای استانداردسازی فاصله مرتبط با رودخانه‌ها، چشممه، سد و دریاچه‌ها استفاده شده است.

فاصله از گسل: گسل‌ها نقش مهمی در پیشگیری از آلودگی دارند. آنها می‌توانند زلزله یا دیگر حرکات زمین را سبب شوند. در این مطالعه، فاصله از گسل‌ها با استفاده از تابع خط مستقیم (اقلیدسی) محاسبه شد؛ پیش از آنکه با استفاده از تابع افزایش خطی استاندارد شوند ($a = ۱۰۰۰$ و $b = ۵۰۰$ متر). فاصله کمتر از ۵۰۰ متر مقدار صفر تخصیص داده شده یا نامناسب در حالی که فاصله ۱۰۰۰ متر و بیشتر با مقدار یک تخصیص یافته یا مناسب‌ترین مکان برای دفن زباله است.

هیدروژئولوژی: وضعیت آبدهی و جنس زمین و نوع سازندهای زمین ساختی در کنار عمق آب زیرزمینی از عوامل و معیارهای رئوهیدرولوژی است که باید در ارتباط با مطالعات مکان‌یابی و بویژه دفن زباله مورد توجه قرار گیرند. در این مطالعه با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی، عمق آب و وضعیت آبدهی به عنوان فاکتورهای رئوهیدرولوژی انتخاب و در معادلات به کار گرفته شد. با توجه به اطلاعات دریافت شده از سازمان آب منطقه‌ای

خراسان رضوی محدوده های با درجات مختلف آبدهی مشخص و فازی سازی شدند. همچنین بر اساس نقشه های سطح آب، نقشه سطح آب محدود تعیین و فازی سازی و در مدل قرار گرفتند.

به منظور مقایسه زوجی و تعیین وزن هر یک از معیارها در تعیین مکان مناسب جدول مقایسه زوجی معیارها تعیین شد که در آن علاوه بر مطالعات قبلی از نظرات کارشناسان خبره در این ارتباط استفاده شد که نتایج آن در جدول (۲) آمده است. نرخ سازگاری هم ۰/۰۶ محاسبه شده که تعیین کننده قضاوت های مناسب برای معیارها است.

جدول ۲ ماتریس مقایسه زوجی برای محاسبه وزن معیارهای محیطی برای انتخاب مکان دفن زباله

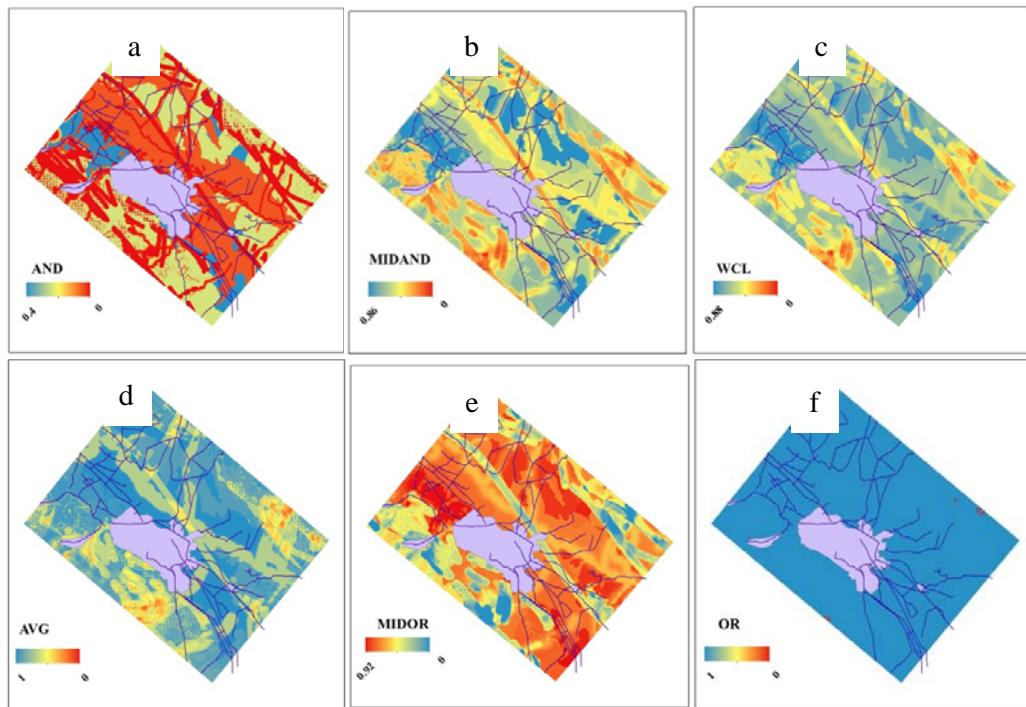
وزن	سطح آب زیرزمینی	چشم	شیب	- آبراهه- رودخانه	کاربری اراضی	هدروژ نولوژی	گسل	ارتفاع	سد	
۰/۱۰۶۷	۰.۵	۱	۲	۱	۱	۲	۰.۳۳۳	۰.۵	۱	سد
۰/۱۴۲	۰.۵	۲	۳	۲	۲	۰.۵	۱	۱		ارتفاع
۰/۱۷۰۱	۳	۲	۵	۳	۱	۰.۵	۱			گسل
۰/۲۳۶۴	۴	۵	۶	۲	۳	۱				هدروژ نولوژی
۰/۱۱۲	۲	۲	۴	۲	۱					کاربری اراضی
۰/۰۶۹۹	۱	۱	۲	۱						آبراهه- رودخانه
۰/۰۳۸۴	۰.۵	۰.۵	۱							شیب
۰/۰۶۳	۱	۱								چشم
۰/۰۷۵۱	۱									سطح آب زیرزمینی

نرخ سازگاری CR=۰/۰۶ <0/۱

جدول ۳ وزنهای OWA استفاده شده برای سطوح کترل جبران پذیری و ریسک متغیرهای محیطی

TRAD-OFF	ORness	ANDness	وزنهای ترتیبی	جواب
۰	۰	۱	(۰، ۰، ۰، ۰، ۰، ۰، ۱)	AND
۰/۹۸	۰.۲۶	۰/۷۴	(۰/۴، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵)	MIDAND
۱	۰/۵	۰/۵	(۰/۱۱، ۰/۱۱/۱۱، ۰/۱۱، ۰/۱۱، ۰/۱۱، ۰/۱۱، ۰/۱۱)	WLC
۰/۹۴	۰/۵	۰/۵	(۰/۰، ۰/۰، ۰/۳۳، ۰/۳۳، ۰/۰)	AVG
۰/۹۸	۰/۷۴	۰/۲۶	(۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵)	MIDOR
۰	۱	۰	(۰، ۰، ۰، ۰، ۰، ۰، ۱)	OR

پس از تعیین وزن زوجی هر یک از معیارها، لایه های تهیه شده از معیارهای محیطی در ۶ حالت و سطح مختلف با استفاده از روش OWA تعیین شد(شکل ۳).



شکل ۳ نقشه های مناسب متغیرهای محیطی که با استفاده از روش OWA (جدول ۳) استنتاج شده است.

عوامل اجتماعی - اقتصادی

نزدیکی به راه؛ مکان های دفن زباله که در فاصله دور از شبکه ارتباطی قرار می گیرند، هزینه های مرتبط با احداث راه های دسترسی جدید و عملیات متعاقب آن را افزایش می دهند. فاصله اقلیدسی از جاده های موجود با استفاده از حداقل فاصله از راه برای هر پیکسل در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. فواصل نزدیک به جاده مقدار عضویت بالا، در حالی که فواصل دورتر مقدار عضویت کمتر تخصیص داده شد.تابع j-shaped decreasing نیز برای فازی سازی استفاده شد که فواصل کمتر از یک کیلومتر مقدار ۱ اختصاص داده شدند؛ در حالی که برای فواصل پنج کیلومتر و فراتر مقدار عضویت از $5/0$ با روند نزدیکی به صفر شروع می شود(جدول ۱).

نزدیکی به مراکز تراکم جمعیت؛ این معیار هزینه های مرتبط با مسافت های اقتصادی از منع تولید زباله را که بر اساس تراکم جمعیت تنظیم شده است، در نظر می گیرد. بنابراین، نزدیکی به منع زباله مدت حمل و نقل را

کاهش می‌دهد و هزینه‌های عملیات اقتصادی را در درازمدت بهتر ترقی می‌دهد (بابان و فلانگان، ۱۹۹۸). برآورد تراکم جمعیت بوسیله تابع چگالی صورت گرفته است. از تابع Sigmoidal – decreasing کنترل (b=۲۰۰۰ و a=۱۰۰۰) برای استانداردسازی استفاده گردید (جدول ۱).

منطقه توسعه آتی شهری؛ شهر مشهد بر اساس دو طرح جامع دارای برنامه می‌باشد که از دهه ۵۰ آغاز و تا ۱۳۹۰ دارای طرح پیشنهادی می‌باشد. طرح جامع اول آن حزا نی که در حال حاضر محدوده اولیه شهر را شامل می‌شد و افق آن ۱۳۷۰ تعیین شده بود. اما طرح دوم که توسعه آتی شهر را تا افق ۱۳۹۰ ترسیم کرده طرح جامع مهرابان می‌باشد که در این مطالعه محدوده سمت توسعه شهر در شمال غربی و بر اساس آن طرح تعیین و در مدل به کار گرفته شده است.

تعیین وزن‌ها و اجتماع معیارها؛ همان‌طور که نشان داده شد، OWA، که یک نوع از WLC است، دو مجموعه از وزن‌ها را به کار می‌گیرد. اولین مجموعه از وزن‌ها، وزن‌های کلی یا جهانی (عمومی) هستند، که اهمیت نسبی فاکتورها را نشان می‌دهند. در اینجا، AHP برای استخراج وزن‌ها و تعیین اهمیت نسبی فاکتورها استفاده شده است. روش‌های مقایسه زوجی پیچیدگی مسائل تصمیم‌گیری را بوسیله ارزیابی اهمیت نسبی دو معیار در یک لحظه با ایجاد یک سلسله مراتب انعطاف پذیر از معیارهای تصمیم‌گیری کاهش می‌دهد (مالچفسکی، ۱۹۹۹). جدول‌های (۲ و ۴) ماتریس مقایسه زوجی، اهمیت نسبی و وزن‌های مرتبط با فاکتورهای محیطی و اقتصادی را نشان می‌دهند. در جدول (۲) بالاترین وزن‌ها به هیدروژئولوژی، گسل، ارتفاع و کاربری زمین و در جدول (۴) به تراکم جمعیت و توسعه آتی شهر اختصاص داده شده است که مهم‌ترین فاکتورها هستند. نرخ سازگاری (CR) برای دو جدول به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۲ می‌باشد که نشان دهنده سازگاری قضاوت‌های استفاده شده برای مقایسه است.

جدول ۴ ماتریس مقایسه زوجی برای محاسبه وزن معیارها اجتماعی-اقتصادی برای انتخاب مکان دفن زباله

تراکم جمعیت	تراکم جمعیت	توسعه آتی شهر	وزن
۱	۰.۲۵	۱	۰/۶۲۶۱
راهها	۰.۳۳۳	۰.۵	۰/۱۳۶۵
توسعه آتی شهر	۰.۳۳۳	۱	۰/۲۸

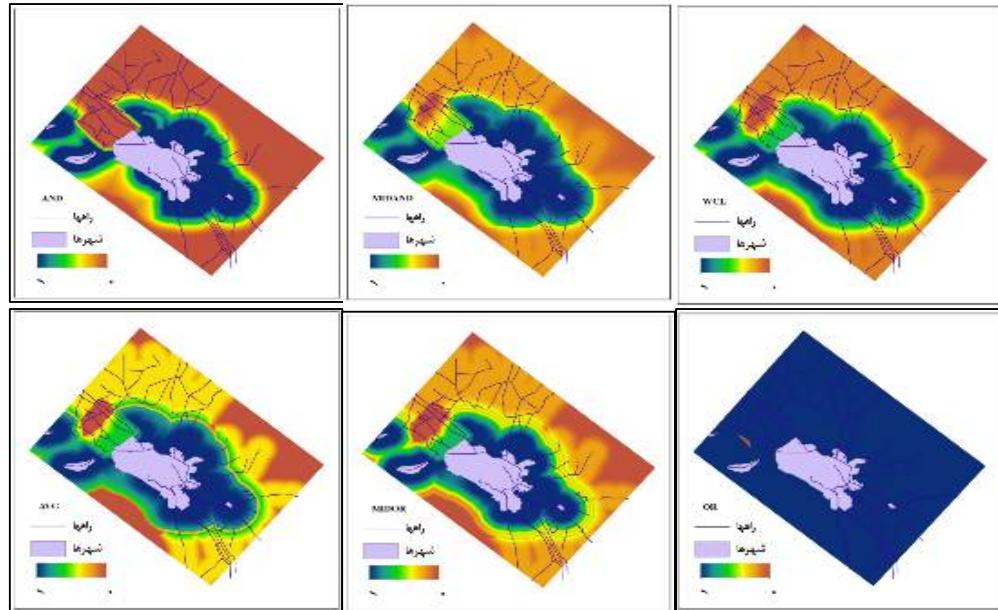
CR=0.02<0.1 - نرخ سازگاری

مجموعه دوم از وزن‌ها، وزن‌های محلی هستند، که بر اساس یک پیکسل اختصاص داده شده، که ترتیب رتبه صعودی فاکتورهای وزن داده شده در اجتماع را کنترل می‌کند. وزن‌های محلی یا ترتیبی، برای فاکتورها بر اساس رتبه بندی AHP اختصاص داده نشدند، بلکه با توجه به رتبه ترتیب‌شان بعد از به کار بردن وزن فاکتورهای (یاگر، ۱۹۸۸؛ مالچفسکی، ۱۹۹۹؛ جیانگ و ایستان، ۲۰۰۰؛ گورسفسکی و دیگران، ۲۰۰۶).

جدول ۵ وزن‌های OWA استفاده شده برای سطوح کنترل جبران پذیری و ریسک فاکتورهای اقتصادی

روش	وزنهای ترتیبی	ANDness	ORness	TRAD-OFF
AND	(۱، ۰، ۰)	۱	۰	۰
MIDAND	(۰/۵، ۰/۳، ۰/۲)	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۹۹
WLC	(۰/۳۳، ۰/۳۳، ۰/۳۳)	۰/۵	۰/۵	۱
AVG	(۰/۲، ۰/۶، ۰/۲۳)	۰/۵	۰/۵	۰/۹۷
MIDOR	(۰/۲، ۰/۳، ۰/۵)	۰/۲۶	۰/۷۴	۰/۹۹
OR	(۰، ۰، ۱)	۰	۱	۰

با تغییر وزن‌های ترتیبی، OWA نتایج اجتماع را بصورت پیوسته تولید می‌کند که در آن نقش تصمیم‌گیری در فضای یک مثلث تصمیم‌گیری بین عملگر AND (ریسک گزیری) و عملگر OR (ریسک پذیری) قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، وزن‌های ترتیبی در تصمیم‌گیری که شامل سه فاکتور است، (۱، ۰، ۰) برای عملگر AND و (۰، ۰، ۱) برای عملگر OR و (۰/۳۳، ۰/۳۳، ۰/۳۳) برای میانگین ریاضی گرفته می‌شود. در نهایت به دلیل اینکه این یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است که معیارهای محیطی و اقتصادی را در بر می‌گیرد، برای تخصیص محل دفن زباله، از روش WLC برای اجتماع نقشه‌های مناسب ایجاد شده بوسیله هر هدف استفاده شد. نقشه‌های مناسب ممکن (شکل ۴) به دست آمده بوسیله این روش در بخش زیر مورد بحث قرار گرفته است.



شکل ۴ نقشه‌های مناسب فاکتورهای اجتماعی-اقتصادی که با استفاده از روش OWA (جدول ۶) استنتاج شده است.

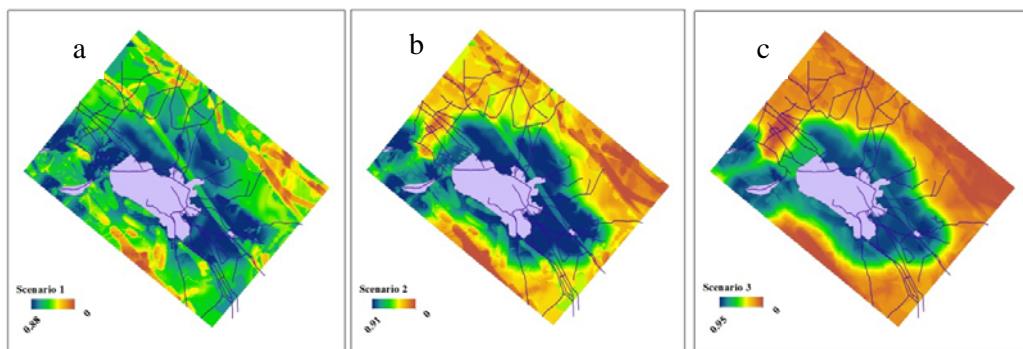
بحث و نتایج

شکل (۳) مجموع شش گزینه تصمیم‌گیری برای محل مناسب دفن زباله مرتبط با فاکتورهای محیطی را نشان می‌دهد. وزن‌های OWA در جدول (۴) نشان داده شده است که برای ایجاد الگوهای مختلف کترل سطوح جبران پذیری و ریسک استفاده شده اند. گزینه تصمیم‌گیری (a) با عملگر AND مرتبط است و یک جواب ریسک گریزی تولید می‌کند. بر طبق این گزینه مناسب‌ترین نواحی برای مکان‌یابی دفن زباله در شمال و شمال غربی و لکه‌های نیز در جنوب شهر مشهد را نشان می‌دهد. راهنمایها در شکل یک درجه(واحد) مناسب از دفن زباله را نشان می‌دهد که احتمال آن در مقیاسی بین دامنه صفر و یک بیان می‌شود. در جدول (۴) مقدار یک برای ANDness اشاره به این دارد که جواب منطبق با AND می‌باشد؛ در حالی که مقدار صفر برای ORness اشاره به این دارد که جواب خیلی دور از OR است. اندازه جبران پذیری صفر نشان‌دهنده عدم جبران پذیری، در حالی که یک نشان‌دهنده جبران پذیری کامل است. گزینه تصمیم‌گیری (b) با جواب MIDAND مرتبط می‌باشد که ریسک در این جواب افزایش می‌یابد و زمین مناسب برای مکان‌یابی محل دفن زباله نیز افزایش می‌یابد. این الگوی جواب اجازه جبران پذیری (WLC) و ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) عرفی در یک فضای تصمیم‌گیری مثلثی را می‌دهد. شکل (۳b) نشان می‌دهد که مناسب برای دفن زباله در مقایسه با گزینه تصمیم‌گیری قبلی افزایش می‌یابد. جواب‌ها با گزینه‌های تصمیم‌گیری (c) و (d) یا AVG و WLC در وسط ریسک پیوسته قرار می‌گیرند و آنها نه جواب‌های مخالف ریسک‌اند و نه ریسک‌پذیر هستند. با این حال، جواب AVG کمی متفاوت از WLC است، زیرا تقریباً جبران پذیری را با این جواب اجازه می‌دهد (جدول ۴). مقایسه نقشه‌های متناظر در شکل (d) و (۳c) نشان می‌دهد که گزینه AVG ناحیه وسیع‌تری برای مکان‌یابی دفن زباله تولید می‌کند. مجموعه گزینه تصمیم‌گیری پیوسته بعدی جواب‌های ریسک پذیر تولید می‌کند. جواب MIDOR در شکل (۳e) بین WLC و OR قرار می‌گیرد که تقریباً اجازه جبران‌پذیری را می‌دهد، و OR در نهایت تضاد از جواب AND است. نواحی مناسب برای مکان‌یابی دفن زباله با این گزینه وسعت فضایی زیادی را در بر می‌گیرد و شامل انواع کاربری زمین می‌شود. در نهایت، در آخر این زنجیره جواب OR است که بیشتر نواحی ورودی را به عنوان مکان مناسب برای مکان‌یابی دفن زباله توصیه می‌کند (شکل (۳f)).

همچنین شکل (۴) مجموع شش گزینه تصمیم‌گیری برای مکان مناسب دفن زباله مرتبط با فاکتورهای اجتماعی - اقتصادی را نشان می‌دهد. وزن‌های OWA در جدول (۶) نشان داده شده که برای ایجاد الگوهای مختلف و کترل سطوح جبران‌پذیری و ریسک استفاده شده است. همانند شکل (۳)، گزینه تصمیم‌گیری (a) جواب عملگر AND است، گزینه (b) جواب MIDAND است، گزینه (c) جواب WLC است، گزینه (d) جواب AVG، گزینه (e) جواب MIDOR و گزینه (f) جواب عملگر OR است. نتایج به دست آمده بوسیله سناریوهای پیشنهادی مختلف

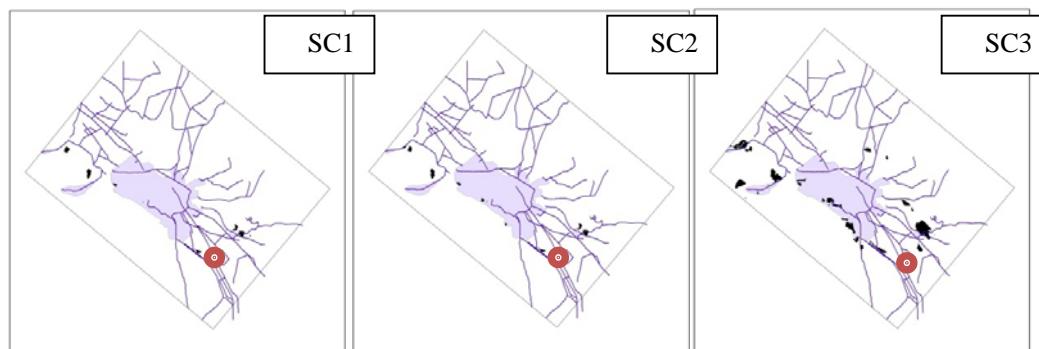
نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری با ریسک پایین با کمترین نواحی ممکن مرتبط می‌شود، زیرا تجمع نیاز به شایستگی بالا در همه فاکتورها دارد. از طرف دیگر، تصمیم‌گیری با ریسک بالا بیشترین نواحی ممکن را توصیه می‌کند، زیرا این نوع از تجمع (اجتماع) نیاز به یک فاکتور با شایستگی بالا دارد.

شکل (۵) یکی از حالات سناریوی تجمع ممکن برای اهداف محیطی و اقتصادی را به صورت تلفیقی نشان می‌دهد. نقشه‌ها در شکل (۵) با استفاده از گزینه‌های WLC در شکل‌های (۳C و ۴C) و سناریوهای مختلف ایجاد شده بوسیله وزن‌های متفاوت به کار برده شده برای اهداف را نشان می‌دهد؛ مثلاً در گزینه (a) وزن ۷۵/۰ برای هدف محیطی و وزن ۲۵/۰ برای هدف اقتصادی به کار برده شده است، گزینه (b) وزن‌های مساوی استفاده می‌کند و گزینه (c) وزن ۲۵/۰ برای هدف محیطی و وزن ۷۵/۰ برای هدف اقتصادی استفاده شده است.



شکل ۵ لایه‌های تلفیقی نهایی محیطی و اجتماعی - اقتصادی در سه سناریو با WLC

شکل (۵) همچنین درصد نواحی دسته‌بندی شده مناسب بوسیله مقادیر عضویت فازی را نشان می‌دهد. به منظر دستیابی به نمایش بهتر مکان‌های مناسب سه سناریو در قالب نقشه در شکل (۶) ارایه شده است.



شکل ۶ سناریوهای نهایی مکان دفن زباله در نمایشی مشخص تر

در مطالعه، محل دفن زباله در وضع موجود نیز با محدوده های تعیین شده بر اساس مدل مورد ارزیابی قرار گرفت و مقایسه آن نشان می دهد که این محدوده بجز در سناریوی ۳ که با ریسک بیشتری تولید شده است، با دیگر سناریوها هیچ انطباقی ندارد.

جدول ۶ وسعت و درصد هر یک از نقاط بهینه به دست آمده از مدل در سه سناریو

SC3	SC2	SC1	وسعت(هکتار)
3040.5	543.3	491.5	وسعت(هکتار)
1.233	0.22	0.199	درصد از کل

نتیجه‌گیری

این پژوهش کاربردی از روش ارزیابی چندمعیاره بر اساس GIS، برای تعیین و تخمین پتانسیل مکان‌های مطلوب دفن زباله در منطقه مشهد را ارائه می‌کند. به طور خاص، مورد مطالعه کاربردی از روش‌های تجمعی AHP/OWA برای تولید طیف گسترده‌ای از گزینه‌های تصمیم‌گیری برای مسائل دفن زباله مناسب ارائه کرده است. روش AHP برای ارزیابی اهمیت معیارها و ایجاد وزن‌های کلی استفاده می‌شود، که این در ارتباط با وزن‌های محلی در روش OWA برای تولید گزینه‌های تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند. روش تجمعی AHP/OWA شامل عدم قطعیت از طریق تابع عضویت فازی و نظرات کارشناسان است. علاوه بر این، وزن‌های محلی برای ارائه اهرمی برای کنترل سطح عدم قطعیت همراه با گزینه‌های تصمیم‌گیری مختلف و ریسک پذیری (یعنی، خوشبینانه، بدینانه و خشی) استفاده می‌شوند. در این پژوهش، انتخاب متغیرها برای کاهش داده‌ها محدود شده بود و برخی از متغیرهای کلیدی حذف شده است که می‌تواند بر گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری اثر بگذارد. اما خروجی‌های این مدل می‌تواند در ادامه نیز مورد ارزیابی و بر اساس معیارهای دیگری که در مدل به کار گرفته نشده‌اند نیز مد نظر قرار گیرد و سناریوی انتخابی نهایی را مشخص نماید.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد هدف از این روش پیدا کردن یک جواب بهینه تنها نیست، اما نقطه قوت دیگری مرتبط با وزن‌های انعطاف‌پذیر روش OWA را نشان می‌دهد؛ به عنوان مثال، روش OWA یک مجموعه ابزار قوی تعاملی برای تنظیم جبران پذیری و جبران کردن بین معیارها را فراهم می‌کند که اجازه ارزیابی سریع و شرح سناریوهای ممکن و روابط بین معیارها را می‌دهد. نقاط قوت دیگر این روش شامل توانایی یکی کردن مجموعه داده‌های همگن مانند معیارهای کیفی و کمی با استفاده از دانش تخصصی، انعطاف‌پذیری لازم برای انتخاب معیارهای خاص برای مناطق مورد مطالعه مختلف یا مسائل مختلف مطرح شده، برای اجرای یک یا یک گروه تصمیم‌گیری، انعطاف‌پذیری برای تغییر سطح اهمیت معیار و آزادی برای توسعه سناریوهای مدلسازی مختلف برای سطوح قابل قبول ریسک‌های تصمیم‌گیری می‌شود. به هر حال، از آنجایی که مکان‌یابی دفن زباله به معیارهای مختلف

و به نفوذ نظرات عمومی و سیاسی در رابطه با تجزیه و تحلیل علمی بستگی دارد، فرض ماست که این روش، پتانسیل قابل توجهی برای حمایت از پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری کاربردهای دنیای واقعی دارد.

References

- Mashhad Municipality, Department of Planning and Development., 2010. Statistics of Mashhad Metropolitan.
- Afzali, A., 2008. The Application of GIS and AHP in Urban Waste Exclusion Site Selection, Study Area (NajafAbad). Esfahan University, Department of Natural Resources.
- Amini,M., 2006. Site Selection of Urban Solid Waste Exclusion by Remote Sensing technology and GIS . Tabriz University.
- Rahnama, et. Al., 2012. Analysis Strategy of Mashhad Local Environmental Management –in terms of SWOT. Second Conference on Environmental Management.
- Abdoli, M., 2000. Urban Solid Waste Exclusion Management. Urban Planning Department of Ministry of Interior.
- Yousefi, Heidarali,et.al., 2010. Geographic Journal of territory. Science-Research.Year VII, No, 26, Summer 2010, p 103.
- Baban, S.M.J., Flannagan, J., 1998. Developing and implementing GIS-assistedconstraints criteria for planning landfill sites in the UK. Planning Practice and Research 13, 139–151.
- Banai, R., 1993. “Fuzziness in Geographical Information Systems: Contribution from the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Geographical Information Science 7 (4), 315-329.
- Barlaz, M., Kaplan, P., Ranjithan, S., Rynk, R., 2003. Evaluating environmental Impacts of solid waste management alternatives. BioCycle 44, 52–56.
- Beedasy,J., D.,Whyatt,,1999. Diverting the tourists: aspatial decision- support system for tourism planningon a developing island. J. Appl. Earth Observ. Geoinform 3 (4), 163–174.
- Bell, N., Schuurman, N., Hayes, M.V., 2007. Using GIS-based methods of multicriteria analysis to construct socio-economic deprivation indices. International Journal of Health Geographics 6 (17). doi:10.1186/1476-072X-6-17.
- Boroushaki, S., Malczewski, J., 2010. Using the fuzzy majority approach for GIS based multicriteria group decision-making. Computers and Geosciences 36, 302–312.
- Calijuri, M.L., 2004. Multi-criteria analysis for the identification of waste disposal areas. Geotechnical and Geological Engineering 22 (2), 299–312.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breedenc, J.B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management 87, 139–153.
- Chiueh, P.T., Lo, S.L., Chang, C.L., 2008. A GIS-based system for allocating municipal solid waste incinerator compensatory fund. Waste Management 28, 2690–2701.
- Gallant, J.C.,Wilson, J. P., 2000. Primary Topographic Attributes. In: Wilson, J. P., Gallant, J. C. (Eds.), Terrain Analysis Principles and Applications. John Wiley & Sons, Inc., NewYork, 51–85.
- Gemitzi, A., Tsirhrintzis, V.A., Voudrias, V., Petalas, C., Stravodimos, G., 2007. Combining GIS, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. Environmental Geology 51, 797–811.
- Goorah, S., Esmyot, M., Boojhawon, R., 2009. The health impact of nonhazardous Solid waste disposal in a community: the case of the Mare Chicose landfill inMauritius. Journal of Environment Health 72, 48–54.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K, R., Mitrovski, C, D and Frizado ,J ,P. 2012. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information Systems for landfill site selection.

- Gorsevski, P.V., Jankowski, P., Gessler, P.E., 2006. An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy processControl and Cybernetics 35, 121–146.
- Gruber,S.,Peckham,S.,2008. Land Surface Parameters and Objectsin Hydrology. In: Hengl,T., Reuter, H.I.(Eds.), Geomorphometry: Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam 171–194.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., Lijun, C., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. Journal of Environmental Management 90, 2414–2421.
- Habibi, K. Lotfi, S. and Koohsari, M. J. 2008 “Spatial Analysis of Urban Fire Station Locations by Integrating AHP Model and IO Logic Using GIS,” Journal of Applied Sciences 8 (19), 2008, 3302-3315.
- Jiang, H., Eastman, R.J., 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteriaevaluation in GIS. International Journal of Geographical Information Systems 14, 173–184.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2003. Siting MSW landfills on LesvosIsland with a GIS based methodology. Waste Management & Research 21, 262–277.
- Kouznetsova, M., Hauang, X., Ma, J., Lessner, L., Carpenter, D., 2007. Increased rate of Hospitalization for diabetes and residential proximity of hazardous waste sites. Environmental Health Perspectives115, 75.
- Lober, D.J., 1996. Why not here? The importance of context, process, and outcome on public attitudes toward siting of waste facilities. Society and Natural Resources 9, 375–394.
- Makropoulos ,C., D.,Butler, 2005. Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making. Environmental Modelling& Software 21 (1), 69–84.
- Makropoulos, C., Butler, D., Maksimovic, C., 2003. A fuzzy logic spatial decisionsupport system for urban water management. Journal of Water Resources Planning and Management 129, 69–77.
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis: Evaluation Criteria and Criterion Weighting. John Wiley & Sons, Inc. 392 pp
- Malczewski, J., Rinner, C., 2005. Exploring multicriteria decision strategies in GISwith linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation. Journalof Geographical Systems 7, 249–268.
- Malczewski, J. C., Rinner. 2005. Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation. Journal of Geographical Systems 7 (2), 249–268
- Malczewski,J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progr. Plann. 62 (1), 3–65.
- Malczewski,J.,1999.GIS and Multi criteria Decision Analysis. John Wiley &SonsInc.,NewYork.
- Malczewski, J., etal. 2003. GIS multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): case study of developing watershed management strategies. Environment and Planning A 35 (10), 1769–1784.
- Mellers, B., and Chang, S., 1994. “Representations of risk judgments”. Organ Behav Hum Dec 52(7), 167–184.
- Rinner, C., Malczewski,J., 2002. Web-enabled spatial decision analysis using Ordered Weighted Averaging(OWA) .Journal of Geographical Systems 4,385-403.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Sharifi, M.A, Vanwesten. C . J., Siteselection for Wasted is Posal through Spatial Multiple Criteria Decision Making, ITC, 1997.

- Wagner,E.D. 2002. Public key infrastructure (PKI) and virtual private network (VPN) compared using a utility function and the analytic hierarchy process (AHP). M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 50 pp.
- Yager, R.R., 1991. "Connectives and quantifiers in fuzzy sets", Fuzzy Sets and Systems, 40, 39-76.
- Yager, R.R., Filev, D.P., 1999. "Induced ordered weighted averaging operators", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics- Part B 29, 141-150.
- Yager, R. R., 1988. On ordered weighted averaging aggregation operatorsin Multi criteria decision making IEEE Transactionson Systems, Man, and Cybernetics 8, 183-190.

تحلیل همدیدی امواج سرمایی در شمال شرق ایران

سلیمان صادقی - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سید رضا حسین زاده - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

رضا دوستان - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

زهرا آهنگر زاده^۱ - کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

هدف این پژوهش، تحلیل همدیدی وقوع امواج سرمایی به عنوان یکی از مخاطرات محیطی در منطقه شمال شرق ایران است. از این رو آمار حداقل دمای روزانه شش ماه سرد سال در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۶۸-۸۹ استفاده و با توجه به آستانه درنظر گرفته شده، نمره استاندارد دمای حداقل کمتر از ۱/۲ برای هر ایستگاه، تعداد ۲۰۳ روز به عنوان روزهای با سرمای شدید در منطقه انتخاب شده است. سپس داده‌های روزانه فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت رقومی و با تقسیک مکانی ۲/۵ درجه از سایت مرکملی پیش‌بینی محیطی آمریکا برای روزهای انتخاب شده، استخراج گردیده است. برای به دست آوردن الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر سرمایهای حدی، داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای انتخاب شده با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی کاهش یافته و سپس با استفاده از روش آماری خوشبندی و روش ادغام وارد، به شش گروه تقسیم شده است. این الگوها نشان می‌دهد، ۹۰ درصد از سرمایهای شدید منطقه، علت سینوپتیکی یا انقالی دارند. به طوری که ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر منجر به وقوع سرما در منطقه شده است. در شدیدترین سرمایه، ریزش هوای سرد در شرق پشتہ بسیار قوی بر روی کوههای اورال باعث عمیق شدن ناوه در شرق دریاچه آرال گردیده و حرکت کند ناوه و ایستادی آن، تداوم موج سرما به مدت چندین روز در منطقه را موجب می‌شود. در اکثر الگوها مهم‌ترین پدیده سینوپتیکی و عامل اصلی وقوع سرما در منطقه، قرارگیری منطقه در پشت ناوه عمیق واقع در دریاچه آرال است که تا عرض‌های پایین گسترش یافته و همچنین منجر به تقویت فرابار سیبری در سطح زمین می‌گردد. این فرابار، هوای سرد را با امواج سرما از عرض‌های بالا به منطقه شمال شرق ایران منتقل می‌کند. در بقیه موارد، علت سرمایهای شدید منطقه، سرمایش سطح زمین و تأثیر توپوگرافی محلی است.

کلیدواژه‌ها: الگوهای سینوپتیکی، موج سرما، خوشبندی، شمال شرق ایران

مقدمه

تغییر اقلیم از مسائل مهم زیستمحیطی است که در چند دهه اخیر مورد توجه قرارگرفته است. از نشانه‌های تغییر اقلیم، افزایش تعداد یا فراوانی وقوع و نیز شدت رویدادهای حدی اقلیمی، مانند: خشکسالی، سیل، طوفان، گرما-سرماهای ناهنجار و بارش‌های سنگین است. هرکدام از این رویدادهای حدی، با توجه به شدت، تداوم و گسترش، به عنوان یک مخاطره محیطی اثرات زیانبار بر حیات و زندگی موجودات زنده وارد می‌نماید. از میان مخاطرات محیطی، وقوع سرماهای شدید در هرسال و یا در برخی از سال‌ها، در نقاط مختلف ایران و از جمله شمال‌شرق آن، باعث بروز اثرات زیانبار در ابعاد مختلف شده و برنامه ریزی برای توسعه را دچار رکود نموده و بحران‌های اقتصادی و اجتماعی را موجب می‌شود. از آنجا که دماهای حدی حاصل اندکنش بین گردش‌های جوی و ویژگی‌های توپوگرافی محلی است (کیونت چیو^۱، ۲۰۰۷؛ به نقل از مسعودیان، ۱۳۹۰)، تبیین ارتباط بین تغییرات و ساختار الگوهای جوی با ناهنجاری‌های اقلیمی می‌تواند در کاهش اثرات و پیش‌آگاهی مخاطرات اقلیمی کمک شایانی نماید. مطالعات بسیاری در مورد پدیده سرما و یخbandان در سرتاسر جهان و ایران صورت گرفته و نتایج تمام مطالعات تأکیدی بر این مطلب است که هیچ پدیده محیطی وجود ندارد که الگویی خاص از توزیع فشار عامل ایجاد آن نباشد (علیجانی، ۱۳۸۵: ۱۹). از جمله مطالعات قبلی می‌توان به تحقیق تاکاهاشی^۲ (۱۹۹۰) اشاره نمود که در مطالعه خود، منطقه دریاچه بایکال مغولستان را مهمن ترین محل پرفشار سرد بر شمرده و معتقد است وقتی پرفشار سرد و قوی از آن منطقه به سمت جنوب نفوذ و گسترش می‌یابد به عنوان یک فرآیند جوی باعث ورود سرمای شدید می‌شود.

زانگ^۳ و همکاران (۱۹۹۶)، ضمن بررسی اقلیم شناسی موسمی‌ها و امواج سرد در شرق آسیا دریافتند که شدت بالای پرفشار سیری در ماه‌های دسامبر و ژانویه رخ می‌دهد در صورتی که بیشترین فراوانی امواج سرد در شرق آسیا مربوط به ماه‌های نوامبر و مارس است. پرایتو^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۲، تأثیر نوسان اطلس شمالی بر دماهای فرین زمستانی در مادرید را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد بین دماهای فرین سرد با شاخص نوسان اطلس شمالی ارتباط غیرخطی وجود دارد. وان دی بیسلر^۵ و همکاران (۲۰۰۹)، اثر الگوهای گردشی بر دماهای فرین را در اروپا بررسی کردند و در تحقیق آنها ارتباط بین فراوانی الگوی گردشی و شاخص دما با استفاده از رگرسیون چند متغیره طی دوره بیست و هفت ساله متنهی به سال ۱۹۷۴ مدل سازی شد و برای دوره بعدی آزمون ۱۹۷۴-۲۰۰۰ شد. تفاوت بین شاخص‌های مشاهده شده و محاسبه شده در دو میان دوره بیانگر اثر

^۱ Guentchev^۲ Takahashi^۳ Zhang^۴ Prieto^۵ Van De Besselaar

گرمایش برای زمستان و تابستان است. همچنین در ایران نتایج تحقیق براتی (۱۳۷۵) برروی یخبندان‌های بهاره ایران نشان داد که همه یخبندان‌ها از نوع انتقالی (سینوپتیک) بوده و تقریباً در تمامی موارد جایه جایی محور فرود در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و حرکت پرفشار مهاجر سطح زمین در غرب مدیترانه، به سمت ایران و ادغام با پرفشار سیبری به وقوع یخبندان‌های بهاره می‌انجامد. چو خاچی مقدم در سال ۱۳۷۶، در بررسی آثار سینوپتیکی پرفشار سیبری بر دمای شمال شرق ایران نتیجه گرفت ماه اکتبر همزمان با تشکیل پرفشار سیبری بوده، ولی از ماه نوامبر با افزایش تعداد روزهای تشکیل آن و افزایش فشار مرکزی و گسترش نصف النهاری زبانه‌های جنوب غربی آن موجب کاهش شدید دما در منطقه می‌شود. پاک نظر (۱۳۸۳) به بررسی موقعیت تاوه قطبی و اثر آن بر سرماهی شدید شمال شرق می‌پردازد و بیان می‌کند که تغییرات مساحت تاوه قطبی در نیمکره شرقی بر تغییر دمای شمال شرق ایران مؤثر است. لشکری (۱۳۸۷) در بررسی علل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر آذر ماه ۱۳۸۲ در کشور، هماهنگی و انطباق سامانه‌ها در ترازهای زیرین و میانی جو را علت سرمای فراگیر در بخش اعظم کشور می‌داند و عامل اصلی افت دما نفوذ زبانه‌هایی از پرفشار سیبری در سطح زمین است که در اطراف دریاچه بایکال شکل گرفته است. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) در بررسی الگوهای سینوپتیکی منجر به سرماهی شدید شمال غرب ایران، به این نتیجه رسیدند که در ۷۰ درصد از موارد سرماهی شدید رخ داده در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرارناوهای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهد و در بقیه موارد، سرمایش تابشی سطح زمین عامل اصلی سرماهی شدید است. کاویانی و همکاران (۱۳۸۷)، رفتار زمانی - مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا را شناسایی کردند. بررسی ایشان نشان داد، آرایش مکانی پرفشار سیبری از یک سو با موقعیت مکانی، وسعت و شدت کم فشار جنب قطبی وابسته است و از سوی دیگر به فلات تبت و پامیر بستگی دارد. به همین دلیل پرفشار سیبری شکلی همانند مثلث نامنظم دارد. بر این اساس نقش پرفشار سیبری در آب و هوای ایران در نیمه سرد سال، نه تنها به شدت این سامانه بلکه به شدت کم فشار جنب قطبی و به تبع آن رانده شدن پرفشار سیبری و زبانه‌های آن به داخل ایران بستگی دارد. فتاحی وصالحی پاک (۱۳۸۸) الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران را مورد ارزیابی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی، بیشترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند، به طوری که این تیپ‌های هوای جریانات هوای سرد قطبی را از عرض‌های بالا به سوی عرض‌های پایین منتقل کرده و به دنبال آن یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران به وقوع می‌پیوندد. مسعودیان و دارند (۱۳۹۰) در بررسی سرماهی فرین ایران به این نتیجه رسیدند که سرماهی فرین ایران حاصل ۵ الگوی گردشی پرفشار سیبری، اروپا، پرفشار سیبری - کم فشار ایسلند، پرفشار سیبری، پرفشار شمال خزر - سیبری و پرفشار شمال خزر می‌باشدند. ایشان همچنین تأکید داشتند سامانه پرفشار سیبری نقش مهمی در شکل‌گیری رخداد سرماهی فرین ایران دارد و نیز شدت سرما در الگوی پرفشار سیبری بیشتر از دیگر

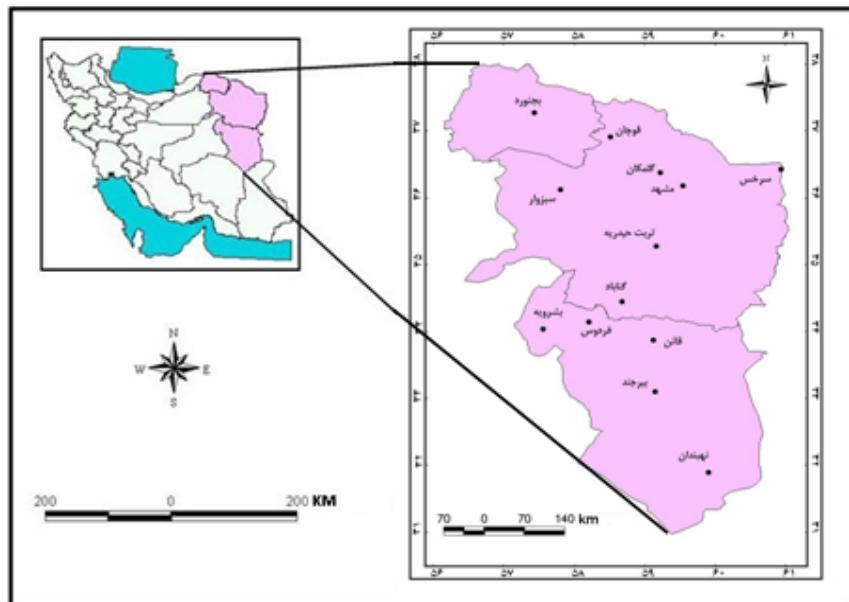
الگوهاست. در این مقاله به بررسی و تحلیل الگوهای سینوپتیک مؤثر پر وقوع موج‌های سرما در شمال شرق ایران پرداخته‌ایم.

مواد و روش‌ها

هدف از مطالعات همدید، تبیین اندرکنش‌های کلیدی میان جو و محیط سطحی می‌باشد (Yarnal^۱: ۷). از این رو برای انجام این تحقیق همانند تمامی مطالعات همدید، دو نوع داده استفاده شد: یکی داده‌های سطحی و دیگری داده‌های جو بالا. داده‌های سطح زمین شامل دمای حداقل روزانه ماههای مهر تا اسفند در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی به شرح جدول شماره ۱ در منطقه شمال شرق ایران طی دوره آماری ۱۳۸۸-۸۹ از سازمان هواشناسی کشور گردآوری گردید.

جدول ۱ ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	بخورده	بخشیه	برجهنده	تریت ح	سیزوار	سرخس	فردوس	قاتن	قوچان	گلستان	گناباد	مشهد	نهندان
طول	۵۷/۲۷	۵۷/۱۲	۵۷/۱۹	۵۹/۱۳	۵۷/۴۳	۶۱/۱۰	۵۸/۱۰	۵۹/۱۰	۵۸/۳۰	۵۹/۱۷	۵۷/۴۱	۵۹/۳۸	۶۰/۲
عرض	۳۷/۲۸	۳۷/۰۲	۳۷/۵۴	۳۷/۱۲	۳۷/۱۶	۳۷/۲۹	۳۷/۲۱	۳۷/۴۳	۳۷/۴	۳۷/۷۹	۳۷/۲۱	۳۷/۱۶	۳۷/۳۲
ارتفاع	۱۱۱۲	۸۸۵	۱۴۹۱	۱۴۰	۹۷۷/۶	۲۲۵	۱۲۹۳	۱۴۲۲	۱۲۸۷	۱۱۷۶	۱۰۵۶	۹۹۹/۲	۱۲۱۱



شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

متغیرهای جو بالا، داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و داده‌های فشار سطح دریا (slp) بر حسب هکتوپاسکال برای روزهای بسیار سرد را در بر می‌گیرد. داده‌های این متغیرها از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا (NCEP/NCAR) به صورت رقومی و با دقت مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه استخراج شدند. محدوده مورد مطالعه ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی انتخاب گردید. در همه مطالعات همدید دو رویکرد عملده مورد توجه است. در این مطالعه رویکرد محیطی به گردشی از تحلیل‌های سینوپتیک مورد نظر است. یکی از شاخه‌های مهم اقلیم شناسی همدید، شناسایی حالت‌های فرین ویژگی‌های محیطی مانند آلودگی هوا، سیل، طوفان و سرمای شدید و تعیین الگوهای گردشی مسبب آنها است (علیجانی، ۱۳۸۵: ۲۰۲). در این مطالعه جهت شناسایی و تحلیل سرماهای شدید رخ داده و بررسی الگوهای گردشی مؤثر بر آنها دو روش آماری و سینوپتیکی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا سری‌های زمانی دماهای حداقل روزانه ماههای مهر تا اسفند در دوره ۱۳۶۸-۸۹، به نمره استاندارد (Z) تبدیل شدند. در دوره مورد مطالعه روزی به عنوان روز سرمای شدید انتخاب شد که در تمام ایستگاه‌های منطقه، نمره استاندارد دماهی حداقل کمتر از ۱/۲ را دارد (علیجانی، ۱۳۸۷: ۴). براساس آستانه در نظر گرفته شده، از بین حدود ۳۹۰۰ روز، ۲۰۳ روز به عنوان روزهای نمونه (سرمای شدید و فراگیر) انتخاب شدند. از آنجاکه رخداد پدیده‌های محیطی نظیر امواج سرمایی و یخbandان در ارتباط با تکرار سیستم‌های سینوپتیکی و تیپ‌های هواست (فتاحی، ۱۳۸۸: ۲۸) و تکرار، تداوم و تغییر سیستم‌ها از طریق فرآیند طبقه‌بندی یا تعیین الگوهای هوا شناسایی می‌شوند (هوث، ۱۹۹۶: ۸۹۸؛ ۱۳۸۸)، برای حصول به هدف مورد نظر در این تحقیق، شناسایی سیستم‌های سینوپتیکی منجر به رخداد امواج فتایی، سرمایی منطقه شمال شرق ایران، از روش تحلیل مؤلفه‌اصلی و خوشبندی انجام گرفت. بدین منظور، برای روزهای سرمایی منطقه شمال شرق ایران، از روش تحلیل مؤلفه‌اصلی و خوشبندی انتخاب شدند. در دوره محدوده ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی، ماتریسی به ابعاد $20^3 \times 20^3$ تهیه گردید. در مرحله بعد، به دلیل تعداد زیاد روزهای که کار تحلیل و تفسیر نقشه‌ها را مشکل می‌ساخت، با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌اصلی، نقاط وابسته به هم ادغام و بعد ماتریس کاهش داده شد. در تحقیق حاضر، روش تحلیل مؤلفه‌اصلی با آرایه S و چرخش واریماکس به کار گرفته شد. عامل‌هایی که بیش از ۷۷ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کردند (۷ عامل) انتخاب شدند (جدول ۲). در این فرایند آستانه انتخاب هر عامل، داشتن حداقل ارزش ویژه یک و حداقل قدرت تبیینی ۵ درصد از واریانس کل داده‌ها به وسیله هر کدام از عامل‌های است.

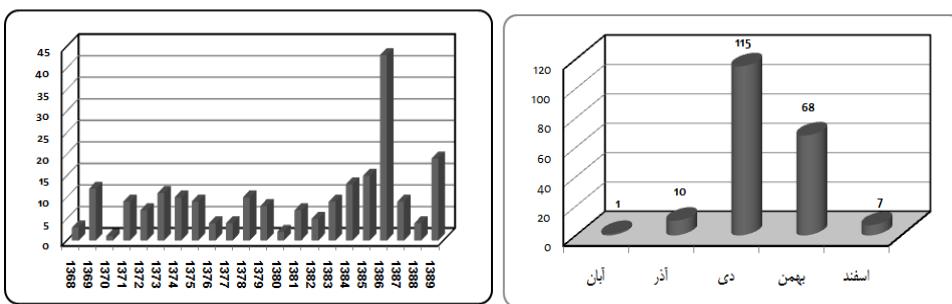
جدول ۲ توزیع واریانس تحلیل عاملی

مؤلفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
واریانس	۲۱	۱۹	۹/۳	۸/۸	۷/۶	۷/۳	۵/۱
واریانس تجمعی	۲۱	۴۰	۴۹/۳	۵۸/۱	۶۵/۷	۷۲	۷۷/۱

در ادامه از این مؤلفه‌ها برای خوشبندی روزهای منتخب استفاده شد. و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل مربوط به روزهای نمونه بر اساس نمرات عاملی آنها با روش آماری خوشبندی^۱ و با استفاده از روش ادغام وارد^۲ به ۶ گروه یا الگو تقسیم شدند. در مرحله آخر نقشه‌های میانگین برای داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتاریاسکال تهیه گردید.

بحث و نتایج

در بین ماههای مورد بررسی(شش ماهه سرد سال)، بیشترین سهم از روزهای بسیار سرد(۵۷ درصد) مربوط به دی‌ماه با ۱۱۵ روز، ۳۳ درصد مربوط به بهمن‌ماه(۶۸ روز)، ۵ درصد مربوط به ماه آذر با ۱۰ روز و ۵ درصد باقیمانده مربوط به آبان‌ماه(۱روز) و اسفندماه(۷ روز) می‌باشد (شکل ۲). در سال‌های مورد مطالعه، سال ۱۳۸۶ با ۴۳ روز، بیشترین سهم را از ۲۰۳ روز منتخب دارا بوده است. در سال ۱۳۸۶، حدود یک ماه و نیم در تمام نقاط منطقه دماهای حداقل بحرانی گزارش شده است(شکل ۳) براساس جدول ۳، در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه رکوردد جدیدی ازبرودت به ثبت رسیده است.



شکل ۲ سهم هر ماه از تعداد روزهای منتخب

شکل ۲ سهم هر ماه از تعداد روزهای منتخب

جدول ۳ حداقل دمای ثبت شده هر یک از ایستگاه‌های منطقه (دوره آماری ۶۸-۸۹)

ایستگاه	سال شمسی			حداقل دمای ثبت شده (°C)
	سال	ماه	روز	
بنورد	۱۳۶۹	دی	۹	-۲۵
بشرمیه	۱۳۸۶	بهمن	۳	-۲۰/۸
پیرجند	۱۳۷۱	دی	۲۶	-۲۱/۵
تریت حیدریه	۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۴/۶
سبزوار	۱۳۸۶	بهمن	۱۸-۱۷	-۲۰/۸
سرخس	۱۳۸۶	بهمن	۴	-۲۲/۴
فردوس	۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۰/۶
قائمه	۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۷/۲
قوچان	۱۳۸۶	دی	۱۸	-۲۵/۴
گلمکان	۱۳۸۶	دی	۲۴	-۲۲
گلاباد	۱۳۸۶	دی	۱۸	-۱۹/۶
مشهد	۱۳۸۶	دی	۱۸	-۲۱
نهیندان	۱۳۷۴	دی	۲۵	-۱۷/۴

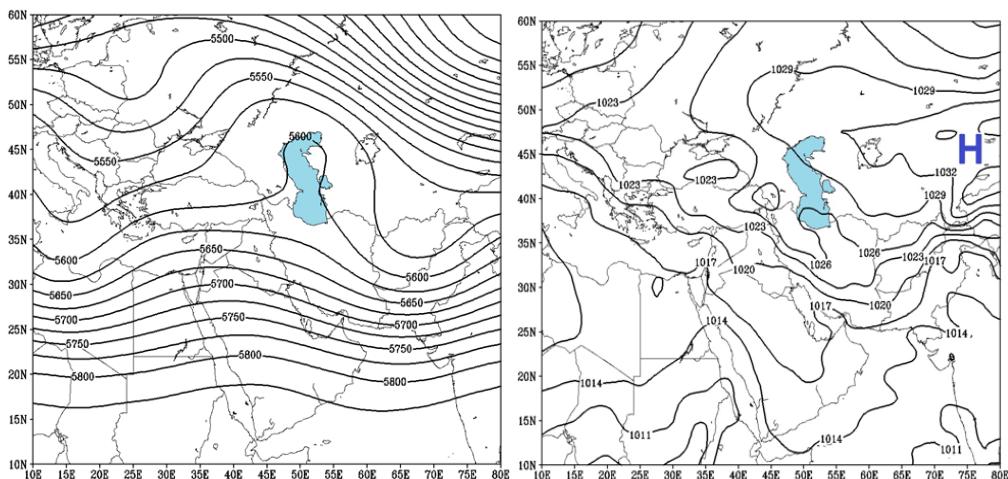
1 clustering
2 ward

با انجام تحلیل خوشه ای بر روی ارتفاع رئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی ۲۰۳ روز نمونه، **الگوی فشار** در مسبب امواج سرمایی در منطقه شمال شرق ایران شناسایی شدند که در زیر به بررسی آنها پرداخته می شود.

الگوی ۱: این الگو، شامل ۲۲ روز از روزهای منتخب دارای دماهای حداقل فرین می باشد و ۲۱ درصد واریانس را توجیه می کند. در بین ماههای مورد بررسی، بیشترین فراوانی وقوع این الگو مربوط به ماه دی می باشد (جدول ۴). بررسی نقشه میانگین فشار سطح دریا (شکل ۴)، نشان دهنده گسترش فرابارسیبری به روی خراسان است. فشار مرکزی این فرابار در شمال شرق دریاچه بایکال برابر با ۱۰۳۵ هکتوپاسکال است. وجود این پرفشار و گستردگی آن در جهت شمال شرقی - جنوب غربی باعث حرکت واچرخندی و ریزش هوای سرد و خشک به منطقه مورد مطالعه شده است. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵)، بیانگر وجود نواههای در شمال دریای سیاه و مدیترانه و نیز پشتنهای قوی که محور آن در امتداد شمالی - جنوبی از شمال دریای خزر تا شمال اروپا و عرضهای جنوب قطبی کشیده شده است و نیز نواههای واقع در شرق ایران که محور آن با جهت شمالی - جنوبی از شرق دریاچه آرال تا جنوب شرق ایران کشیده شده است. منطقه مورد مطالعه در قسمت پشت نواه شرقی و جلوی پشته شمال خزر قرار دارد. گردش واچرخندی پشت تراف همراه با جریانات شمالی، باعث ریزش هوای سرد عرضهای بالاتر به منطقه مورد مطالعه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شده است. گسترش فرابارسیبری در شمال شرق کشور و استقرار فراز بادهای غربی که پیشاپیش آن حاوی هوای سرد می باشد بر شدت فعالیت واچرخندی افزوده شده و مدت فعالیت و تداوم سرما را افزایش داده است. همراهی الگوهای دو سطح میانی و تراز پایین باعث وقوع امواج سرما و ثبت دماهای حداقل فرین در منطقه مورد مطالعه شده است.

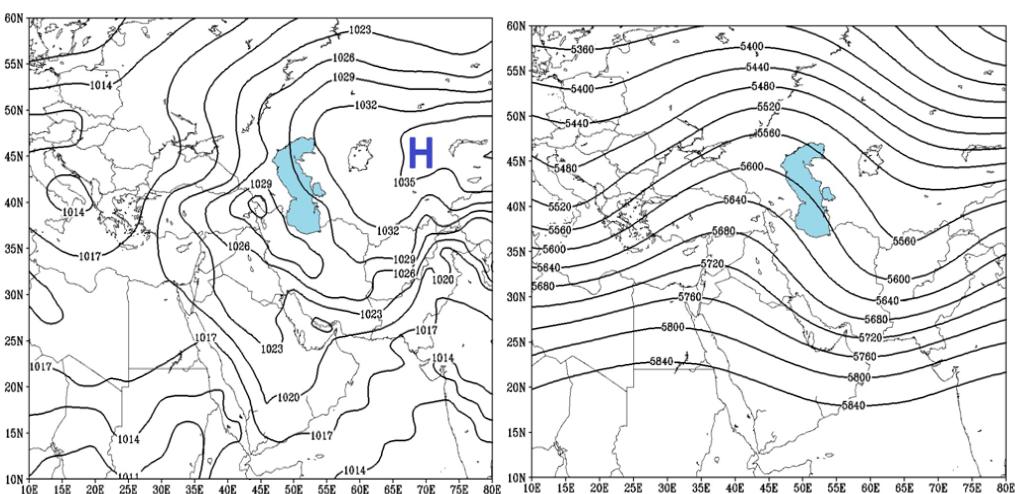
الگوی ۲ : تعداد ۳۷ روز از روزهای مورد بررسی از الگوی ۲ پیروی می کنند و شامل ۱۹ درصد واریانس است، بیشترین فراوانی وقوع این الگو نیز مربوط به دی ماه می باشد (جدول ۵). بررسی نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۶) نشان می دهد، گسترش زبانه فرابارسیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۸ هکتوپاسکال از جنوب دریاچه بایکال، باعث شده بخشی از وسعت ایران را در برگیرد. گسترش شمال شرقی - جنوب غربی این پرفشار باعث شده تا هم فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکال منطقه مورد مطالعه را فرا بگیرد. فرابار با حرکت واچرخندی خود هوای سرد محدوده سیبری را به منطقه مورد مطالعه انتقال می دهد. بررسی نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷) مبین تشکیل پشته قوی با محور شمالی - جنوبی در شرق دریای مدیترانه و دریای سیاه می باشد که محور این پشته تا عرضهای جنوب قطبی در اروپای شرقی ادامه می یابد. عمق این پشته و فرازهای هوای سرد جنوب قطبی در قسمت شرقی آن، باعث عمیق شدن نواه واقع در سیبری (شرق آرال) تا عرضهای جنوبی شده است. امتداد محور این

ناوه با جهت شمالی - جنوبی تا جنوب خراسان تداوم یافته است. منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوی پشته و عقب ناوه، محل گردش واچرخندی و ریزش هوای سرد شمالی محدوده جنب قطبی است. الگوی تراز میانی (۵۰۰ هکتوپاسکال) و نحوه آرایش خطوط هم فشار آن، باعث تقویت شرایط در تراز پایینی شده و به افزایش شدت پرفشار سیبری کمک می‌کند. جریانات دو سطح زیرین و میانی در منطقه مورد مطالعه، بخوبی وقوع موج سرما در خراسان را توجیه می‌کند.



شکل ۵ نقشه فشار سطح دریا در الگوی ۱

شکل ۶ نقشه فشار سطح دریا در الگوی ۲



شکل ۷ نقشه ارتفاع زئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۲

شکل ۸ نقشه ارتفاع زئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۱

جدول ۴ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۱

جدول ۵ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۲

تاریخ شمسی			برآورد	تاریخ شمسی			برآورد
سال	ماه	نهمین		سال	ماه	نهمین	
۱۳۶۹	بهمن	۲۴	-۱۴	۱۳۸۴	دی	۱۰	-۱۲/۴
۱۳۶۹	بهمن	۲۵	-۱۷/۶	۱۳۸۴	دی	۹	-۱۳/۲
۱۳۶۹	بهمن	۲۶	-۱۳/۸	۱۳۸۴	دی	۱۱	-۱۴
۱۳۷۳	دی	۳	-۹	۱۳۸۴	دی	۱۶	-۱۳/۴
۱۳۷۳	دی	۵	-۹	۱۳۸۴	دی	۲۷	-۱۶
۱۳۷۳	دی	۶	-۱۰/۸	۱۳۸۴	دی	۲۸	-۱۲/۴
۱۳۷۳	اسفند	۸	-۹/۸	۱۳۸۴	دی	۲۹	-۱۲/۸
۱۳۷۷	دی	۱۳	-۱۵	۱۳۸۴	دی	۳۰	-۱۲/۸
۱۳۷۹	بهمن	۱۳	-۱۲/۸	۱۳۸۵	دی	۹	-۱۴/۶
۱۳۷۹	بهمن	۹	-۱۳/۸	۱۳۸۵	دی	۱۰	-۱۲
۱۳۷۹	بهمن	۱۰	-۱۷/۶	۱۳۸۵	دی	۱۱	-۱۰
۱۳۷۹	بهمن	۱۱	-۲۰	۱۳۸۵	دی	۱۲	-۱۷/۶
۱۳۷۹	بهمن	۱۲	-۱۶	۱۳۸۵	دی	۱۳	-۱۷
۱۳۸۱	آذر	۱۵	-۱۳	۱۳۸۶	دی	۳	-۱۱
۱۳۸۱	آذر	۱۴	-۱۷/۲	۱۳۸۷	دی	۲۶	-۱۳/۴
۱۳۸۱	آذر	۱۶	-۹	۱۳۸۷	دی	۲۷	-۱۴/۸
۱۳۸۱	دی	۸	-۹/۶	۱۳۸۸	دی	۲۱	-۱۰/۲
۱۳۸۱	دی	۹	-۹/۶	۱۳۸۸	بهمن	۲۶	-۱۱/۶
۱۳۸۲	بهمن	۱۱	-۸/۲				

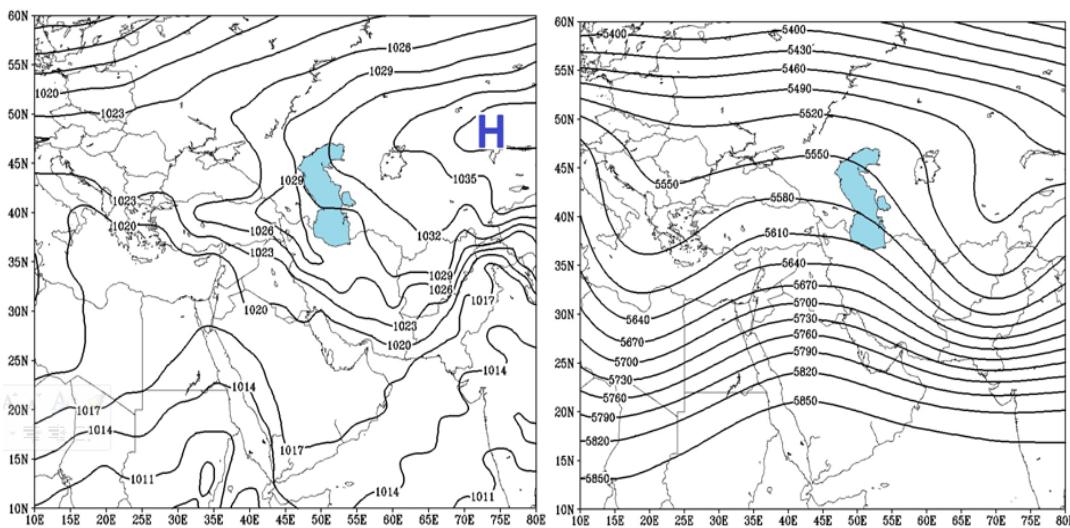
تاریخ شمسی			حداقل دما
سال	ماه	روز	
۱۳۷۷	دی	۱۴	-۱۳
۱۳۷۸	بهمن	۱۸	-۲۲/۲
۱۳۷۲	دی	۲۱	-۱۱/۶
۱۳۷۴	دی	۲۱	-۱۲/۸
۱۳۷۸	دی	۲۱	-۱۲
۱۳۷۲	دی	۲۲	-۱۲/۲
۱۳۷۴	دی	۲۲	-۱۲/۲
۱۳۷۸	دی	۲۲	-۱۲
۱۳۷۲	دی	۲۳	-۱۱/۸
۱۳۷۴	دی	۲۳	-۱۱/۸
۱۳۷۸	دی	۲۳	-۱۳/۴
۱۳۷۴	دی	۲۴	-۱۵/۸
۱۳۷۸	دی	۲۴	-۱۳
۱۳۷۴	دی	۲۵	-۲۳
۱۳۷۸	دی	۲۵	-۱۳/۸
۱۳۸۹	دی	۴	-۱۱/۸
۱۳۸۹	دی	۵	-۱۱/۲
۱۳۷۴	بهمن	۶	-۱۰/۶
۱۳۸۹	دی	۶	-۱۱/۴
۱۳۸۹	دی	۷	-۱۲/۲
۱۳۸۹	دی	۸	-۱۱/۲
۱۳۸۹	دی	۹	-۱۱

الگوی ۳: سومین الگوی شناسایی شده شامل ۳۹ روز می باشد که ۹/۳ درصدواریانس را توجیه می نماید. در بین ماههای مورد بررسی، بیشترین فراوانی از آن ماه بهمن می باشد(جدول ۶). فرابار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۸ هکتوپاسکال در شرق دریاچه آرال (شکل ۷) تا شرق دریای سیاه گسترش دارد و بر روی ارتفاعات شمال غرب ایران و ارتفاعات آرارات به دلیل ارتفاع زیاد منطقه و سرمایش سطح زمین نیز یک فرابار محلی تشکیل و با فرابار

سیبری ادغام گردیده که باعث تشکیل فرابار سراسری شده است. جهت گسترش این فرابار شمال‌شرق - جنوب غربی بوده و با توسعه خود پهنه وسیعی از ایران از جمله منطقه شمال‌شرق را تحت حاکمیت خود در آورده است به طوری که هم‌فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکالی این پرفشار از منطقه مورد مطالعه گذشته است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۸)، وجود پسته‌ای در شمال سیبری که محور این پسته در شمال دریاچه آرال قرار دارد و جهت آن شمال‌شرق - جنوب‌غربی است و نیز وجود ناوه‌ای دیگر در شرق دریاچه آرال، باعث ایجاد جریانات شمالی در پشت ناوه و فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه مورد نظر که در قسمت عقب ناوه قرار دارد، شده است. فشردگی خطوط ارتفاعی در پشت ناوه، وزش بادهای شدید شمالی به منطقه را در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در این الگو، آرایش توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ریزش هوای سرد عرض‌های بالا در قسمت عقب ناوه شرق آرال، باعث تقویت بیشتر فرابار سیبری و گسترش آن به سمت خراسان شده است.

الگوی ۴: این الگو دارای بیشترین فراوانی در بین الگوهای شناسایی شده می‌باشد. به طوری که تعداد ۴۵ روز از روزهای مورد بررسی از این الگو پیروی می‌کنند. در بین ماههای مورد بررسی، بیشترین فراوانی این الگو مربوط به دی ماه، آذر ماه می‌باشد (جدول ۷) این الگو ۸/۸ درصد از واریانس را تبیین می‌کند. در نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۹)، کمرنندی از سلول‌های پرفشار در عرض‌های ۳۵ تا ۴۵ درجه شمالی دیده می‌شود به طوری که، فرابار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال که در شرق دریاچه آرال دیده می‌شود، در راستای شمال‌شرقی - جنوب‌غربی گسترش یافته و زبانه‌های آن بخش‌های شمال‌شرق و شرق ایران را در برگرفته است. پرفشار دیگری از سمت اروپای شمالی با مرکزیت ۱۰۲۹ هکتوپاسکال در راستای شمال‌غرب - جنوب شرق گسترش یافته و بخش‌هایی از شمال‌غرب و غرب ایران را در بر گرفته است. همچنین زبانه‌های این پرفشار با فرابار سیبری ادغام شده و گستره وسیعی از ایران را پوشش داده است. منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر زبانه‌های فرابار سیبری می‌باشد. این پرفشار با حرکت واچرخندی باعث ایجاد جریانات شمالی و شمال‌شرقی و نفوذ هوای سرد و خشک به منطقه مورد مطالعه شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰)، پسته شرق اروپا با محور شمالی - جنوبی، از غرب دریای مدیترانه تا عرض‌های جنوب قطبی و در ضلع شرقی خود با تقویت مؤلفه نصف النهاری باعث گسترش ناوه به عرض‌های پایین‌تر شده است به طوری که ناوه‌ای با محور شمال - جنوب در خارج از مرز شرقی کشور بر روی افغانستان و پاکستان مشاهده می‌شود. با توجه به شرایط تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی، ریزش هوای سرد از قسمت شرقی پسته اروپا، توسط جریانات شمال‌غربی، بر روی منطقه مورد تأیید می‌باشد که این شرایط باعث

تشدید و تقویت شرایط تراز پایین و قوع سرمای شدید در منطقه مورد مطالعه شده، به طوری که رخداد این الگو باعث وقوع دماهای کمتر از ۲۴- درجه در خراسان شده است.

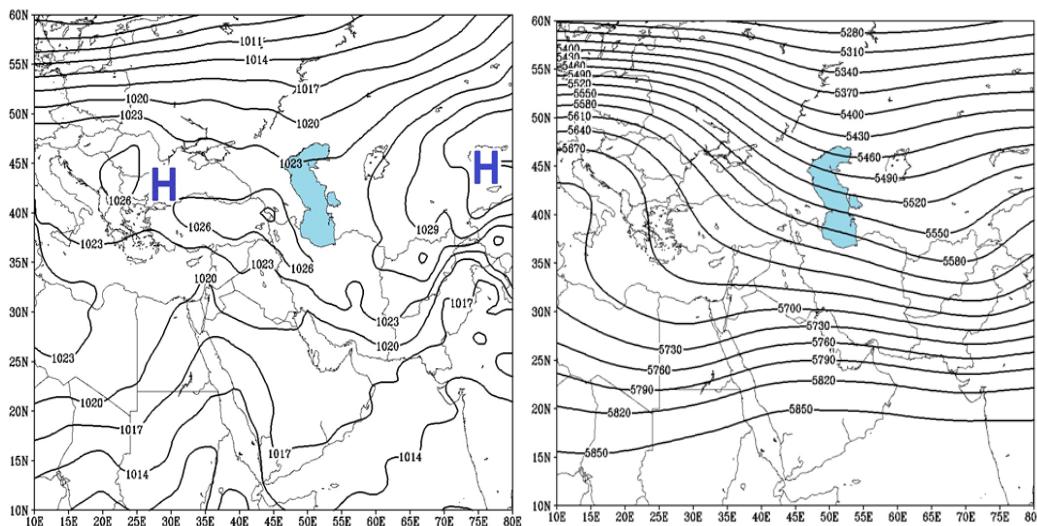


شکل ۸ نقشه متوسط ارتفاع زئوپتانسیل ۵۰۰

هکتوپاسکال در الگوی ۳

شکل ۷ نقشه متوسط فشار سطح دریا

(هکتوپاسکال) در الگوی ۳



شکل ۹ نقشه متوسط فشار سطح دریا

(هکتوپاسکال) در الگوی ۴

هکتوپاسکال در الگوی ۴

شکل ۱۰ نقشه متوسط ارتفاع زئوپتانسیل ۵۰۰

هکتوپاسکال در الگوی ۴

جدول ۶ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۳

جدول ۷ روزهای متأثر از الگوی ۴

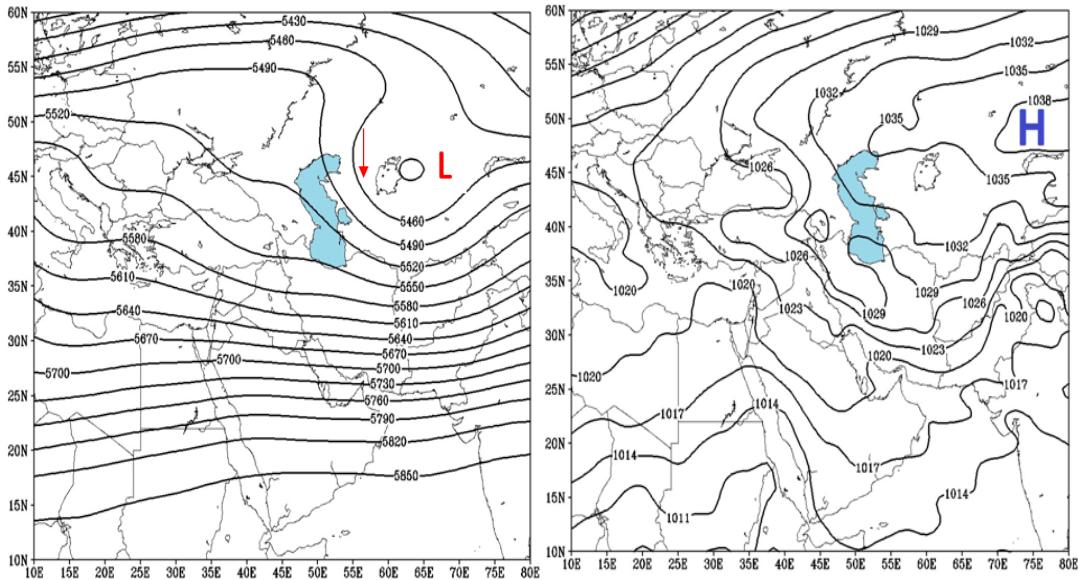
تاریخ شمسی			۱۲ روز	تاریخ شمسی			۱۲ روز
۳	۹	۱۵		۳	۹	۱۵	
۱۳۶	دی	۲۳	-۱۲	۱۳۷۵	بهمن	۲۱	-۱۲
۱۳۶	دی	۲۴	-۱۲/۸	۱۳۷۵	بهمن	۲۲	-۱۳
۱۳۷۳	آذر	۱۹	-۹	۱۳۷۵	بهمن	۲۳	-۱۱/۸
۱۳۷۳	آذر	۲۰	-۹	۱۳۸۳	آذر	۱۴	-۸/۸
۱۳۷۳	آذر	۱۸	-۱۱	۱۳۸۳	آذر	۱۵	-۸/۸
۱۳۷۲	بهمن	۱۶	-۱۱/۸	۱۳۸۲	آذر	۲۱	-۱۳
۱۳۷۲	آذر	۱۰	-۹/۸	۱۳۸۲	آذر	۲۲	-۱۸/۸
۱۳۷۱	بهمن	۲	-۲۰	۱۳۷۹	بهمن	۳	-۷/۸
۱۳۷۱	بهمن	۱	-۱۹/۸	۱۳۷۹	بهمن	۴	-۹/۸
۱۳۷۱	دی	۳۰	-۲۱/۸	۱۳۷۸	دی	۱۵	-۱۱/۸
۱۳۷۱	دی	۲۹	-۱۳/۸	۱۳۷۸	دی	۱۶	-۱۲/۸
۱۳۷۱	دی	۲۸	-۲۱	۱۳۸۵	آذر	۱۴	-۱۴/۸
۱۳۷۱	دی	۲۷	-۲۳	۱۳۸۵	آذر	۱۵	-۱۴
۱۳۷۱	دی	۳۶	-۲۲	۱۳۸۵	آذر	۱۶	-۱۰/۸
۱۳۶۹	دی	۳۳	-۱۲/۸	۱۳۸۵	دی	۲۰	-۷
۱۳۶۹	دی	۲۲	-۱۱	۱۳۸۵	دی	۲۶	-۱۰/۸
۱۳۶۹	دی	۱۱	-۱۶/۸	۱۳۸۹	دی	۲	-۹
۱۳۶۹	دی	۱۲	-۱۵/۸	۱۳۸۹	دی	۳	-۱۲
۱۳۶۹	دی	۹	-۲۵	۱۳۸۷	آبان	۲۳	-۱۱/۸
۱۳۶۹	دی	۱۰	-۲۲	۱۳۸۷	آبان	۲۴	-۹/۸
۱۳۶۸	اسفند	۴	-۱۱/۸	۱۳۸۷	آبان	۲۵	-۷/۸
۱۳۶۸	بهمن	۲۹	-۱۳/۸	۱۳۸۶	دی	۹	-۱۶/۸
۱۳۶۵	بهمن	۲۰	-۱۷				

تاریخ شمسی			۱۲ روز	تاریخ شمسی			۱۲ روز
۳	۹	۱۵		۳	۹	۱۵	
۱۳۶۹	آذر	۲۵	-۱۱	۱۳۸۶	بهمن	۲۲	-۱۶/۸
۱۳۷۲	اسفند	۱	-۱۴/۶	۱۳۸۶	بهمن	۲۱	-۱۵/۸
۱۳۷۲	اسفند	۲	-۱۰	۱۳۸۶	بهمن	۲۰	-۱۷/۸
۱۳۷۱	دی	۱۳	-۹	۱۳۸۶	بهمن	۱۹	-۲۰/۸
۱۳۶۹	دی	۸	-۱۵	۱۳۸۶	بهمن	۱۷	-۲۴
۱۳۶۹	دی	۷	-۱۵/۸	۱۳۸۶	بهمن	۱۶	-۱۹/۸
۱۳۷۶	اسفند	۵	-۱۲	۱۳۸۶	بهمن	۱۵	-۲۰/۸
۱۳۷۳	دی	۱۹	-۹	۱۳۸۶	بهمن	۱۴	-۱۸/۸
۱۳۸۲	آذر	۲۳	-۱۶/۶	۱۳۸۶	بهمن	۱۳	-۱۲/۸
۱۳۸۱	اسفند	۱۲	-۱۰/۲	۱۳۸۶	بهمن	۶	-۲۲/۶
۱۳۸۱	آذر	۱۳	-۱۴/۸	۱۳۸۶	بهمن	۵	-۲۲
۱۳۸۰	بهمن	۱۸	-۹	۱۳۸۶	بهمن	۴	-۲۲/۴
۱۳۷۸	بهمن	۲۱	-۱۳	۱۳۸۶	بهمن	۳	-۲۲/۲
۱۳۷۸	بهمن	۲۲	-۱۱	۱۳۸۶	بهمن	۲	-۲۵
۱۳۸۳	بهمن	۲۹	-۱۱	۱۳۸۶	بهمن	۱	-۲۲
۱۳۸۳	بهمن	۳۰	-۱۱	۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۷/۲
۱۳۸۳	اسفند	۱	-۱۱/۲	۱۳۸۶	دی	۲۹	-۲۵
۱۳۸۴	دی	۱۵	-۱۵/۸	۱۳۸۶	دی	۱۲	-۱۰
۱۳۸۴	بهمن	۳	-۱۱/۲	۱۳۸۶	دی	۱۱	-۱۳
۱۳۸۶	بهمن	۲۲	-۱۵/۴				

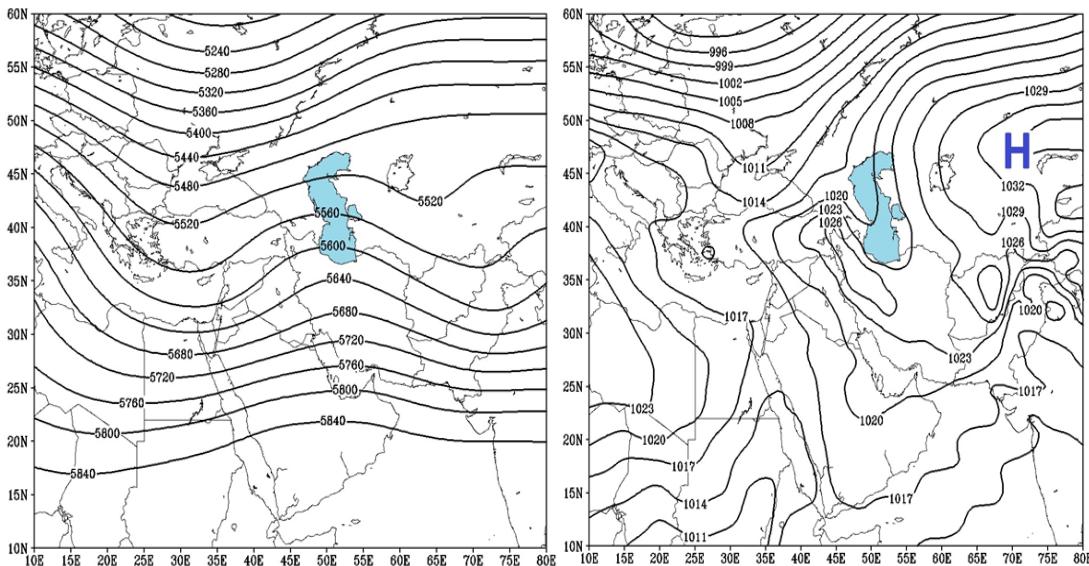
الگوی ۵: تعداد ۴۰ روز از روزهای بسیار سرد متأثر از الگوی ۵ می‌باشد و ۷/۶ درصد از واریانس را توجیه می‌کند. این الگو را می‌توان سرددترین الگو در بین ۶ الگوی شناسایی شده معرفی نمود. یکی دیگر از خصوصیات این الگو، تداوم و ماندگاری سرما در هنگام وقوع آن می‌باشد. به طوری که، چندین روز، کل منطقه دماهای بسیار پایین را تجربه کرده و در بسیاری از ایستگاه‌های مورد مطالعه پایین‌ترین حداقل دما به ثبت رسیده است. بیشترین فراوانی در مورد وقوع این الگو، مربوط به دی ماه می‌باشد (جدول ۸). در نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۱۱) پرفشار سیبری با مرکزیت ۱۰۴۰ هکتوپاسکال واقع در شمال دریاچه بایکال، گسترش مداری به سمت غرب و

گسترش نصفالنهاری به سمت جنوب داشته، به طوری که زبانه‌های آن گستره وسیعی از ایران را در برگرفته است. جریانات شمالی و شمال‌شرقی ناشی از گردش واچرخندی این پرفشار هوای سرد عرض‌های بالا را به منطقه مورد مطالعه گسیل کرده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی^۵(شکل ۱۲)، پشته‌ای برجسته با محوریت شمال‌شرق - جنوب‌غربی بر روی شرق کوه‌های اورال مشاهده می‌گردد. که وجود جریانات شمالی در قسمت شرقی این پشته قوی، باعث فرارفت شدید هوای سرد و ریزش هوای سرد قطبی در پشت ناوه واقع در سیبری شده و در نتیجه باعث عمیق شدن این ناوه سرد به سمت عرض‌های پایین و گسترش آن بر روی ایران شده است. از طرفی گسترش پشته در شمال سیبری تا عرض‌های جنوب قطبی و تقویت مؤلفه نصفالنهاری در ضلع شرقی آن باعث تقویت مؤلفه نصفالنهاری وایجاد مرکزکم ارتفاعی(سردچال) با ارتفاع ۵۴۳۰ ژئوپتانسیل متدر قسمت جنوبی پشته بادهای غربی واقع در شرق آرال شده است. عمیق شدن و ایستایی پشته اروپای شرقی بر روی این منطقه مانع از حرکت ناوه سیبری به سمت شرق شده و هوای سرد نواحی جنوب قطبی به وسیله جریانات شمالی پشت ناوه (واقع در جنوب آرال تا جنوب شرق ایران) به منطقه مورد مطالعه ریزش می‌کند. ایستایی این الگو باعث تداوم سرما به مدت چندین روز در منطقه شده است. شدت یخبندان و وقوع حداقل دمای کمتر از ۲۶- درجه سانتیگراد در این الگو به وسیله فرود عمیق واقع در مرزهای شرقی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و شدت پر فشار سیبری در نقشه متوسط سطح دریا قابل توجیه است.

الگوی ۶: این الگو دارای کمترین فراوانی روزها می‌باشد. به طوری که ۲۰ روز از روزهای مورد مطالعه از این الگو پیروی می‌کنند. درین ماههای مورد بررسی، بیشترین فراوانی درمورد وقوع این الگو، مربوط به دی ماه می‌باشد نقشه متوسط فشار سطح دریا در الگوی ۶ (شکل ۱۳) گسترش نصفالنهاری فرابار سیبری به سمت عرض‌های جنوبی را نشان می‌دهد. ایران تا شرق عربستان تحت حاکمیت این پرفشار آسیایی می‌باشد. به طوری که پریند ۱۰۲۵ هکتوپاسکالی این پرفشار از منطقه مورد مطالعه می‌گذرد. مرکز این پرفشار ۱۰۳۵ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بایکال قرار دارد. حرکت واچرخندی این پرفشار با جریانات شمال و شمال‌شرقی همراه بوده که باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به شمال‌شرق ایران شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۴)، ناوه کم‌عمقی با محور شمالی - جنوبی در شرق افغانستان و پاکستان وجود دارد. در این الگو تأثیر خطوط هم ارتفاع در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در سرمای رخ داده در منطقه چندان زیاد نیست. بنابراین احتمال می‌رود سرمای منطقه در نتیجه سرمایش سطح زمین و ارتفاع زیاد در برخی نقاط منطقه باشد. شکل ۱۵ درصد فراوانی هر یک از الگوهای گردشی شناسایی شده در منطقه شمال‌شرق ایران را نشان می‌دهد.



شكل ۱۱ نقشه متوسط فشار سطح دریا
هکتوپاسکال در الگوی ۵



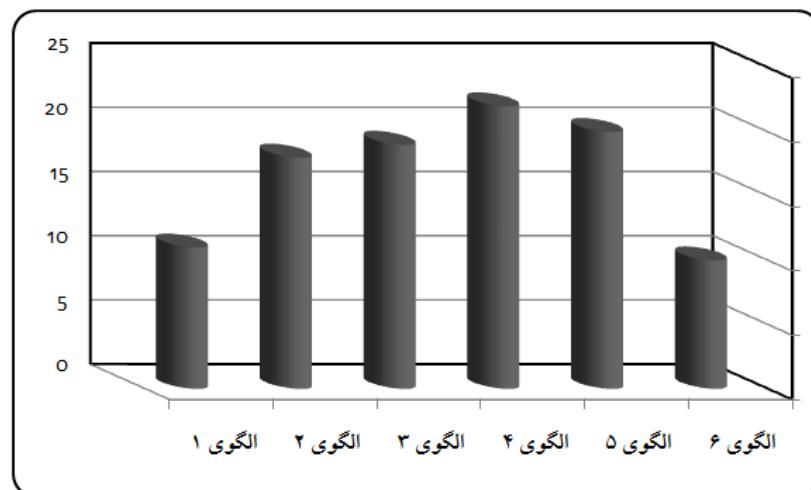
شكل ۱۲ نقشه متوسط ارتفاع زئوپتانسیل ۵۰۰
هکتوپاسکال در الگوی ۶

جدول ۸ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۵

جدول ۹ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۶

تاریخ شمسی			حدائق دما
سال	ماه	روز	
۱۳۷۸	بهمن	۸	-۱۴/۲
۱۳۷۰	بهمن	۲۸	-۱۳/۶
۱۳۷۶	دی	۲۸	-۱۰/۶
۱۳۷۵	بهمن	۲۵	-۱۰/۲
۱۳۷۳	دی	۸	-۷/۲
۱۳۷۳	دی	۷	-۸/۸
۱۳۷۲	آذر	۲۴	-۱۶
۱۳۷۰	دی	۳۰	-۸/۲
۱۳۷۸	بهمن	۲۰	-۱۳/۴
۱۳۷۸	بهمن	۵	-۸/۲
۱۳۷۳	بهمن	۲۵	-۹/۸
۱۳۷۵	دی	۱۴	-۱۸
۱۳۷۵	دی	۱۵	-۱۵
۱۳۷۵	بهمن	۱۶	-۱۴
۱۳۷۵	بهمن	۱۷	-۱۱/۲
۱۳۷۴	دی	۲۶	-۲۲/۶
۱۳۷۴	دی	۲۷	-۱۹
۱۳۷۴	بهمن	۲	-۱۳
۱۳۷۴	بهمن	۸	-۹
۱۳۷۹	بهمن	۷	-۱۰/۶
۱۳۷۸	دی	۲۶	-۹
۱۳۸۲	دی	۲۴	-۱۷
۱۳۸۳	دی	۲۶	-۱۸
۱۳۸۳	دی	۲۷	-۱۶/۶
۱۳۸۴	دی	۱۲	-۱۶
۱۳۸۴	دی	۱۳	-۱۶/۶
۱۳۸۴	دی	۱۴	-۱۶/۸
۱۳۸۸	بهمن	۱۹	-۱۰/۸
۱۳۸۶	بهمن	۲۰	-۱۰/۶

تاریخ شمسی			لر رقا ت	تاریخ شمسی			لر رقا ت
۱	۲	۳		۱	۲	۳	
۱۳۷۳	آذر	۱۷	-۱۵	۱۳۸۷	آذر	۲۹	-۱۳
۱۳۷۱	بهمن	۲۹	-۱۳	۱۳۸۷	آذر	۳۰	-۱۱/۶
۱۳۷۵	بهمن	۱۴	-۱۸/۲	۱۳۸۶	بهمن	۹	-۱۷/۴
۱۳۷۵	بهمن	۱۵	-۱۵	۱۳۸۶	بهمن	۱۰	-۱۸
۱۳۷۵	بهمن	۱۶	-۱۴	۱۳۸۶	دی	۲۸	-۲۴
۱۳۷۵	بهمن	۱۷	-۱۱/۲	۱۳۸۶	دی	۲۷	-۲۳/۴
۱۳۷۴	دی	۲۶	-۲۲/۶	۱۳۸۶	دی	۲۶	-۲۴
۱۳۷۴	دی	۲۷	-۱۹	۱۳۸۶	دی	۲۵	-۱۹
۱۳۷۴	بهمن	۲	-۱۳	۱۳۸۶	دی	۲۴	-۲۲/۲
۱۳۷۴	بهمن	۸	-۹	۱۳۸۶	دی	۲۳	-۲۴/۶
۱۳۷۹	بهمن	۷	-۱۰/۶	۱۳۸۶	دی	۲۲	-۱۱/۸
۱۳۷۸	دی	۲۶	-۹	۱۳۸۶	دی	۲۱	-۲۱
۱۳۸۲	دی	۲۴	-۱۷	۱۳۸۶	دی	۲۰	-۲۳
۱۳۸۳	دی	۲۶	-۱۸	۱۳۸۶	دی	۱۹	-۲۵
۱۳۸۳	دی	۲۷	-۱۶/۶	۱۳۸۶	دی	۱۸	-۲۶
۱۳۸۴	دی	۱۲	-۱۶	۱۳۸۶	دی	۱۷	-۱۶
۱۳۸۴	دی	۱۳	-۱۶/۶	۱۳۸۶	دی	۱۰	-۱۳/۲
۱۳۸۴	دی	۱۴	-۱۶/۸	۱۳۸۶	دی	۸	-۱۵
۱۳۸۸	بهمن	۱۹	-۱۰/۸	۱۳۸۶	دی	۷	-۱۴
۱۳۸۶	بهمن	۲۰	-۱۰/۶	۱۳۸۶	دی	۶	-۱۳/۶



شکل ۱۵ نمودار درصد فراوانی هریک از الگوهای گردشی در دوره مورد مطالعه (۱۳۶۸-۸۹)

نتیجه‌گیری

هجوم و گسترش امواج سرمایی به منطقه خراسان ناشی از استقرار الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتوباسکال مانند فرودبلند، امواج کوتاه، سردچال‌ها و فرابار سبیری است. به طور کلی جریانات ورودی به شمال ایران از عرض‌های بالا با خود سرما را به ارمغان می‌آورند و این در مطالعات دیگر در ارتباط با سرماهای شدید شمال‌غرب (علیجانی، ۱۳۷۸؛ عزیزی، ۱۳۸۳)، یخندهان‌های ایران در نقاط مختلف (براتی، ۱۳۷۵)، سرماهای شدید شمال‌شرق (پاک نظر، ۱۳۸۳؛ لشکری، ۱۳۸۹، ۱۳۸۷، ۱۳۸۴؛ هژبرپور، ۱۳۸۴) در ارتباط با موج سرمای فراگیر ایران دیده می‌شود. ازین الگوهای یادشده قریب به ۹۰ درصد از هجوم امواج سرمایی حاصل ورود الگوهایی مانند فرود بلند، امواج کوتاه عمیق و سردچال‌ها می‌باشد، ۱۰ درصد از هجوم امواج سرما حاصل گسترش فرابار سبیری به خراسان است؛ در صورتی که فرابار مانع بر روی شمال دریای خزر و دریاچه آرال تشکیل گردد تداوم فعالیت آن بیشتر و شدت سرمایی‌اش نیز بیشتر می‌شود.

References

- Alijani, Bahlol; sober, Mahmoud; 2009. identify synoptic patterns of extreme colds in North West of Iran, Geography Studies 65, 1-16.
- Alijani, Bahlol, 2006. synoptic climatology, Second Edition, published by Study and preparation of books of Human Sciences (samt Publisher).
- Azizi, Gh.1383. Synoptic assessment of spring frosts in the Middle West of Iran. Journal of humanities, 99-116.
- Barati, G.1375, Design and spring frost prediction of synoptic patterns, Ph.D. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran.
- Chokhachy Moghaddam, Mohammad Baquer; 1989. synoptic analysis of the effect of pressure on the temperature of the North-East of Siberia, PhD Thesis, Tehran University.
- Hzhbrpvr, Gh.; Alijani, Bahlol, 2005. Time tracking of entry Siberian high to the southern coast of the Caspian Sea Journal of humanities, (4), 193-213.
- Fattahi, E., Salehi clean, election, 2010, Analysis of synoptic patterns of winter frost, Geography and Development 13, 136-127.
- Kaviani, Mohammad Reza; Masoudian, Abolfazl, 2008, identify temporal and spatial variability of Siberian high in sea level, geographically Research Journal 87, 48 -27.
- Lashkari, H., 2008. synoptic analysis of cold wave sweeping 2003. Geography Studies 66, 1-18.
- Lashkari, H; Keikhosravi, GH, 2010. Synoptic analysis of cold wave in 8-15 January 2006. Quarterly Agricultural Science (14), Issue 1151-177.
- Masoudian, Abolfazl; having, M., 2011. Analysis of synoptic of pervasive cold wave at 2003 year in Iran. Geography and Development 22, 185-165.
- Sarah, 2004. Study of cold trough position and its effect on the extreme cold weather in east north of Iran. Meteorological Master's thesis, Islamic Azad University – North Branch of Tehran.
- Prieto, L,et al, 2002. NAO influence on the extreme winter temperature in Madrid (Spain), Annals Geophysical, Volume 20.
- Takahashi, H. 1990. Migration of the Cold Air Mass Related to Rain Belt Formation of the Chinese Continent and Atmospheric Systems During the Baiu Season (In Japanese). Geographical Review of Japan; Series A 64,10-24.

- Yarnal, Brent, 2006. Synoptic climatology and its application in environmental studies translated by Masoudian Abolfazl, first edition, publication in university of Esfahan.
- Zhang, Kenneth R. Sperber and James S. Boyle, 1996. Climatology of East Asian Winter Monsoon and Cold Surges, PCMDI Report 38.
- Van De Besselaar, E.J.M et al, 2009. Influence of circulation types on temperature extreme in Europe, Theoretical Applied Climatology 99.

به کارگیری الگوریتم ماشین‌های پشتیبان بردار در پنهان‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبریز در که)

دکتر مجتبی یمانی^۱ – دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر علی احمدآبادی – استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

غلامرضا زارع – دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

الگوریتم SVM یا ماشین بردار پشتیبان، به عنوان یکی از روش‌های غیرپارامتریک بر پایه تصوری یادگیری آماری بنا شده است. بر اساس این تصوری، می‌توان کران نرخ خطای ماشین یادگیری را برای داده‌های طبقه‌بندی نشده، به عنوان نرخ خطای تعیین یافته، در نظر گرفت. در این تحقیق، با استفاده از توابع حلقوی، چندجمله‌ای، شعاعی و خطی در الگوریتم SVM و معیارهای مؤثر در شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش شامل؛ فاصله (از گسل، شبکه زهکشی)، لیتولوژی، شب (مقدار، زاویه) و سطح ارتفاعی به ارزیابی قابلیت وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبریز در که در شمال شهر تهران پرداخته شده است. بدین منظور لایه‌های مکانی معیارهای شش گانه مذکور به پایگاه داده مکانی وارد و سپس استانداردسازی بر روی معیارها انجام شد و در نهایت توابع ماشین بردار پشتیبان اجرا گردید تا پنهان‌های حساس به زمین‌لغزش مشخص گردد. نتایج تحقیق نشان داد بر اساس تابع خطی بیشتر پنهان‌های حوضه آبریز در که حساسیت متوسطی به رخداد زمین‌لغزش دارد. نقشه خروجی بر طبق تابع چندجمله‌ای و شعاعی نیز به ترتیب یانگر حساسیت پذیری متوسط به بالای حوضه، حساسیت بیشتر قسمت غربی حوضه به زمین‌لغزش است. بر اساس خروجی حاصل از تابع حلقوی اکثر پنهانه این حوضه حساسیت متوسط تا بالای را نشان می‌دهد. حداکثر و حداقل مساحت احتمالی حساس به زمین‌لغزش با ۳۰ و ۲۰ کیلومترمربع به ترتیب متعلق به توابع حلقوی و شعاعی است. در بین توابع اجرا شده، تابع حلقوی به خاطر انطباق بیشتر با واقعیت، بهترین عملکرد و تابع خطی از نظر عملکرد، پایین‌ترین دقت را نشان داد.

کلید واژه‌ها: زمین‌لغزش، هوش مصنوعی، الگوریتم SVM، مدیریت محیطی، حوضه در که.

مقدمه

رخدادهای طبیعی فرآیندهای پیچیده‌ای هستند که بر تمامی بخش‌های کره زمین تأثیر می‌گذارند. در این بین زمین‌لغزش به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی، همواره در سراسر جهان در حال رخدادن بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹) و یکی از فرآیندهای ژئومورفیکی اصلی تأثیرگذار بر چشم‌انداز تکاملی در مناطق کوهستانی بهشمار می‌رود (روئینگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۹: ۶۴۵) و باعث حوادث فاجعه‌آوری شده است (هاتانجی^۲ و همکاران، ۲۰۰۹: ۴۴۸). شناسایی و طبقه‌بندی نواحی زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن، گامی مهم در ارزیابی مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود (ساکر^۳ و همکاران، ۱۹۹۵: ۱۹۹). پهنه‌بندی زمین‌لغزش شامل تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی این مناطق بر اساس درجه واقعی یا قابلیت مخاطره‌ای ناشی از بروز زمین‌لغزش بر روی شب دامنه‌هاست (شريعت‌جعفری، ۱۳۷۵، ۱۴۸). توپوگرافی کوهستانی ایران، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، تنوع اقلیمی و زمین‌شناسی، افزایش جمعیت و فشار بر منابع طبیعی و تغییر کاربری در دهه‌های اخیر، شرایط طبیعی برای بروز طیف گسترده‌ای از زمین‌لغزش‌ها را در ایران فراهم کرده است (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۸۸، ۵۱). رویکردهای مختلفی برای مطالعه زمین‌لغزش‌ها توسعه یافته‌اند که می‌توان آن‌ها را به چهار دسته: تجزیه و تحلیل از موجودی لغزش^۴، روش اکتشافی یا شاخص^۵، رویکرد آماری^۶ و روش ژئوتکنیک^۷ تقسیم کرد (گازتی^۸ و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۸۱). معمولاً رویکردهای آماری برای پهنه‌بندی و نقشه‌کشی زمین‌لغزش‌ها در نواحی بزرگ و پیچیده مورد توجه قرار می‌گیرند (گازتی و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۰۰)، برای مثال می‌توان به رویکرد تحلیلی مشخص کننده^۹ (کارارا^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۱: ۴۲۷)، تحلیل رگرسیون چند متغیره^{۱۱} متغیره^{۱۲} (جاد^{۱۳} و همکاران، ۱۹۹۳: ۹۱؛ آتکینسون^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۸: ۳۷۳؛ اهلماچر^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۳: ۳۳۱؛ کوماک^{۱۶}، ۲۰۰۵: ۱۷) اشاره نمود. همچنین روش‌های پیوندی^{۱۷} با ترکیب دو روش آماری و شبکه عصبی

1 Roering

2 Hattanji

3 Saker

4 Analysis of landslide inventories

5 The heuristic or index

6 statistical approach

7 geotechnical

8 Guzzetti

9 Discriminate Analysis

10 Carrara

11 Multivariate Regression Analysis

12 Jade

13 Atkinson

14 Ohlmacher

15 Komac

16 Hybrid

مصنوعی^۱ توسعه یافت (یا و^۲ و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۷۲). روش‌های پیوندی شامل روش شبکه عصبی مصنوعی- منطق فازی^۳ (کانونگو^۴ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱)، تحلیل بیز^۵- شبکه عصبی مصنوعی (لی^۶ و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۸۹)، تحلیل درخت تصمیم‌گیری^۷- بیزی (آیالیو^۸ و همکاران، ۲۰۰۴: ۷۳) هستند. اما روش مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی نمی‌تواند خروجی عینی و ثابتی را ارائه دهد، زیرا نتایج آن به اپراتور وابسته است (ارمنی^۹ و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۲۷). برای رفع این مشکل روش رگرسیون لجستیک توسعه یافت (یا و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۷۲). تحقیقات زیادی با استفاده از این روش پیرامون زمین‌لغزش در سال‌های اخیر صورت گرفته است (دای^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳: ۹۱۱؛ سوزن^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۰۳؛ یسیلناکر^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۵۱؛ زو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۰۰۷؛ بای^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۳؛ لین^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۴۲۳). در ایران نیز تحقیقاتی پیرامون زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌ها صورت گرفته است. از جمله این مدل‌ها می‌توان به کاربرد مدل ترکیب خطی وزین در پنهان بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در منطقه سرخون چهارمحال و بختیاری (کرم، ۱۳۸۳: ۱۳۱)، منطق فازی (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۹)، شبکه عصبی مصنوعی (راکعی و همکاران، ۱۳۸۶: ۵۷)، ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۷)، تحلیل سلسله مراتبی (قواتی، ۱۳۹۰: ۵۱)، رگرسیون لجستیک (موسوی خطیر و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۹؛ خالدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۵)، معادله همبستگی و تحلیل سلسله مراتبی (مصطفایی و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۰)، رگرسیون چند متغیره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (کریمی سنگ چینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۰)، فازی تاپسیس و سیستم اطلاعات جغرافیایی (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۳) اشاره کرد. از جمله روش‌های آماری که در چند سال اخیر مورد توجه واقع شده‌اند، الگوریتم SVM^{۱۶} است. این الگوریتم بر اساس نظریه یادگیری آماری و شامل یک مرحله آموزشی با ورودی همراه و ارزش‌های اهداف خروجی است. الگوریتم آموزشی برای ارزیابی و آزمون مجموعه‌ای از داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (یا و و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۷۲).

1 Artificial Neural Networks

2 Yao

3 Fuzzy Logic

4 Kanungo

5 Bays

6 Lee

7 Decision Tree

8 Ayalew

9 Emmini

10 Dai

11 Suzen

12 Yesilnacer

13 Zhu

14 Bai

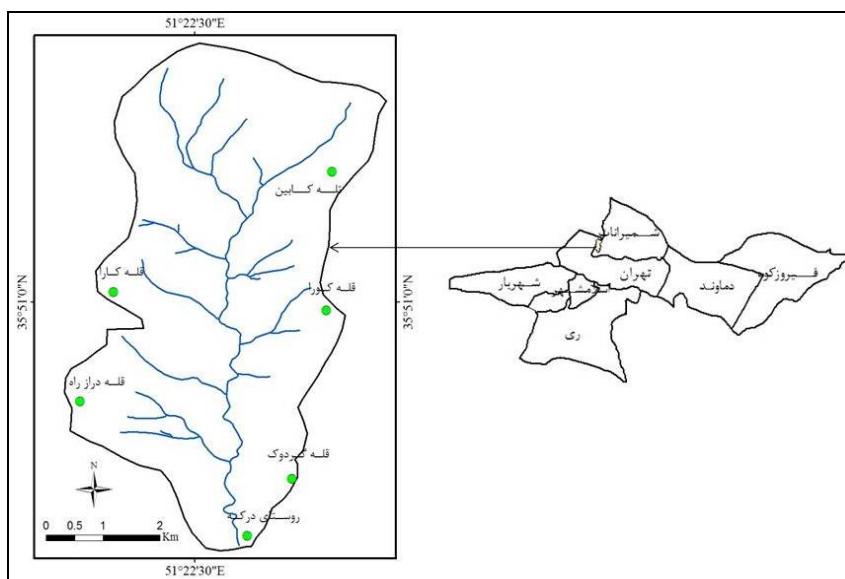
15 Lin

16 Support Vector Machine

همکاران، ۲۰۰۸: ۵۲۸). این روش در چند سال اخیر مورد استفاده برخی از محققان قرار گرفته شده است (مرجانوویچ^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ بالابیو^۲ و همکاران، ۲۰۱۲؛ ژو^۳ و همکاران، ۲۰۱۲؛ ۷۰). از جمله جمله فرایندهای دامنه‌ای حاکم بر البرز جنوبی و به ویژه حوضه آبریز درکه، می‌توان به زمین‌لغزش اشاره کرد. به دلیل نزدیکی این حوضه به شهر بزرگ تهران، جنبه گردشگری و همچنین وجود استقرارگاه‌ها و سکونتگاه‌های انسانی در این حوضه شناسایی نفاطی که مستعد زمین‌لغزش هستند از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این پژوهش، مشخص کردن مناطق حساس به زمین‌لغزش در حوضه درکه با استفاده از الگوریتم SVM، بازدید میدانی و انطباق یافته‌ها با حوضه است. به نظر می‌رسد که خروجی حاصل از تحقیق می‌تواند در مدیریت محیطی موثر واقع شود.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز درکه از نظر موقعیت جغرافیایی در شمال شهر تهران و دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز و بین ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

1 Marjanovic

2 Ballabio

3 Xu

این حوضه معادل ۲۶/۲۲ کیلومتر مربع وسعت دارد. در شرق حوضه درکه، دره دربند و در شمال آن قله توچال و غرب آن دره فرحد زاد واقع شده است. رود دائمی درکه این حوضه را زهکشی می‌کند. از نظر زمین‌شناسی ساختمانی جزیی از البرز محسوب می‌شود. این حوضه در زون البرز مرکزی و بخش پنجم ساختاری البرز، یعنی زون جنوبی ترشیاری که دارای ولکانیک‌های بسیار ضخیم ائوسن می‌باشد، واقع گردیده است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جنس مناطق شمالی عمدتاً مربوط به سازند کرج و دوران سنوزوئیک آغازین می‌باشد، که در دو بخش شیل زیرین و بخش توف میانی است. مهم‌ترین عناصر ساختاری منطقه به ترتیب از گسل‌ها، درزها و چین‌ها هستند که پس از جنس سنگ، بیشترین نقش را در شکل‌دهی زمین و فرسایش سنگ‌ها به عهده داشته‌اند؛ در حالی که منطقه شرق دره فرحد، به ویژه در قسمت شمالی، جنس زمین عمدتاً از کریستالیتیک توف و خاکستر توف سبز رنگ و به طور محلی لایه‌های سنگ آهک تشکیل شده است. قسمت‌های جنوبی دره فرحد و درکه به وسیله تراست بزرگ تهران از قسمت شمالی بر روی نقشه زمین‌شناسی جدا شده، عمدتاً مربوط به کواترنر می‌باشد. از دیدگاه ژئومورفولوژی ساختمانی منطقه مورد مطالعه در ابتدای دوران چهارم زمین‌شناسی حرکات زمین‌ساخت شدیدی که آخرین حرکت مهم در البرز بوده، را متحمل می‌شود. جبهه جنوبی البرز به ویژه نواحی مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر این حرکات قرار داشته و دارد. با توجه به جهت نیروها بلوک‌های تکتونیکی به صورت تقاطعی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌های بزرگ به سمت جنوب جایه‌جا شده، ارتفاع یافته و می‌یابد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

الف) داده‌های اسنادی مشتمل بر مطالعات کتابخانه‌ای؛

ب) داده‌های سنجش از دوری مشتمل بر مدل رقومی ارتفاعی با اندازه سلولی ۳۰ متر (ASTER) و ثبت نقاط زمین‌لغزش از روی تصویر ماهواره‌ای Quick bird؛

ج) داده‌های حاصل از مشاهده میدانی و عکسبرداری از زمین‌لغزش‌های رخ داده.

سپس برای انجام این تحقیق با استفاده از داده‌های فوق و بر اساس الگوریتم SVM نقشه پهن‌های حساس به زمین‌لغزش در حوضه آبریز درکه مشخص گردید. باید یادآور شویم الگوریتم SVM، بر پایه تئوری یادگیری آماری بنا شده است. بر اساس این تئوری می‌توان کران نرخ خطای ماشین یادگیری را برای داده‌های طبقه‌بندی نشده، به عنوان نرخ خطای تعیین یافته، در نظر گرفت. این کران‌ها به عنوان تابعی از

مجموع نرخ خطاهای آموزشی هستند که میزان پیچیدگی طبقه‌بندی کننده‌ها را نشان می‌دهند. به منظور کمینه کردن نرخ خطاهای تعیین‌یافته، باید نرخ خطای آموزش و پیچیدگی طبقه‌بندی کننده کاهش یابد. این کار را می‌توان با بیشینه کردن حاشیه جداسازی انجام داد. بنابراین، از آنجایی که حاشیه جداسازی به بعد داده‌های ورودی بستگی ندارد، این طبقه‌بندی کننده، کارایی مناسبی دارد. الگوریتم SVM که در دو دهه اخیر استفاده از آن گسترش یافته بر پایه انتقال غیرخطی همگام با یک ابعاد بالای فضایی ویژه است (واپنیک^۱: ۱۹۹۵: ۱).

دو ایده اصلی زمینه مدل‌سازی SVM برای مشخص کردن نوع مشکلات آماری وجود داشت. اولین آن یک فراطرحد مجازی خطی بهینه است که الگوهای داده‌ای مجزا هستند. دومین ایده استفاده از توابع هسته‌ای برای تبدیل الگوهای داده‌ای غیرخطی اصلی به فرمتی است که خطی مجزا در یک فضای ویژه ابعاد بالا می‌باشد (یالو و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۷۳). جزئیات توضیحی درباره دو کلاس مدل‌سازی SVM در پژوهش (یالو و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۷۲) آمده که به طور خلاصه از این قرار است:

در نظر گرفتن مجموعه‌ای از سلول‌های آموزشی مجازی خطی

$$x_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

سلول‌های آموزشی شامل دو کلاس بوده که مشخص می‌شوند به عنوان $y_i = \pm 1$. هدف مدل SVM جستجوی یک فراطرحد افترق N-ابعادی در دو کلاس بوده که به وسیله شکاف حداقلی آن‌ها مشخص می‌شود. از نظر ریاضی این می‌تواند آورده شود به عنوان:

$$\frac{1}{2} \|w\|^2$$

که منوط به محدود کردن زیر است:

$$Y_i((w \cdot x_i) + b) \geq 1$$

که $\|w\|$ قاعده‌ای از فراطرحد نرمال بوده یک پایه عددی بوده و (.). مشخص کننده عمل تولید عددی است. با استفاده از چند ضریبی لاغرانژیان^۲ ارزش محاسبه عملکردی می‌تواند تعریف شود به عنوان:

$$L = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \lambda_i (y_i((w \cdot x_i) + b) - 1)$$

که λ_i چند ضریبی لاغرانژیان است. این راه حل می‌تواند از طریق کمینه‌سازی دوتایی معادله ۳

محاسبه شود. ارزش گذاری متغیرهای W و B در طی روش‌های استاندارد صورت گرفته است:

¹ Vapnik

² Lagrangian

$$y_i((w \cdot x_i) + b) \geq 1 - \xi_i.$$

$$L = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \frac{1}{vn} \sum_{i=1}^n \xi_i$$

که معادله ۱ می‌شود:

که (1) V معرفی به حساب شده برای طبقه‌بندی (شولکوف^۱ و همکاران، ۲۰۰۰؛ هاستی^۲ و همکاران، ۲۰۰۱؛ ۲). به علاوه (واپنیک، ۱۹۹۵) یک عملکرد هسته‌ای به شمارش برای مرز تصمیم غیر خطی معرفی کرد. انتخاب عملکرد هسته‌ای در مدل SVM خیلی مهم است. اگرچه توابع هسته‌ای ($\phi(x_i)$, X_i) K زیادی قبلاً پیشنهاد و استفاده شده‌اند. تنها بعضی از آن‌ها برای کار در طیف گسترده‌ای از کاربردها مفید شناخته می‌شوند. آن‌هایی که این مهارت‌ها را نشان می‌دهند عبارتند از:

$$K(x_i, x_j) = x_i^T \cdot x_j \quad \text{تابع خطی:}$$

$$K(x_i, x_j) = (\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r)^d, \gamma > 0 \quad \text{تابع چند جمله‌ای:}$$

$$K(x_i, x_j) = e^{-\gamma(x_i - x_j)^2}, \gamma > 0 \quad \text{تابع پایه شعاعی:}$$

$$\tanh(\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r) \quad \text{تابع حلقوی:}$$

که r و d پارامترهای توابع هسته‌ای هستند و به صورت دستی وارد می‌شوند. بعضی مواقع توابع هسته‌ای به عنوان پارامتر زیر استفاده می‌شوند:

$$\gamma = 1/2\sigma^2$$

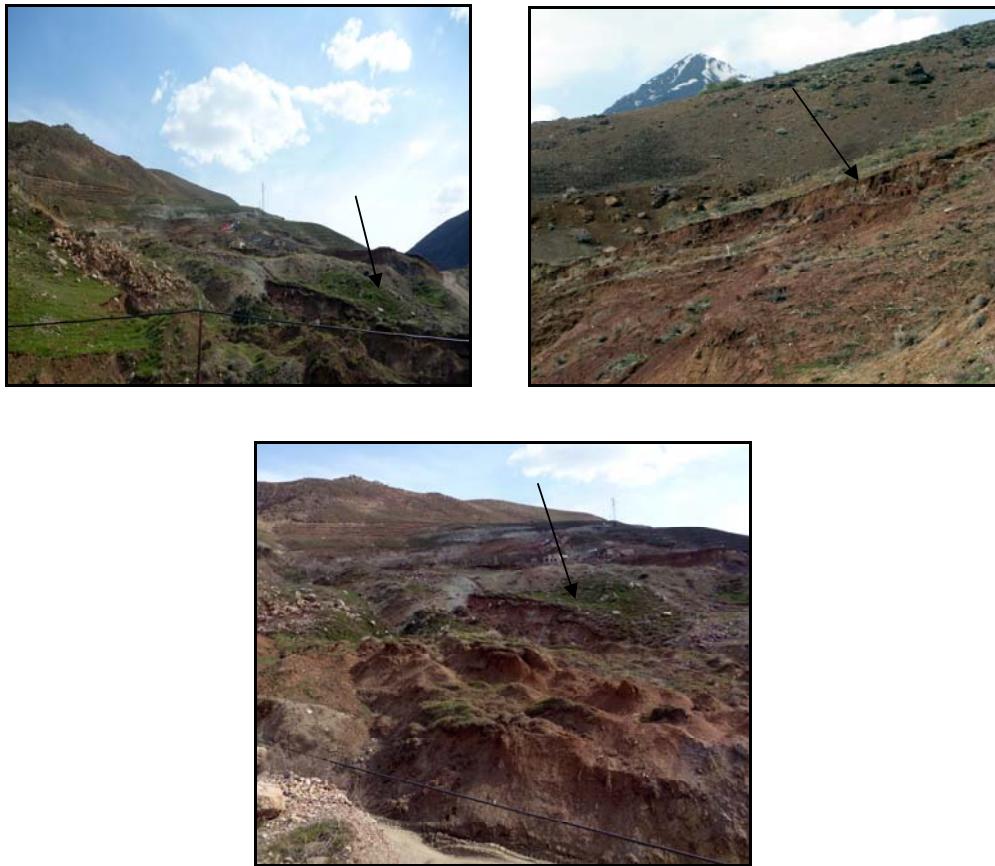
که ۵ در این یک پارامتر قابل تنظیم بوده که حاکمیت انجام هسته‌ای را دارد. اگر بالا گرفته شوند، رفتار نمایی تقریباً خطی و آنجایی که امکان از دست دادن غیرخطی در طرح‌های بزرگ-ابعاد وجود دارد، در حالی که اگر پایین گرفته شوند، مرز تصمیم برای خطای در داده‌های آموزشی محسوس می‌شود. در مطالعه و تحقیق حاضر +۱ و -۱، به ترتیب زمین‌لغزش و پایداری شبیه مکان را ارائه می‌دهند. با توجه به این الگوریتم ابتدا در نرم‌افزارهای پردازش تصویر (ENVI, Erdas) مدل‌سازی انجام گرفت و خروجی‌ها در نرم‌افزار ArcGIS بهینه و پنهانه‌های حساس به زمین‌لغزش در حوضه درکه به صورت نقشه مشخص شدند.

بحث و نتایج

از جمله مخاطرات ژئومورفولوژیکی که در حوضه درکه رخ می‌دهد، زمین‌لغزش می‌باشد (اشکال ۲ الف، ب و ج).

¹ Scholkopf

² Hastie



اشکال ۲ (الف، ب و ج)- زمین لغزش های رخداده در حوضه در که

برای انجام روش SVM در ابتدا نقشه پارامترهای تأثیرگذار بر زمین لغزش که مد نظر این الگوریتم هستند، تهیه گردید.

الف) فاصله از آبراهه: شبکه زهکشی و تراکم آن نیز نقش مؤثری را در وقوع زمین لغزش‌ها ایفا می‌کنند. در محیط نرم‌افزاری ArcGIS فاصله از آبراهه در ۵ کلاس ترسیم و مشخص گردید (شکل ۳، الف).

ب) زمین‌شناسی: عامل زمین‌شناسی به عنوان یکی از پارامترها (متغیر مستقل) در وقوع زمین لغزش‌ها به شمار می‌رود. زیرا زمین‌شناسی و ساختار متنوع آن اغلب باعث اختلاف در پایداری و مقاومت سنگ‌ها و همچنین تنوع جنس خاک می‌شود (آیالیو و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۵). حتی برخی از محققین لیتولوژی را عامل بنیادی در کنترل لندرفم‌ها می‌دانند (دای^۱ و همکاران، ۲۰۰۱: ۶۶). با استفاده از نقشه زمین‌شناسی تهران به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ لیتولوژی محدوده مورد مطالعه در ۱۱ کلاس طبقه‌بندی (جدول ۱) و در شکل (۳، ب) نشان داده شده است.

جدول ۱ واحدهای زمین‌شناسی و توضیحات آن

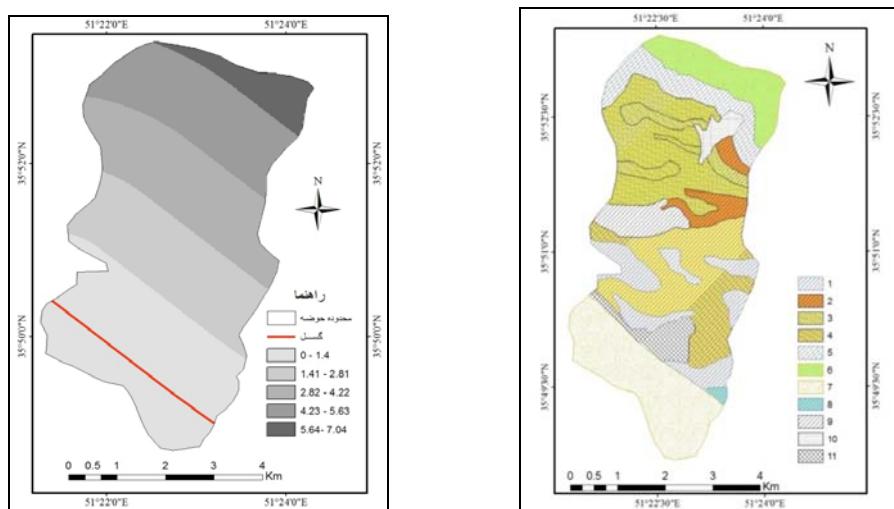
شماره	واحد زمین‌شناسی	توضیحات لیتوژئوگرافی
۱		گدازه‌های برشی آندزیتی و جریان‌های گدازه
۲		جریان‌های گدازه داسیتی - آندزیتی و پپروکلاستیت‌های
۳		توف‌های ریولیتی و جریان‌های گدازه
۴		توف‌های ریولیتی
۵		توف‌های ریولیتی و در مواردی همراه با میان‌لایه‌های شیل
۶		تناوب شیل و سیلیتسنون توفی
۷		کریستال توف و خاکستر توف سبز، توف برش و به طور محلی با میان‌لایه‌های سنگ آهک
۸		تناوب شیل و سیلیتسنون توفی
۹		تناوب توف سبز و شیل
۱۰		مخروط افکنه
۱۱		واریزه

ج) ارتفاع: برخی از محققین از ارتفاع به عنوان یک عامل کترلی در وقوع زمین‌لغزش‌ها استفاده می‌کنند (یلماز^۱، ۲۰۱۰: ۸۲۲). این عامل، جهت آبراهه‌ها و میزان تراکم شبکه زهکشی را کترل می‌کند و در میزان رطوبت خاک و میزان شبی دامنه‌ها تأثیر قابل توجهی دارد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۹). برای ترسیم نقشه ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاع محدوده مورد مطالعه (۳۰ متر) استفاده گردید و در محیط نرم افزاری ArcGIS استخراج شد (شکل ۳، ج).

د) گسل: وجود گسل‌ها و خطواره‌ها به عنوان عامل ثانویه و یک متغیر مستقل در وقوع زمین‌لغزش‌ها مورد توجه واقع شده است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۹). گسل اصلی از روی نقشه زمین‌شناسی ترسیم گردید و سپس فاصله‌ها از گسل در ۵ کلاس به فاصله ۱/۴ کیلومتر در محیط نرم افزاری ArcGIS ترسیم شد (شکل ۳، د).

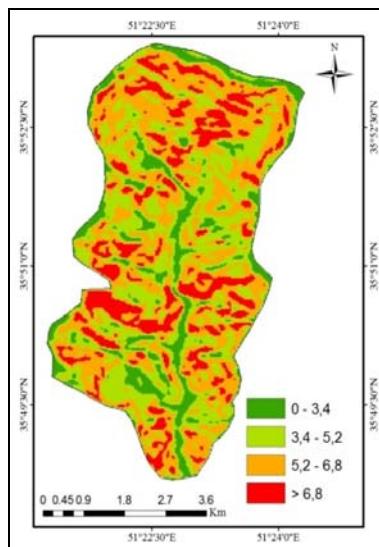
س) جهت شبی: زاویه شبی نیز از مدل رقومی ارتفاع استخراج گردیده و در ۹ کلاس طبقه‌بندی می‌شود (شکل ۳، س).

ز) زاویه شیب: زاویه شیب به عنوان یک پارامتر اساسی در ارزیابی پایداری شیب محسوب می‌شود. همچنان که زاویه شیب افزایش پیدا می‌کند، سطح ثقلی نیز کاهش یافته، تنش برشی در خاک‌های آبرفتی و نهشته‌ای افزایش می‌یابد. بنابراین دامنه‌های آرامتر کمتر در معرض زمین‌لغزش هستند (دای و همکاران، ۲۰۰۱: ۶۷). زاویه شیب هم بر اساس مدل رقومی ارتفاع استخراج گردید (شکل ۳ز).

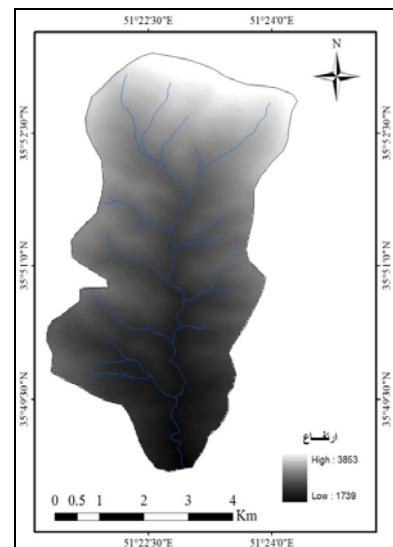


شکل ۳ ب- نقشه فاصله از گسل

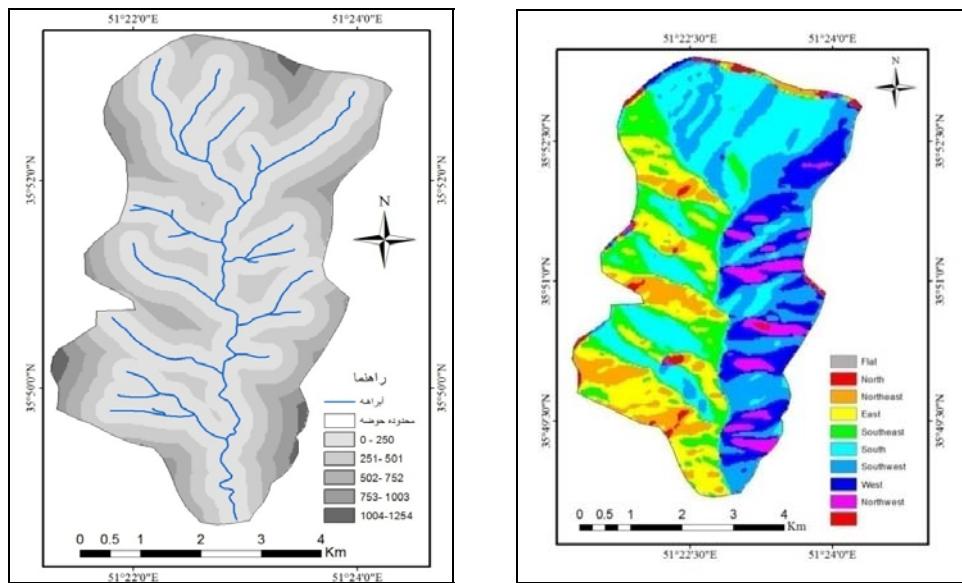
شکل ۳ الف- واحدهای لیتوژئوگرافی حوضه آبریز در که



شکل ۳ د- نقشه زاویه شیب حوضه



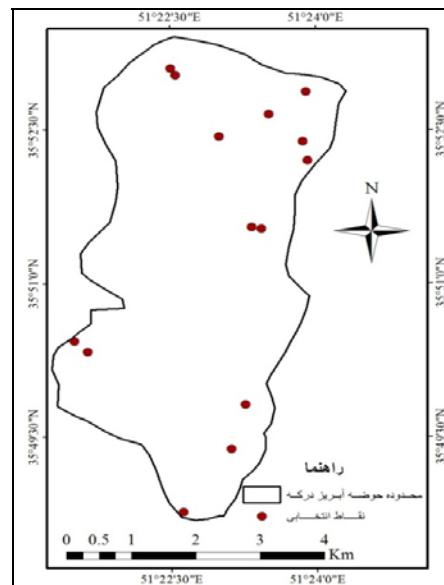
شکل ۳ ج- مدل رقومی ارتفاعی حوضه



شکل ۳ ز - نقشه فاصله از آبراهه‌ها در حوضه

شکل ۳ س - نقشه جهت شبیه حوضه

بعد از تهیه نقشه‌های مورد نیاز باید نقاطی از زمین‌لغزش‌ها تهیه شود و این نقاط بر اساس الگوریتم آموزش داده شوند. این نقاط با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Quick bird منطقه مطالعاتی برداشت شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴ - نقاط زمین‌لغزش‌های رخ داده جهت آموزش

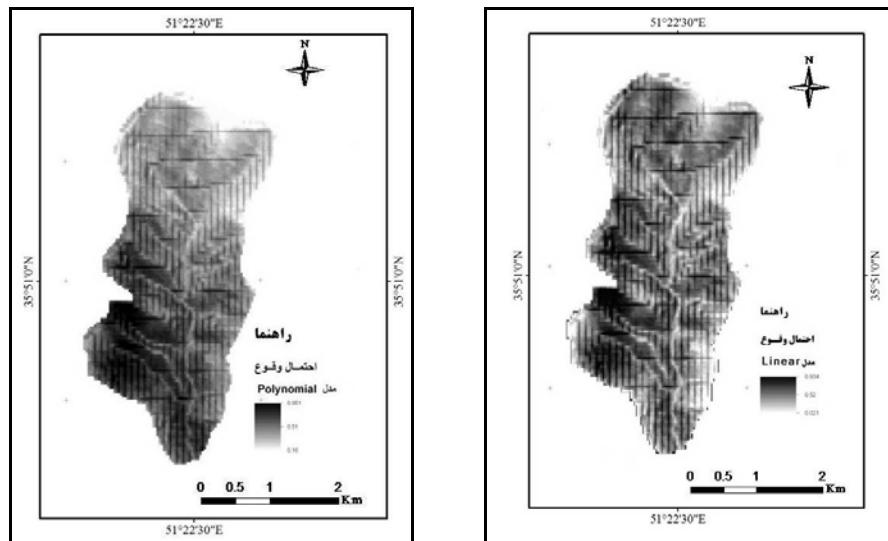
بر اساس این الگوریتم چهار نقشه خروجی از میزان حساسیت حوضه به زمین‌لغزش استخراج گردید (اشکال ۵، ۶، ۷، ۸). میزان حساسیت بین عدد صفر تا یک هست و هر چه به عدد یک نزدیک‌تر باشد، حساسیت زیادی به وقوع زمین‌لغزش داشته و امکان رخداد آن بیشتر است. بر طبق نقشه خروجی تابع خطی بیشتر پنهان حوضه آبریز در که حساسیت متوسطی به رخداد زمین‌لغزش دارد. طبق این تابع نیمه غربی حوضه حساسیت بیشتری برای زمین‌لغزش دارد و امکان وقوع این مخاطره در غرب حوضه بسیار زیاد می‌باشد. همین‌طور در شمال حوضه نیز این شرایط حاکم بوده و امکان وقوع زمین‌لغزش در آنجا نیز زیاد است. بر اساس این نقشه مناطق نزدیک به آبراهه و گسل که در غرب حوضه قرار دارند امکان لغزش پذیری زیادی دارند. در نتیجه می‌توان گفت بر طبق این تابع گسل و آبراهه بیشترین تأثیر را در وقوع مخاطره زمین‌لغزش دارند. بعد از این دو عامل نیز جنس زمین‌شناسی (گدازه‌های برشی آندزیتی و جریان‌های گدازه) تأثیرگذار خواهد بود (شکل ۵).

نقشه خروجی بر طبق تابع چندجمله‌ای بیانگر حساسیت‌پذیری متوسط به بالای حوضه به مخاطره زمین‌لغزش است. این نقشه نشان می‌دهد که در غرب و جنوب‌شرق حوضه احتمال وقوع زمین‌لغزش بسیار زیاد بوده است؛ در حالی که در شمال حوضه این احتمال تا حد متوسط پایین می‌آید. همچنین در شرق حوضه نیز حساسیت بالا ملاحظه می‌گردد. بر اساس این تابع نیز فاصله از آبراهه و گسل در میزان حساسیت حوضه به زمین‌لغزش نقش قابل ملاحظه‌ای دارند. همچنین جنس زمین (کریستال توف و خاکستر توف سبز، توف برش و به طور محلی با میان لایه‌های سنگ آهک، گدازه‌های برشی آندزیتی و جریان‌های گدازه، توف‌های ریولیتی و در مواردی همراه با میان لایه‌های شیل) نیز تأثیرگذار است (شکل ۶).

نقشه خروجی حاصل از اجرای تابع شعاعی نیز نشان دهنده حساسیت بیشتر قسمت غربی حوضه به زمین‌لغزش می‌باشد. هر چند که در این نقشه قسمت‌های شرقی حوضه نیز حساسیت متوسط تا بالای را نشان می‌دهد. همچنین در قسمت‌های شمالی و شرقی حوضه نیز پنهان‌هایی دیده می‌شود که بیانگر حساسیت زیاد به زمین‌لغزش است. بر طبق این تابع، فاصله از گسل و آبراهه در وله اول نقش زیادی در حساسیت‌پذیری حوضه نسبت به زمین‌لغزش دارند. همچنین ارتفاع و جنس زمین‌شناسی (گدازه‌های برشی آندزیتی و جریان‌های گدازه، توف‌های ریولیتی و در مواردی همراه با میان لایه‌های شیل، تناوب شیل و سیلتستون توفی، کریستال توف و خاکستر توف سبز، توف برش و به طور محلی با میان لایه‌های سنگ آهک) نیز تأثیر قابل توجه‌ای در ایجاد زمین‌لغزش دارند (شکل ۷).

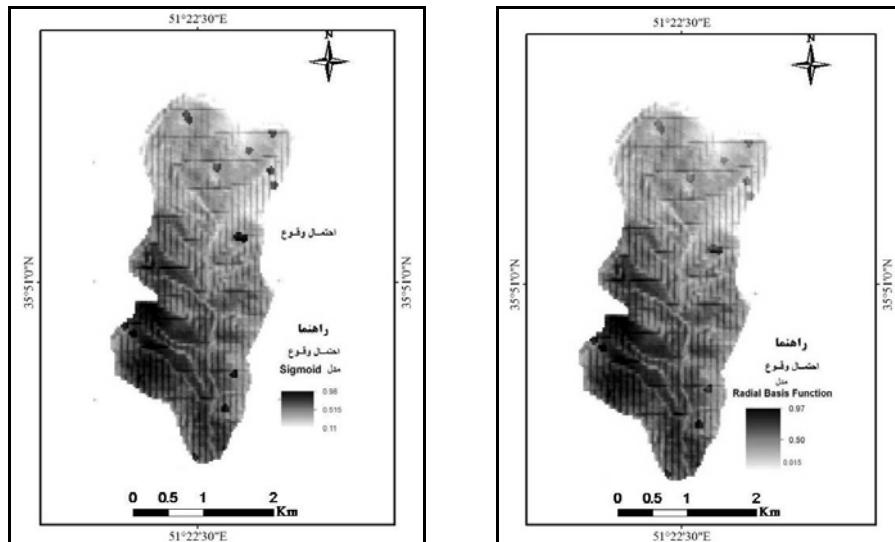
بر اساس نقشه خروجی حاصل از تابع حلقوی، قسمت غربی بیشترین حساسیت را دارد. بر طبق این نقشه اکثر پنهان‌هایی حوضه حساسیت متوسط تا بالای را نشان می‌دهد. در جنوب‌شرقی حوضه نیز یک پنهان‌هایی با میزان حساسیت بالا مشاهده می‌شود. در قسمت شرقی و شمالی حوضه لکه‌هایی با حساسیت بسیار زیاد وجود دارند. هر چند در نقشه خروجی تابع شعاعی این پنهان‌ها به صورت نقاطی نیز دیده می‌شوند، اما در تابع حلقوی این نقاط به عدد یک،

که بیانگر حساسیت خیلی زیاد بوده، نزدیکتر هستند. بر اساس این تابع نیز فاصله از گسل و آبراهه‌ها نقش اساسی در ایجاد حساسیت به زمین‌لغزش را دارند. عامل زمین‌شناسی و ارتفاع نیز نقش قابل توجهی در میزان حساسیت به زمین‌لغزش دارند. در جنوب حوضه که پایاب آبراهه محسوب می‌گردد، نیز یک پهنه کوچک دیده می‌شود که بیانگر حساسیت بالای این قسمت نسبت به رخداد مخاطره زمین‌لغزش می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۶ نقشه حساسیت بر اساس تابع چندجمله‌ای

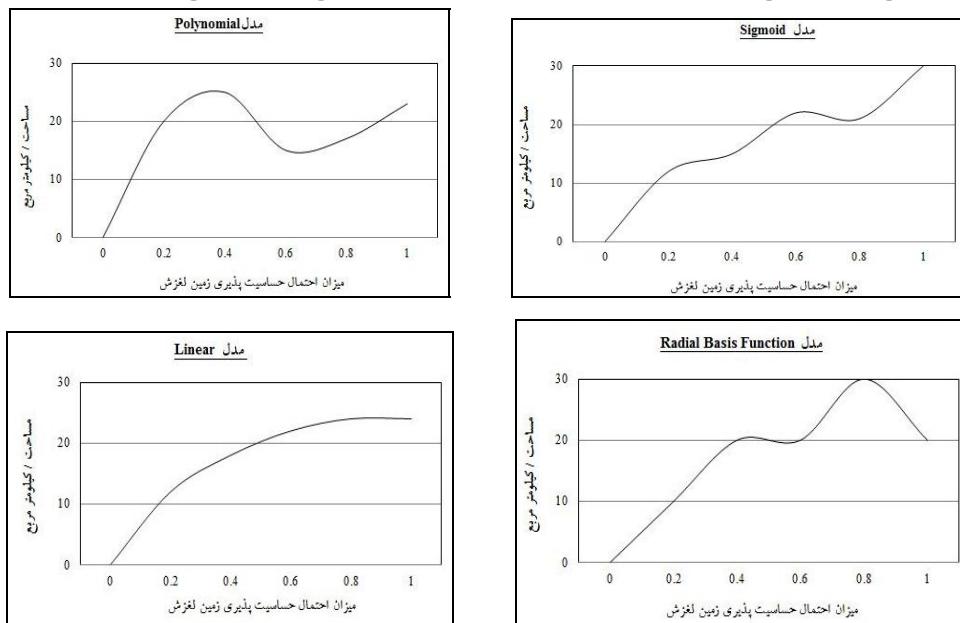
شکل ۵ نقشه حساسیت بر اساس تابع خطی



شکل ۸ نقشه حساسیت بر اساس تابع شعاعی

شکل ۷ نقشه حساسیت بر اساس تابع حلقوی

برای مقایسه، یک میانگینی از مساحت حوضه آبریز که بین صفر تا ۳۰ کیلومترمربع است، انتخاب گردید. دلیل این انتخاب، وجود اکثر نقاط آموخته در این محدوده است. در تابع حلقوی با افزایش مساحت حوضه، میزان احتمال حساسیت به زمین‌لغرش در حوضه افزایش می‌یابد. البته این میزان افزایش به صورت تدریجی رخ می‌دهد و در مساحت ۳۰ کیلومترمربع به حداقل احتمال می‌رسد، در حالی که این احتمال در مساحت ۲۰ تا ۲۲ کیلومترمربع روند نسبتاً ثابتی را طی می‌کند (شکل ۹ بالا سمت راست). در تابع چندجمله‌ای حداقل افزایش را در ۲۵ کیلومترمربع مشاهده می‌شود. از صفر کیلومترمربع تا ۲۵ کیلومترمربع احتمال حساسیت به زمین‌لغرش به طور یکنواختی افزایش یافته در حالی که این افزایش بعد از یک تغییر تدریجی تا میزان ۱۵ کیلومترمربع کاهش می‌یابد و سپس بعد از یک افزایش به میزان ۲۲ کیلومترمربع می‌رسد (شکل ۹ بالا سمت چپ). در تابع شعاعی میزان احتمال حساسیت از ۰ تا ۲۰ کیلومترمربع افزایش نسبتاً یکنواختی را نشان می‌دهد، سپس در حدود ۲۰ کیلومتر یک مسیر ثابتی را نشان می‌دهد. بعد از آن تا ۳۰ کیلومترمربع افزایش قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌گردد و بالاصله این میزان تا عدد ۲۰ کیلومترمربع کاهش می‌یابد. بدین معنی که حداقل احتمال در این تابع ۲۰ کیلومترمربع است (شکل ۹ پایین سمت راست). در تابع خطی حداقل میزان افزایش از ۰ تا ۱۲ کیلومترمربع به طور یکنواختی افزایش می‌یابد، سپس از ۱۲ تا ۲۳ کیلومترمربع این میزان افزایش کنتر صورت می‌گیرد تا این که در میزان ۲۳ کیلومترمربع مسیری ثابت را طی می‌کند و حداقل احتمال ۲۳ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۹ پایین سمت چپ). مقایسه توابع فوق بیانگر این مطلب است که حداقل مساحت با ۳۰ کیلومترمربع متعلق به تابع حلقوی و حداقل احتمال به میزان ۲۰ کیلومترمربع مربوط به تابع شعاعی است.



شکل ۹ فراوانی توزیع احتمال حساسیت‌پذیری زمین‌لغرش در توابع حلقوی، چند جمله‌ای، شعاعی و خطی

اعتبار سنجی الگوریتم

برای اعتبار سنجی دقت الگوریتم SVM و توابع آن از نقاط آموزشی (شکل ۴) استفاده گردید و خروجی‌های به دست آمده از توابع با نمونه‌های انتخابی مقایسه شد (منظور از نمونه‌های انتخابی، زمین‌لغزش‌های رخ داده است که تعدادشان ۱۴ زمین‌لغزش است). در بین توابع اجرا شده، تابع حلقوی به خاطر انطباق بیشتر با واقعیت بهترین عملکرد و دقت را دارد. پس از آن به ترتیب توابع شعاعی، چند جمله‌ای و خطی از نظر عملکرد و نشان دادن میزان حساسیت در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

نتیجه‌گیری

زمین‌لغزش یکی از مخاطرات محیطی است که در حوضه آبریز درکه رخ می‌دهد (شکل ۲ الف، ب، ج). نزدیکی این حوضه به شهر تهران، جنبه گردشگری آن و استقرار مراکز سکونتگاهی همچون روستای درکه باعث شده‌اند تا توجه و دقت به مخاطره زمین‌لغزش در مدیریت محیطی حوضه آبریز درکه دارای اهمیت قابل توجهی باشد. هوش مصنوعی از جمله فنونی است که در سال‌های اخیر برای مشخص کردن پهنه‌های زمین‌لغزش و میزان احتمال حساسیت به زمین‌لغزش مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بین این فنون، الگوریتم SVM یک روش کاربردی است که در سال‌های اخیر برای مطالعه زمین‌لغزش مورد توجه قرار گرفته است. در الگوریتم SVM چهار تابع حلقوی، شعاعی، خطی و چند جمله‌ای مدل نظر است. بر اساس نقشه خروجی حاصل از تابع حلقوی، قسمت غربی بیشترین حساسیت را دارد. بر طبق این نقشه، اکثر پهنه این حوضه حساسیت متوسط تا بالای را نشان می‌دهد. در جنوب شرقی حوضه نیز یک پهنه با میزان حساسیت بالا مشاهده می‌شود. در قسمت شرقی و شمالی حوضه لکه‌هایی با حساسیت بسیار زیاد وجود دارند. بر اساس نقشه خروجی تابع خطی بیشتر پهنه حوضه آبریز درکه حساسیت متوسطی به رخداد زمین‌لغزش دارد. طبق این تابع نیمه غربی حوضه آبریز درکه حساسیت بیشتری برای زمین‌لغزش دارد و امکان وقوع این مخاطره در غرب حوضه بسیار زیاد می‌باشد. همین طور در شمال حوضه نیز این شرایط حاکم بوده و امکان وقوع زمین‌لغزش در آنجا نیز زیاد است. نقشه خروجی حاصل از اجرای تابع شعاعی نیز نشان‌دهنده حساسیت بیشتر قسمت غربی حوضه به زمین‌لغزش است. هرچند در این نقشه، قسمت‌های شرقی حوضه نیز حساسیت متوسط تا بالایی را نشان می‌دهد. همچنین در قسمت‌های شمالی و شرقی حوضه نیز پهنه‌هایی دیده می‌شود که بیانگر حساسیت زیاد به زمین‌لغزش است. نقشه خروجی بر طبق مدل چند جمله‌ای بیانگر حسیاسیت پذیری متوسط به بالای حوضه به مخاطره زمین‌لغزش می‌باشد. این نقشه نشان می‌دهد که در غرب و جنوب شرق حوضه احتمال وقوع زمین‌لغزش بسیار زیاد است؛ در حالی که در شمال حوضه این احتمال تا حد متوسط پایین می‌آید. بر اساس توابع اجرا شده، عامل فاصله از گسل و آبراهه و وضعیت لیتوژئیکی بیشترین نقش را

در میزان حساسیت به زمین لغزش در حوضه آبریز درکه ایفا می نمایند. با توجه به محاسبات صورت گرفته حداقل مساحت احتمالی حساس به زمین لغزش با ۳۰ کیلومترمربع متعلق به تابع حلقوی و حداقل مساحت احتمالی به میزان ۲۰ کیلومترمربع مربوط به تابع شعاعی می باشد. در بین توابع اجرا شده تابع حلقوی به خاطر انطباق بیشتر با واقعیت بهترین عملکرد و دقت را دارد. همچنین تابع خطی از نظر عملکرد پایین ترین دقت را نشان داد.

References

- Atkinson, P., Massari, I., 1998. Generalized linear modeling of landslide susceptibility in the Central Apennines, Italy. *Computers & Geosciences* 24, 373–385.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., 2005. The applicationof GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the kakuda-yahiko Mountains, central Japan, *Geomorphology*. 65, 15-31.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Ugawa, N., 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS based weighted linear combination. the case in Tsugawa area of Agano River. Niigata Prefecture, Japan. *Landslide* 1, 73–81.
- Bai, S. J., Wang, Lü, P., Zhou, S., Hou, S. Xu., 2010. GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area. China, *Geomorphology* 115 , 23–31.
- Ballabio. C., S. Sterlacchini., 2012. Support Vector Machines for Landslide Susceptibility Mapping: The Staffora River Basin Case Study. Italy, *Math Geosci*, 44, 47–70.
- Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., Reichenbach, P., 1991. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surface Processes and Landforms* 16, 427–445.
- Dai, F.C., Lee, C.F., 2001. Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information system: a case study. *Canadian Geotechnical Journal* 38, 911–923.
- Ermini, L., Catani, F., Casagli, N., 2005. Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment. *Geomorphology* 66, 327–343.
- Ghanavati. E., 2011. Landslide hazard zonation in Jajrud Basin Using Hierarchical Analysis Method. *Journal of Applied Research Geographical Sciences* 20, 51- 68.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study. central Italy. *Geomorphology* 31, 181–216.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., 2006. Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology* 81, 166–184.
- Hashemi. S. H., J. Karami., J. Amini., A. Alimohamadi., 2010, Zoning areas susceptible to landslides using Fuzzy Topsis algorithms and GIS (Case Study: Lorestan Province). *Journal of Remote Sensing and GIS* 8, 23- 36.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.H., 2001. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction*. Springer Verlag, New York.
- Hattanji. T., H. Moriwaki., 2009. Morphometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distance of future landslides, *Geomorphology* 103, 447–454.

- Hosainezadeh. M., M. Servati., A. Mansouri., B. Mirbagheri., S. Khezri., 2009. Zoning risk of mass movements using a logistic regression model (case study: the path of the Sanandaj - Dehgolan). *journal of Iran Geology* 11, 27- 37.
- Jade, S., Sarkar, S., 1993. Statistical models for slope stability classification. *Engineering Geology* 36, 91–98.
- Kanungo, D.P., Arora, M.K., Sarkar, S., Gupta, R.P., 2006. A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology* 85, 347–366.
- Karam.A., 2004. Application of Linear mixed models in landslide occurrence potential zonation (Case Study: Sarkhon area in Charmahal and Bakhteyari Province). *Journal of Geography and Development* 4, 131- 146.
- Karimisangchini. E., M. Onagh., A. Sadaldin., A. Najafinejad., 2010. Landslide hazard zonation using multiple regression statistical methods and GIS in Chel Chay basin of Golestan province. *Journal of Forest and Range* 88, 20- 26.
- Khaledi. Sh., Kh. Derafshi., A. Mehrjo., S. gharehchhi., Sh. Khaledi., 2012. Assessment of the landslide effective factors and zonation of this event using logestic regression in the GIS environment: the Taleghan watershed case study). *Quarterly of Geography and Environmental Hazards* 1, 65- 82.
- Komac, M., 2005. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology* 74, 17–28.
- Lee, S., Ryu, J.H., Won, J.S., Park, H.J., 2004. Determination and application of the weights for landslide susceptibility mapping using an artificial neural network. *Engineering Geology* 71, 289–302.
- Lin. Y., H. J. Chu., C. F. Wu., 2010, Spatial pattern analysis of landslide using landscape metrics and logistic regression: a case study in Central Taiwan, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss* 7, 3423–3451.
- Marjanovic. M., M, Kovacevic., B. Bajat., V. Vozenilek., 2011. Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm. *Engineering Geology* 123, 225–234.
- Mohamadi. M., H. Moradi., S. Faiznia., H. Pourghasemi., 2009, Priority of influencing factors and landslide hazard mapping using models of data and analytic hierarchy process (case study: part of Haraz watershed). *Journal of Earth Sciences*, 27- 32.
- Moradi. H., H. Pourghasemi., M. Mohamadi., M. Mahdavifar., 2010, Landslide hazard zonation using fuzzy gamma operator (Case Study: Haraz watershed). *Journal of Environmental Sciences* 4, 129- 142.
- Mosavikhatir. S. Z., A. Kavian., K. Solaimani., 2010. Preparation of Landslide susceptibility map in Sejarod Basin Using a logistic regression model. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 53, 99- 111.
- Mosfaei, J., M. Onagh., Z. Faridkia., 2009. Landslide hazard zonation using the correlation equation modeling and hierarchical analysis (case study: Alamut River Watershed). *Journal of Forest and Range* 84, 50- 57.
- Niazi. Y., M. Ekhtesasi., A. Talebi., S. Arkhi., M. H. Mokhtari., 2010. Performance evaluation of two multivariate statistical model to predict landslide hazard (case study: Ilam dam area). *Journal of sciences and Watershed Engineering Iran* 10, 9- 20.
- Ohlmacher, C.G., Davis, C.J., 2003. Using multiple regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas. USA. *Engineering Geology* 69, 331–343.

- Pourghasemi, H., H. Moradi., S. M, Fatemiogha., M. Mahdavifar., 2009. Landslide risk assessment using a multi-criteria decision making in fuzzy. Journal of sciences and Watershed Engineering Iran 8, 51- 62.
- Rakei, B., M. Khamehchian., P. Abdolmalaki., P. Giachi., 2007. Application of Artificial Neural Network in The landslide hazard zonation, Case Study: Safidargale area in Semnan province. Journal of Sciences 1, 57- 64.
- Roering, J.J., Kirchner, J.W., Dietrich, W.E., 2005. Characterizing structural and lithological controls on deep-seated landsliding: Implications for topographic relief and landscape evolution in the Oregon Coast Range. USA. Geological Society of America Bulletin 117, 654–668.
- S.sakar., D.P.Kanungo., G.S.Mehrotra., 1995. Landslide zonation: A case study in garhwal Himalaya. India, Mountain Research and Development, Vol1 5 (4), 300-301.
- Scholkopf, B., Smola, A.J., Williamson, R.C., Bartlett, P.L., 2000. New support vector algorithms. Neural Computation 12, 1207–1245.
- Suzen, M.L., Doyuran, V., 2004. Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu Catchment, Turkey. Engineering Geology 71, 303–321.
- Vapnik, V.N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer Verlag, New York.
- Xu, C., F. Dai., X. Xu., Y. Lee., 2012. GIS-based support vector machine modeling of earthquake triggered landslide susceptibility in the Jianjiang River watershed. China, Geomorphology 145–146, 70–80.
- Yao, X., Tham, L.G., Dai, F.C., 2008. Landslide susceptibility mapping based on Support Vector Machine: a case study on natural slopes of Hong Kong. China. Geomorphology 101, 572–582.
- Yesilnacar, E., Topal, T., 2005. Landslide susceptibility mapping: a comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study. Hendek region (Turkey). Engineering Geology 79, 251–266.
- Yilmaz, I., 2010. Comparison of landslide susceptibility mapping methodologies for Koyulhisar, Turkey: conditional probability, logistic regression, artificial neural networks, and support vector machine. Environmental Earth Sciences 61, 821–836.
- Zhu, L., H. Jing-Feng., 2006. GIS-based logistic regression method for landslide susceptibility mapping in regional scale. Journal of Zhejiang University SCIENCE A 7 (12): 2007-2017.

Identifying of Drought Regions of Gilan Province Using Rainfall Anomaly Index and Cluster-Distance Analysis

Mahmood Khosravi¹* Zahraie. A² Haydari. H³ Baninaiemeh. S⁴

¹ Department of Geography, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, IRAN

² M.Sc Student of Geography, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, IRAN

³ M.Sc Student of Geography, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, IRAN

⁴ M.Sc Student of Geography, Islamic Azad Tehran University, Tehran, IRAN

Received 11 June 2012

Accepted 2 January 2013

Introduction

Drought is a climatic hazard that occurs in the vast areas throughout the world. It causes physical suffering, economic losses, and Environmental instability. Drought is a slowly developing very which is phenomenon, and it is very difficult to determine when a dry spell becomes a drought or when a severe drought becomes an exceptional drought. It is usually starting with less dramatic effects than other natural disasters, but its effects are long lasting and widespread (Mavi and Tupper 2004). Meteorological droughts are characterized by a lack of precipitation, often combined with higher than normal potential evapotranspiration, for a long period of time and over a large areas. Meteorological drought indicators use precipitation data to determine meteorological droughts.

This paper is focused on drought hazard distribution and its Environmental impacts in the Gilan province. We used the precipitation data as Meteorological drought indicators to determine Meteorological droughts.

Study Area

The Gilan province is one of the most humid regions in the northern of Iran is located in the southern Caspian Sea Coasts. Gillan Province with an average precipitation of 1100mm has a temperate and humid climate. Yearly precipitation is distributed through Mid-September to late April. This rainfall makes up nearly 80percent of the total precipitation during the year (tajdari2: 1390).

Material and Methods

In this paper the precipitation data of 32 Rain Gauge Stations of Gilan province in 30 years period were extracted. For monitoring and zoning droughts conditions in this region some indices and methods were used. Roy presents rainfall Anomaly Index (RAI) in 1965. The rainfall anomaly index is based on the calculation of standard deviation values from the normal precipitation amounts. For trends analysis of droughts data the non-parametric tests are utilized. The trend tests classified into two categories of parametric can dnon-parametric tests. Parametric tests make certain assumptions about the data in which the test is performed. First, there is the assumption that the data is drawn from a normal distribution. The using of nonparametric techniques has a long tradition in time series analysis. Non-parametric (distribution-free) methods, which relax the assumptions, may serve as an alternative. There is no assumption of normality of data in non-parametric tests at the same time. So if we are not sure about the normality, it seems more prudent to use non-parametric tests. Cluster analysis is a way to divide a data stein to useful and homogenized subsets (clusters or categories) with the same features. Data that are similar set in one cluster, where data are dissimilar set in separate clusters.

* Email: Mahmood.Khosravi@Gmail.com

Corresponding Author 00989151412281

Results and Discussion

In this study the precipitation data of rainfall stations were analyzed. Precipitation sanely sis showed that the maximum precipitations concentrated in the coastal region like Anzali, Castle River, Astara and Bash mahaleh. Minimum precipitations in southern parts of the province around Manjil, Gavard and Paroud bar can be seen .In the next step the trend sin precipitation time series based on non parametric methods were determined. The results showed that there is no trending the precipitation time series. Then the coefficients of drought for the stations based on rainfall anomaly index were extracted. After determining the coefficients, the percent age frequency of occurrence and severity of drought zoning were plotted for the period 1389-1360. The results of frequency analysis showed that the highest frequency of weak droughts (with 20 to 26% frequency of occurrence) is located in the central region sand around the north western of province. The highest frequency of occurrence of moderate droughts is located near the Hashtpar station with 20 to 27 percent frequency of occurrence. In the severe droughts, parts of east and southern and north west province and marginal areas have the greatest percentage the frequency of occurrence and finally the highest frequency of occurrence of very severe droughts in the southern corner of the province was seen.

Conclusion

A cluster analysis by Euclidian distance and Ward method was applied to the Droughts data. Testing different methods to determine the number of clusters, 4 clusters were finally chosen. These clusters have an acceptable percent of similarity in the droughts zoning identification. The first cluster extended to the most areas in central and somewhat in northern of province. The second cluster is the most extensive drought areas in the province, which is covered some regions in western, central and northern of province. The third clusters located in the south and south west of province and finally the fourth clusters located as a distinct area in the eastern corner of the province. According to the results of analysis of the droughts occurrence frequency, the second, first, fourth and third clusters priorities are in risk of drought.

Finally it should be considered that with regard to sensitive vegetation in humid areas such as Gilan, lack of moisture and drought risk can be more severe than the dry regions.

Key Words: Drought, Rainfall Anomaly Index (RAI), Cluster analysis, Gilan Province.

Prediction of Drought in the Khorasan Razavi Province During 2011-2030 by Using Statistical Downscaling of HADCM3 Model Output

Fatemeh Moafi Madani^{1*} Mousavi Baygi, M² Ansari, H³

¹ MSc Student of Agro meteorology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, IRAN

² Department of meteorology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, IRAN

³ Department of Irrigation, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, IRAN

Received 10 July 2012

Accepted 9 December 2012

Introduction

Because of the vital role of water in human life, examining the phenomenon of climate change effects on drought severity and frequency is important for any area of interest. Nowadays, climate Researchers considers the effects of climate change and climate simulations by using the atmospheric-ocean general circulation models. To achieve the prediction of climatologically parameters, various statistical and dynamical models have been developed to simulate and downscaling of GCM output models. The statistical model of LARS-WG is such a model, which is very powerful for this aspect.

Study Area

The province of Khorasan Razavi with an area of 144802 Km² is located in the northeast of Iran. Based on De Martonne's climate the study area included indicator, Khorasan Razavi classified in arid and semiarid climate zones. The highest point of province is Binalud Mountain with an elevation of 3420 meter and the lowest point in Sarakhs plain with an elevation of 299 meter above the sea level. The LARS-WG model is one of the stochastic weather data generators, which is using to generate data for daily precipitation, radiation, maximum and minimum temperature for present and future times.

Material and Methods

To run the model of LARS-WG, daily precipitation, minimum and maximum temperature, and sunshine hours of 10 synoptic stations of Khorasan Razavi for 20-year duration were Selected for Model inputs (1991–2010). All data obtained from the data center of Iran meteorology office.

The aim of this study is assessing the effects of climate change on drought occurrences in Khorasan Razavi by using drought index such as decile (DI) and the standardized precipitation Index (SPI) for the next two decades. The daily data from the output of general circulation model HADCM3 under scenario A2 is downscaled by LARS-WG statistical model version 5, and the ability LARS-WG5 model is validated in simulations of past climate (1991-2010), in 10 synoptic stations. Then the climatic variables of the minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and sunshine hours are simulate for 2011-2030. Then, rainfall and drought conditions are monitored to extraction of inter annually list of drought indicators.

Results and Discussion

The results showed that the LARS-WG model has high ability to simulate climatic variables. The most error in simulation of climatic parameters is related to rainfall. While the model shows higher accuracy for estimation of minimum and maximum values but for average amount, the rainfall has

* Email: mousavi500@yahoo.com

Corresponding Author 00989153167311

increased in the 75 % to 77% of months the first and second decades of forecasting period. The noteworthy result of calculated index deciles is that the number of months, with average, severe and very severe drought conditions in the twenty next years is reduced considerably compared with the base period.

Furthered Results showed a very good agreement between deciles (DI) and the standardized precipitation Index (SPI) for assessment of drought for next two decades. Torbat-jam station is an exaction point Due its difference results compare with other stations. The differences results of Torbat-jam station is by increasing of sunshine hours and it's consequent rainfall based on our analysis more than 90% of the study area will face to increasing the drought intensity over the next twenty years.

Conclusion

Check the status of drought in Khorasan Razavi province during the next two decades, shows most of the stations in most years of study period, the drought decrease and the number of wet month's increases. Comparing the results of two different (first and second) decades implies that the number of wet months in the second decade increases respect to the first decade. The results also show the climate of Khorasan Razavi will be quiet difference with the current situation. The result of drought situation in this study is agreement with the results of some other studies and of course is not agree with the results showed by few researchers. The reason of the similarity of the results can be confirm the ability of the model and thus as error reduction in output of climate parameters. Also the reason of disagreement of the results could be due to run time error of the model in climatic parameters simulation in other studies.

Key Words: Climate change, Drought, General Circulation Model (GCM), LARS-WG model, Downscaling, DI index, SPI index.

The Study and Estimate of Floods in meandering river channels according to changes the channel bending (Case Study: Aji-Chay river in the North West of Iran)

Maryam Bayati Khatibi *

Department of Geography, Tabriz University, Tabriz, IRAN

Received 7 June 2012

Accepted 11 September 2012

Introduction

Active Mending Rivers are the most dynamic and sensitive parts of the fluvial landscapes. Meandering rivers suffer a large Geomorphic changes during the annual flood events. Based on large flood evidences, reconstruction of the channel bed migration will be possible, which is use for Evaluation of future Evaluation and flood risk assessment in the flood plain areas. The morphological evolution of river meanders has been analysed by many authors and various pattern and models has been suggested (eg.Alfredo 2010, chen 2006, Hook 2008, Borisova 2006). Many researchers have examined the morphological impacts of floods and some studies of channel instability have combined time scales, examined the combined effects of flood phases and demonstrated temporal and spatial variability of stream stability.

There are many meandering rivers passing from flood Palin areas in Iran which are studied by Iranian researchers (eg. Bayati Khatibi 2012, Rezaei moghadam and khoshdel 2009, Yamani 2008, Jahadi Toroghi and Hosseinzadeh 2012).

The purpose of this paper is to demonstrate of active channel changes of Aji-Chay River over the time and assessment of flood occurrence potential based on disptacement of bending river course.

Study Area

Aji-Chay river is one of the largest rivers in the northwestern of Iran to drain an area with 12790km² to orumieh lake. The study reach is selected from sarab city to Tabriz International airport at the Northern latitude of 37° 58' 07" and Eastern longitude of 47° 45' 12". most geologic formations of the flood plain include young alluvial gravel and plyas sediments. The study reach is been divided to smaller parts to further analysis (figi).

Material and Methods

Satellite Images and areal photographs were used for Geomorphological Mapping and measuring the meander characteristics. In addition the annual pick discharge records at the nahand, said abad, Khajeh and vaniyar gage station was analysed for Estimation of flood occurrence intervals. To assess the effect of the drainage basin characteristics on the flooding phenomenon on the following coefficients and indexes were calculate roughness basin (Bh), roughness number (Rn), drainage density (Dd), constant of channel maintenance (C), stream frequency (Fu), texture ratio (T) and form ratio (Rf) was calculate. also to assess of the effect river channel characteristics in event of flooding, the parameters active channel width(W), active channel depth(D), evaluation of the relation between discharge and width in meander channel and too indexes bending arc (B), flood abate ratio (Rf) and finally channel adjustment(CA) obtain. The coefficients are used by many authors to describe of relation of drainage basin properties' and flooding (e.g. Baker1988).

* Email: M_bayati@tabrizu.ac.ir

Corresponding Author 00989144159421

Results and Discussion

The results calculation of the drainage density in different parts of the Aji-Chay basin indicates that proportion of the drainage density near the outlet of basin is relatively high and its value is 61.1 resulted increases the probability of flood occurrence in this section than the other areas. The results obtained from the calculation of the roughness coefficient and basin roughness indicate that the elevation differences causes to decrease the concentration and may cause the inundate in lower parts. Also, the calculation other parameters show a high potential for flooding in this basin. The relationship between meander length and discharge in the river channel indicates that discharge rate affected by the meander length, is very different and in the near of Tabriz city and meddle parts of the river channel the discharge rate reach its peak. According to the calculated of the flooding potential (LFH) in almost all parts of the river potential risk of flooding is high and the amount of this risk is more than the other parts at ranging between the Sarab to Venyar. According to the calculating and comparison of annual discharges with the method of normal distribution, the occurrence probability of peak discharges more than $80m^3/s$ is estimated in the Nahand gage Station.

Conclusion

Evaluation of peak discharges recorded at stations of the basin river is demonstrator the occurrence of massive floods at path the Aji-Chay river channel. Also historical study and high flood mark remains in the below of old bridge is evidences of this flood. According to factors related to the bending of the active channels in all of the study reach from the middle part towards the airport of Tabriz, the risk of annual flooding will increase. In addition to flooding, erodibility the banks of floodplain and increasing sediments volume is also a serious impacts. As well as the bending arc changes indicates that the risk of flood occurrence has been changed in different parts and over the future times, with the instability of river bends, under the flood impacts, installations around the river are at risk.

Key Words: Meander, flood, flood hazard, Active channel, Aji-Chay basin, Aji-Chay River.

Actual Soil Erosion Risk Mapping Using Modified CORINE Method (Case Study: Jahrom Basin)

Adel Sepehr^{1*} Honarmandnejad. S²

¹ Department of Geography, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, IRAN

²M.Sc Student of Geography, Isfahan University, Isfahan, IRAN

Received 2 October 2012

Accepted 8 January 2013

Introduction

Soil losses and erosion is one of the main causes of fertility decreasing, sedimentation in River cannels and irrigation canals, decreasing of storage capacity in dams, increasing of floods frequency, environmental pollution and it prevents from stable development. More than 70% of Iran land is covered with arid and semi-arid areas. Soil erosion as one of the main causes of soil degradation, annually loss large volume of fertile soils in the Fars province. CORINE methodology is a standard method used by the countries of the European Union to determine erosion risk and qualities of the lands. Using the methodology, countries of the European Union sharing the coasts of the Mediterranean Sea have completed their erosion risk maps and classification of their lands. The main goal of this research is preparing actual soil erosion and potential soil erosion map. In this research, the CORINE method has been modified according to the Jahrom watershed basin as study area of the research. CORINE model applied for assessing and estimating soil erosion risk in the Jahrom basin. To calculate of actual soil erosion, estimating erodibility, erosivity, slope, land use and vegetation is needed.

Material and Methods

Topographic and geologic maps with scales of 1:25000 and 1:100000 were used as the main data source to provide digital elevation model (DEM) of the study area. The paper maps of the study area have been scanned and rectified. The DEM have been derived from contour maps. Slope layer has been generated from DEM data and classified into 5 groups according to the geomorphologic units.

The erosionvity index has been calculated by Fournier index, which determines the precipitation energy to loss soil. For investigating soil erodibility, 1:250000 scale soil maps were used. Soil texture, soil depth and soil large stone fragment amounts have been considered for providing soil erodibility.

The integrating soil erodibility with soil erosivity based on slope map leads to potential soil erosion risk map. To prepare actual soil erosion risk, the vegetation map, which shows the conservation areas, has been applied. The actual soil erosion risk has provided by integrating potential soil erosion risk and vegetation type maps.

Results and Discussion

The results showed more than 60% of the study area is categorized with high potential erosion risk. About 20% of the study area is classified with high severity erosion, which is

* Email: adelsepehr@um.ac.ir

Corresponding Author 0098915508 5732

¹ Corinne (Coordination of Information on the Environment)

located in the areas with steep slope, low vegetation coverage and high precipitation. The results indicated that more than 80% of the catchment is categorized with high and moderate potential risk of soil erosion, while the actual risk of the study area is low. High precipitation, high slope and low vegetation cover lead to increase actual risk of soil erosion.

Vegetation coverage is one of the most important factors in soil erosion risk assessment. The vegetative cover and land use conventions of the study site have been detected by digitized of stand maps with in GIS environment. In general CORINE methodology showed reliable results and was modified based on the studied area conditions. Advantages of this model, in contrast to other common erosion and soil erosion prediction models, is its simple usage to assess the dataset, the commonly used software it employs, and mapping actual soil and potential soil erosion risk.

Conclusion

Soil erosion is considered as one of the major threats to Iran soils, particularly in the arid and semi-arid areas, which cover more than 75% of Iran climatic zones. In order to effectively formulate mitigation strategies and implement conservation measurements to counteract soil erosion, it is essential to objectively identify and quantify areas at risk.

The goal of this study is to develop and verify an erosion and soil erosion risk model that can be easily employed in Iran under conditions of limited data availability. The model 'CORINE' is well suited for this application. The Fournier index has been applied for erosivity of studied area. The soil erodibility was prepared by soil texture, soil depth and stoniness indicators. Ultimately the integrating potential soil erosion risk and vegetation type maps based on slope leads to provide actual soil erosion risk map.

The simple algorithms utilized for running the model are flexible to different spatial and temporal data accuracies. Also, the model can universally be applied in areas with semi-arid to semi-humid climate conditions without spatial limitations.

Key Words: Soil Erosion, CORINE Model, Semi-arid climates, erosivity, Jahrom bastin.

Soil Salinization Assessment and Monitoring over Damghan alluvial fan, based on RS technique and field investigation

Mohammad Sharifi Kia^{1*} Afzali. A²

¹ Department of Remote Sending, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN

² M.S Student of Geography Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN

Received 11 November 2012

Accepted 8 January 2013

Introduction

Worldwide salinization and degradation of soil is a widespread and important environmental challenge. Soil salinization is one of the most common land degradation processes in arid and semi-arid regions, where evaporation exceeds over precipitation. Under arid climatic conditions, soluble salts are accumulated in the soil, influencing soil properties and environment with ultimate decline in soil productivity. Soil salinity monitoring in irrigated and drained fields is necessary to follow the control of soil salinity provided by a drainage system. A subsurface drainage system can prevent or decrease the salinization hazard Trend, a common phenomenon wherever irrigation is practiced under arid and semi-arid climatic conditions. About 77 million hectares of the world's land have been saline as a consequence of human activities (secondary salinization), with 58% in irrigated areas. 20% of the world's irrigated lands are affected by salt, but this condition increases to more than 30% in countries which are located in arid lands such as Egypt, Iran and many similar areas. Implementation of this assessment, before doing any action, needs to use adequate techniques and to record the changes and disclose of soil salinity ratio and domain. Remote sensing data providing namely satellite image and Arial photos along with processed thematic maps from this images over GIS platform is most effective in both coast-speed and accurate to control and assessment of this phenomena.

Data providing is one of the main challenges in case of soil salinity studies based on remote sensing techniques. In this case, data resolution in form of spectral, spatial and temporal is an important task for data selection and collected from source. In order to provide data for such studies many sensors can be nominated while the TM and ETM sensors carry by Land sat satellites as well as ASTER sensor are more popular which is many researches has been done so far.

Material and Methods

Damghan alluvial fan located in north of Damghan county with longitude 54° 10 to 54° 31 and latitude of 36° 00 to 36° 15. This alluvial fan with area of 376 km² is a part of southern morphological unit of central Alborz range that formed by Damghan rood River flowed NW-SE direction

The present study has been done based on pragmatic method along with field investigation and satellite data analysis. Research method is laboratory – surveying and analytical. The geo statistical database extracted from processed remote sensing and surveying data. Here's the data which is used in this study:

Satellite image obtained from ETM and TM sensors at row 163 and patch 35 in 2003, 07, 20 and 2011,07,18 respectively.

Survey data extracted from pisometric wells.

Litho logical data gained from geological map in scale of 1:100000 provide by GSI (sheet name is Damghan).

* Email: sharifkia@modares.ac.ir

Corresponding Author 00989122449619

Digital elevation model modified from SRTM data.

To extract effective factors in Stalinization and high correlation between salinity increasing and cultivation area index, Wells Ec index, wells water table decrease index, remote sensing data in different bands combining together and salinity map extracted by image processesing techniques.

In next step correlation coefficient for each independent factors and soil salinity factor extracted from remote sensing data has been calculated. Furthermore, study area is divided to 1683 vector regions and assessed by network analysis and according to this, correlation rate for each factors at all vector Regions extracted.

Results and Discussion

The salinity assessment and analysis over the area study has been done based on spectral analysis and band combination applied over the LANSAT data (TM and ETM+). According to elements e.g: climate variables (temperature, evaporate transpiration, precipitation), vegetation coverage, soil conditioned Effect to IR part of spectrum, the spatial algorithm [(B5-B7) / (B5+B7)] - [(B5-B7) / (B5+B7)] are applied on 5 and 7 Band for soil salinity extraction. To assess soil salinity variability, the two data set of above sensors with almost 8-year deferential are processed and the individual salinity map extracted. The derived maps are overlaid to extract the salinity area variations. The result showed that 57 percent of pixels represent salinity was increasing, 19 percent with no fluctuations and 23 percent of total pixels affected by salinity decreasing procedure.

In network analysis, the study area divided to 1683 vector Regions with 500 meter length. Then for preparing a framework, correlation analysis between soil salinity factor and point independent variables is applied and a valuable map for all point data is generated. To this aim, using IDW interpolation technique, point data obtaining from survival field related to all independent variables transformed to pixel maps. Then pixel value joined with vector network. Because of the different dimensions in pixel size and vector cells, average of all pixel values located in each vector cells selected as reagent value. In the next step, in order to extract correlation range for salinity Index and all effective variables, statistical model generated in software environment, applied on related variables and spatial distribution for each variable factors associated with soil salinity index. Finally, the output of the investment plans of each effective factors are provided in the context of spatial distribution to visual analysis.

By network analysis, weight and location values of each factor are determined as follows:

- Regarding to correlation rate, most correlation rates associated with Water table lowest rate determined by Ec factor.
- According to area of land dedicated to Stalinization, the biggest contribution belonged to the vegetation index with 76 percent of all, that illuminated importance of this factor. Butin terms of the area are owned by minimal conductivity factor.

The spatial distribution of each factor should be noted:

- Vegetation index factor is mainly disturbed in the central and eastern parts of study area.
- Underground water level index is limited to the northern and eastern part of the region
- And electric conductivity is observed in the northern and southern part of the alluvial fan.

Conclusion

According to the results of the factor analysis and the spatial distribution of salinity and it's relation to each affective factors illuminated, salinity amount increased every year over the extent part of central and southern section where the arable and horticultural land as well as most part of rural settlements are located. This fact is notable in two aspects:

- Stalinization of arable land and its surrounded may have adverse impact on agricultural productivity and garden area, given that the area has not enough industrial development. This will affect job subject in study area.
- Most part of the Damghan alluvial fan covered with pistachio cultivation that this horticultural yield assigns most part of export product of this region. According to this, overall cultivation land salinity and biological imbalance of this species, fails to export of this product.
- According to this problem, accurate and long term plan must be arrange to control of salinity increasing procedure.

Key Word: Stalinization, Damghan alluvial fan, Remote Sensing, Network Analysis.

Integrating Ordered Weighted Average(OWA) techniques with geographic information Systems for landfill site selection (Case study: Metropolis of Mashhad)

Mohammad Rahim Rahnama^{1*} Aghajani. H² Fattahi. M³

Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

²M.S Student of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

³M.S Student of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

Received 14 November 2012

Accepted 13 January 2013

Introduction

Environmental protection is one of the most priorities in Land use planning. In this regard, place and location have the greatest role and its importance is increasing when the adverse effects of environmental neglect, can cause irreversible situation.

Selection a suitable location for the burial of solid waste can prevent the unfavourable ecological and socio – economic effects. Landfill site selection requires spatial data analysis, acceptable rules and standards.

Choosing the various factors and therefore the number of Map layers, decision-makers to lead them unconsciously into a system that in addition to high accuracy also has high speed and simple of operation.

Nowadays, these processes are using spatial models and GIS in the desired method is provided.

A selected landfill is an important process in urban planning that effect on economic and environmental sectors and environment hygiene.

Multi-criteria evaluation methods and GIS can use as an efficient tool for managing and applying layers seeking information in the place. In developed countries and also in Iran, a great deal research has been done in this field.

This study with utilize past experiences and applying GIS technology want to provide a method for landfill site selection.

Material and Methods

This paper is studied multiple criteria decision analysis method based on GIS to select the appropriate location landfill in the metropolis of Mashhad. According to limited variables in the southern and south west areas of metropolitan Mashhad, average 18 km radius has been determined. This area has been calculated approximately 2465 Km² and include the cities of Mashhad, Torghabeh, and the town Shandiz Razavieh (the eastern most point of the urban area). Growth Population, pilgrim of Imam Reza (AS), uncontrolled urban development, business activities and focus industrial and office in Mashhad increased waste generation which has adverse effects on the quality of the environment in Mashhad. At present, the volume of waste generated in the city of Mashhad, about 1,500 tons during peak travel to Mashhad (spring and summer), the figure is well over 2,000 tons. Method sin this study, is combination of site selection models and GIS. The multi-criteria decision framework considers environmental and economic factors which are standardized by fuzzy membership functions and combined by integration of analytical hierarchy process (AHP) and ordered weighted average (OWA) techniques. The AHP is used for the elicitation of attribute weights while the

* Email: Aqajani_h@yahoo.com

Corresponding Author 00989151079466

OWA operator function is used to generate a wide range of decision alternatives for addressing uncertainty associated with interaction between multiple criteria. The usefulness of the approach is illustrated by different OWA scenarios that report landfill suitability on a scale between 0 and 1. The OWA scenarios are intended to quantify the level of risk taking (i.e., optimistic, pessimistic, and neutral) and to facilitate a better understanding of patterns that emerge from decision alternatives involved in the decision making process.

Ordered weights in a decision making that involves three factors take [1, 0, 0] for the AND operator, [0, 0, 1] for the OR operator, and [0.33, 0.33, 0.33] for the arithmetic mean (i.e. risk neutral). Finally, this is a multi-objective decision problem to consider environmental and economic criteria's, the landfill allocation used a WLC to aggregate suitability maps created by each objective.

Environmental criteria's, including: surface water springs, rivers, dams, groundwater level, slope, elevation, faults socioeconomic criteria, including population density, habitat settlements (city or villages) and the distance from the road. The type of fuzzy membership functions used to standardize the factors such as J-shaped – decreasing, Sigmoidal – decreasing, Linear – increasing

Results and Discussion

According to applied models, specific feathers in different parts of the study area were identified in different scenarios;. In some models, a large area of stains and patterns with a lower risk of these devices was limited. The OWA weights were used to generate different patterns to control the levels of trade-off and risk. This study presents an application of GIS-based multi-criteria evaluation approach for characterizing and assessing favourable landfill sites in Mashhad.

Aggregation procedures to generating a wide range of decision alternatives needed for landfill suitability problems. The AHP methodology is used to evaluate the importance of criteria and generates the global weights, which are used in conjunction with the local weights in OWA procedure for producing the decision alternatives. The AHP/ OWA aggregation procedure incorporates uncertainty through a fuzzy membership function and expert opinions. In addition, local weights are used to provide leverage for controlling the level of uncertainties associated with different decision alternatives and risk taking (i.e., optimistic, pessimistic, and neutral).

The decision alternative is associated with the AND operator and produces a risk averse

Solution. According to this alternative, the most suitable areas for landfill sitting are located in north and north-western and south-eastern of Mashhad.

Total of six decision alternatives used for landfill suit ability associated with the environmental factor and The OWA weights were used to generate different patterns to control the levels of trade-off and risk.

The maps of the WLC alternatives show three different scenarios generated by different weights applied to the objectives. For instance, first alternative applies a weight of 0.75 to the environmental objective and a weight of 0.25 to the economic objective, second alternative uses equal weights and third alternative applies a weight of 0.25 to the environmental objective and a weight of 0.75 to the economic objective.

In this paper the appropriate places based on the models in three scenarios be identified and used to locate a landfill around the Mashhad metropolis has been introduced.

Extent of suitable areas for landfill sites in the first scenario, which had the lowest risk, with an area of 491.5 hectares, less than 0.199 percent of the study area, the second scenario 543.3 hectares and 0.22 percent and the third scenario has the highest risk of approximately 3041 hectares 1.233% of the study area as suitable locations for landfill indicates show respectively.

Conclusion

The results from this study demonstrate that the aim of the approach is not to find a single ‘optimal’ solution, but to show other strengths associated with the weighting flexibility of the OWA approach. For example, the OWA approach provides a robust interactive toolset for adjusting trade-offs and compensation between criteria that allows a rapid assessment and interpretation of possible alternative scenarios and relationships between criteria. Other strengths of this approach include the ability to integrate heterogeneous datasets such as quantitative and qualitative criteria using expert knowledge, the flexibility to select specific criteria for different study areas or different problems under consideration, to implement a single or a group decision-making, the flexibility to change the importance level of criteria, and the freedom to develop

Various modeling scenarios for acceptable levels of decision risks. However, since landfill siting depends on political and public opinion forces in conjunction with scientific analysis, we posit that this methodology holds significant potential to support the complexity of decision-making in real world applications.

Key Word: GIS Modeling, AHP, OWA, landfill site selection.

Synoptic Analysis of Cold Waves in the Northeast of Iran

Soleyman Sadeghi¹ Hosseinzadeh. SR² Doostan. R^{3*} Ahangarzadeh. Z⁴

¹ Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

² Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

³ Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

⁴ M.S Student of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

Received 4 December 2012

Accepted 11 January 2013

Introduction

Climate change is an important environmental hazard that has been discussed in recent years. Increasing the number or frequency of extreme climatic events such as severe droughts, floods, storms, heat and cold waves and heavy rains are the evidences of climate change. Any of these events, due to the severity and persistence and their spread are a natural hazard that adverse effects on living life to enter. Among the environmental hazards, the occurrence of severe colds cause adverse effects on various aspects of development planning and regional economic recession and social crisis each year in different parts of Iran. As part of the interaction between temperature and atmospheric circulation characteristics of the local space is uneven and the altitude (Masoudian, 2012), explaining the relationship between climate change and the patterns of abnormality surface can reduce the effects of climate planners and Forecasting atmospheric climatic disasters and help. Preliminary studies showed that all of the spring frosts is the type of transmission (synoptic) and in nearly all cases the displacement of the trough at 500 hPa and surface migratory high movement in the West Mediterranean, towards Iran, and integration with Siberian High pressure is going on spring frost leads (Barati 1986).

Lashkari (2008) found that the synoptic causes of widespread cold wave in the country in December 2003 cause consistent systems in lower and middle levels of the atmosphere. The main factor in decreasing temperature is the influence of the Siberian High at ground level, which is formed around Lake Baikal. Alijani and hoshyar (2008) demonstrated the synoptic patterns leading to severe cold in the North West of Iran and concluded that in 70% of cases of severe colds in the North West of Iran, cold ground radiation is the main cause of severe cold by deep trough region in northern Iran and putting it in the rear there is also a high pressure on land and other items. Fattahi and pak Salehi (2010) have examined the patterns of synoptic winter frost. And concluded the type of high-pressure air from Northern Europe, Siberia and Eastern high pressure, the greatest impact of the pervasive had caused severe frost. So, this type of weather, cold polar air from high latitudes to the low latitudes moves and Followed by severe and pervasive frosts occur in Iran. In this study, analysis of the synoptic patterns in the occurrence of cold waves in the North East of Iran.

Study Area

The study area is located in the North Eastern part of Iran. Which consists Khorasan Shomali and Khorasan Razavi provinces. This area is affected by cold Northern waves during the winters. The study of synoptic causes of the cold waves is necessary for local planning.

* Email: doostan@um.ac.ir

Corresponding Author 00989128070367

Material and Methods

The objective of the synoptic studies is to explain the interaction between the atmosphere and surface environment (Yarnal, 1993: 7). Two types of data were used: surface and the upper atmospheric data. Daily minimum temperature data from 13 synoptic stations for September to March in North East of Iran (Khorasan) during the period 89-1368 were the surface data. this data were collected from the Meteorological Organization of Iran. High atmospheric variables that were used in this study, The 500 hPa height and sea level pressure data were for used very cold days. These variables were extracted of the National Center for Environmental Prediction data digitally and carefully place in 2.5 degree resolution. The frame coordinate for this study is 10 to 60 degrees of north latitudes and 10 to 80 degrees of east longitudes. Two main approaches are considered in Synoptic Studies: environment to circulation and circulation to environment approach (Yarnal, 1993: 10). The methodology used in this research is an approach to the environment to circulation. In the first step, time series of daily minimum temperatures during the months of September to March 1979-2010 of was converted to standard scores. Then a very cold days, with the introduction of threshold (score less than -1.2) were selected. During the study day was chosen as a day of intense would score less than -1.2 (Alijani, 2008: 4). thus, 203 days were extracted through 3900 days. Thus, for selected days, using digital data of 500 hPa geo potential height in the frames of 10 to 60 degrees were obtained the matrix size 203×609 .in the Present paper, principal component analysis was used with varimax rotation and s state of principle component. Using principal component analysis approach, the matrix size reduction was related to the merger. Finally, maps of mean sea level pressure and the 500 HP geo potential height data were prepared for each group.

Results and Discussion

The most of the days are very cold (57%) occurred in the month of January with 115 days, 33% of the days for February (68 days), 5% December and 5% for the remaining months. During the study, with 43 days in 2007, the largest share of the 203 days that have been selected. In 2007, 45 days has been a critical minimum temperature across the region (Figure 3). According to Table 3, the new record exists are registered in most of the cooling stations. The Cluster analysis on the level of 500 hPa geo potential height of the 203 days was extracted 6 patterns by cold wave in the North East.

- Pressure patterns

Pattern No 1: This pattern includes 22 days of selected days with minimum temperature and Includes 21% of the variance. Of the month, January is the most common occurrence of this pattern (Table 4).the Maps of mean sea level pressure (Fig. 4), the expansion of the Khorasan show Siberian high pressure. Central pressure is equal to 1035 hPa in the North East of Lake Baikal. Despite the high pressure and its extension to the north-east - south-west flow the motion of the anticyclone and cold dry air in the region. 500 hPa level maps (Figure 5), there is a trough in the north of the Black Sea and the Mediterranean and a strong ridge along its axis north - south are drawn from the North Sea of Caspian to northern Europe and adjacent Arctic latitudes. Also located in the East of the trough axis is drawn with the direction north south and South East of the East Aral lack.

Pattern No 2: 37 days from the days of is the second pattern and contains 19% of the variance. The most common occurrence of this pattern is related to the month of January (Table 5). Maps of mean sea level pressure (Figure 6) shows spread of Siberian high pressure to central pressure 1038 hp of Lake Baikal south, covers the Wide part of Iran. The Siberian high expands of the North East - South West. So the pressure is 1029 hPa in this study area. Map of 500 hPa (Figure 7) consists of a strong ridge to north - south axis in the East Mediterranean Sea that the ridge polar axis this will continue to Eastern Europe.

Pattern No 3: The third pattern is identified, including 39 days that 9.3% of the variance is explained. In the months, the February is the most frequent (Table 6). The average surface map (Figure 8), the central high pressure to 1038 hPa show in the East Siberia to the Aral. Siberian High in its expansion in the east has been developed to the west of Black Sea, and on the heights of the North West of Iran and Mountains Ararat heights because of high altitude and extreme cooling surface area were formed as a local pressure. This local high pressure merged to the Siberian high pressure to Made a large regional high pressure. To extend this high is the North East - South west and with their development, spread to a wide expanse of the North-East region of Iran? So the isobaric to 1029 hPa pass from the study area. 500 hPa level maps (Figure 9), there is a ridge in northern Siberia, which is the axis of the ridge north of Aral Lake And is the axis of the northeast – southwest.

Pattern No 4: This pattern is most frequent among the identified patterns. So, 45 days from the study day may follow of this pattern. In the months, most common pattern are the month of January and November (Table 7), this pattern is explained 8.8% of the variance. in the Mean sea level pressure map (Figure 8), is seen a belt of high pressure cells at 35 to 45 degrees north latitudes. Thus, the Siberia high with central pressure of 1035 hPa is seen at the East of Aral Lake. This high spread in the northeast - southwest axis, And parts of the North East and East of Iran is taken. At the level of 500 hPa (Figure 9), ridge of the East Europe to axis of the north – south spread of the Mediterranean west to polar latitude. So, its eastern side, with enhanced meridional component of the trough is extending to lower latitudes. So, that a trough to axis of the north - south-east is seen on the border of the Afghanistan and Pakistan.

Pattern No 5: 40 days of very cold days is impacted by the fifth pattern and 7.6% of the variance is explained. This pattern can be identified coldest pattern in the six pattern introduced. Another feature of this model is its continuity and consistency in the event of a cold. The highest frequency of occurrence of this pattern is related to December (Table 8). The map of the Mean sea level pressure (Figure 10) with a central Siberian High 1040 hPa, north of Lake Baikal, have Extended orientation towards the West and have extended meridional towards the South.in the 500 hPa level of fifth pattern(figure 11), Long ridge to axis of the Northeast - Southwest is observed on the East of the Ural Mountains. There is a North strong flow in the eastern part of the ridge.

Pattern No 6: This pattern is the least of days. So, 20 day from study days may follow of this pattern. Among the months of study, the highest frequency of occurrence of this pattern is due in January. The Maps of sea level pressure pattern 6 (Fig. 12) shows the meridional extending of the Siberia high to southern latitudes. As 1025 hPa isobar of this high passed from the study area. At the level of 500 hPa (Figure 13), a shallow trough to axis of the north - south there is in East Afghanistan and Pakistan.

Conclusion

Influx and invasion of the cold wave to khorasan is due to the atmospheric patterns in the 500 hPa level including deep trough in short-wave, cut off of the west winds at high level and the Siberian high on the surface of earth. From above pattern, nearly 90 percent of the cold wave were because enter of the patterns including deep trough in short-wave, cut off of the west winds. 10% of cold wave is because the Siberian high to khorasan from northeast. When the blocking is formed in north of the Caspian Sea and Baikal lack, duration and severity of cold is most.

Key Word: Synoptic Analysis, Cold air waves, Khorasan provience.

The Zonation of landslide occurrence Using of Support Vector Machines algorithm (Case Study: Darakeh Basin)

Mojtaba Yamani^{1*} Ahmadabadi. A² Zare. GH³

¹ Department of Geography, Tehran University, Tehran, IRAN

² Department of Geography, Alkharazmi University, Tehran, IRAN

³ Ph.D Student Candidate of Geography, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN

Received 4 December 2012

Accepted 13 January 2013

Introduction

Landslide is a geologic process that occurs over a wide variety of spatial and temporal scales in many mountainous landscapes. Landslides have a correspondingly wide range of effects that depends strongly on their spatial pattern of occurrence and frequency and magnitude of movement. Mass movements can be the dominant source of erosion responsible for the long-term geomorphic evolution of hillslope morphology. A number of different models have been developed for landslide susceptibility mapping, such as heuristic, conditional probabilistic, logistic regression (LR), artificial neural network (ANN), support vector machine (SVM), and deterministic models. These approaches have been reviewed in detail in recent publications (Carrara et al., 1995, 1999; Aleotti and Chowdhury, 1999; Guzzetti et al., 1999; Dai et al., 2002; Guzzetti, 2003; van Westen, 2004; Brenning, 2005; Wang et al., 2005; Chacon et al., 2006; Alexander, 2008; Corominas and Moya, 2008; van Westen et al., 2008). Among these approaches, SVM modeling is becoming increasingly popular. The procedure is based on statistical learning theory, and involves a training phase with associated input and target output values. The trained model is then used to evaluate a separate set of test data (Yao et al., 2008). SVM modeling has been undertaken less frequently than other approaches to landslide susceptibility mapping. Yao et al. (2008) showed that two-class SVM modeling produced more accurate susceptibility maps than one-class SVM and LR modeling on the natural slopes of Hong Kong, China. Brenning (2005) showed the predictive power of LR, SVMs and bootstrap-aggregated classification trees in a case study of the Ecuadorian Andes. In that study, LR with stepwise backward-selection of variables yields the lowest error rates and demonstrates the best generalization capabilities. Landslide is among slope process dominant on South Alborz and especially in Darakeh basin. Identify area that are prone to landslide is very important, because near of basin to Tehran city, tourism aspect and human settlement in the basin. In this research we tried using SVM algorithm is determined and zonation landslide hazard and Areas susceptible to landslides in the basin. Seems that output of research has a role in sustainable environmental management and a document used in future planning for development of infrastructure.

Study Area

Darakeh Basin is located in north of Tehran city, of view point relative position and in southern slope of Alborz range and among $35^{\circ} 48'$ to $35^{\circ} 53'$ and $51^{\circ} 21'$ to $51^{\circ} 24'$ of viewpoint the absolute position. This basin is 24.22 km^2 . In the east of Darakeh basin is located Darband valley, in the north Tochal peak and west Farahzad valley. Of viewpoint structural Geology is part of Alborz. Of viewpoint structural Geomorphology has occurred intense tectonic movements that has the last major move in the Alborz.

* Email: myamani@ut.ac.ir

Corresponding Author 00989123197682

Material and Methods

SVM modeling is a recently developed method based on nonlinear transformations of covariates into a higher dimensional feature space. Two principal ideas underlie SVM modeling for discriminant-type statistical problems. The first is an optimum linear separating hyper plane that separates data patterns. The second is the use of kernel functions to convert the original nonlinear data patterns into a format that is linearly separable in a high-dimensional feature space. A detailed description of two-class SVM modeling is available in Yao et al. (2008), which can be summarized as follows: Consider a set of linear separable training vectors x_i ($i=1, 2, \dots, n$). The training vectors consist of two classes, which are denoted as $y_i = \pm 1$. The goal of SVM is to search an n -dimensional hyper plane differentiating the two classes by their maximum gap. Mathematically, it can be expressed as: $\frac{1}{2} \|w\|^2$

Subject to the following constraints: $y_i((w \cdot x_i) + b) \geq 1$

Where $\|w\|$ is the norm of the normal of the hyper plane, b is a scalar base, and (\cdot) denotes the scalar product operation. Using the Lagrangian multiplier, the cost function can be defined as:

$$L = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \lambda_i (y_i((w \cdot x_i) + b) - 1)$$

Where λ_i is the Lagrangian multiplier. The solution can be achieved by dual minimization of Eq. (3) with respect to w and b through standard procedures. More details and discussion on the development of the method, have been given by Vapnik (1995) and Tax and Duin (1999). For non-separable case, one can modify the constraints by introducing slack variables ξ_i (Vapnik, 1995):

$$y_i((w \cdot x_i) + b) \geq 1 - \xi_i$$

$$L = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \frac{1}{vn} \sum_{i=1}^n \xi_i$$

Eq. (1) becomes:

Where $v (0, 1]$ is introduced to account for misclassification (Scholkopf et al., 2000; Hastie et al., 2001). In addition, Vapnik (1995) introduces a kernel function $K(x_i, x_j)$ to account for the nonlinear decision boundary. Selection of the kernel function is very important in SVM modeling. Although many kernel functions have been previously proposed and used, only some have been found to work well in a wide variety of applications. Those that have shown this skill are:

$$\text{Linear: } K(x_i, x_j) = x_i^T \cdot x_j$$

$$\text{Polynomial: } K(x_i, x_j) = (\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r)^d, \gamma > 0$$

$$\text{Radial basis function: } K(x_i, x_j) = e^{-\gamma(x_i - x_j)^2}, \gamma > 0$$

$$\text{Sigmoid: } K(x_i, x_j) = \tanh(\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r)$$

Where γ , r , and d are parameters of the kernel functions and are entered manually; sometimes the kernel functions are parameterized using: $\gamma = 1/2\sigma^2$, where σ is an adjustable parameter that governs the performance of the kernel. If overestimated, the exponential behaves almost linearly and there is a loss of non-linear power in higher-dimensional projection; whereas, if underestimated, the decision boundary becomes sensitive to noise in the training data. In the present study, $+1$ and -1 represent landslide and stable slope locations, respectively. Note that the stable slope cases are not available and they have to be generated (Yao et al., 2008). Because Yao et al. (2008) showed that the two-class SVM possesses better prediction efficiency than LR and a one-class SVM; we use a two-class SVM in this study.

Results and Discussion

The result showed that Basin has moderate susceptibility to landslide occurrence based on linear function. Based on output of sigmoid function, the basin shows moderate to high sensitivity to the

landslide. Maximum and minimum distance of possible area susceptible to landslide is order sigmoid and radial functions with 30 and 20 kilometres. Among the performed functions, sigmoid functions showed the best accuracy for more conforming to reality and linear function showed the worst accuracy of performance viewpoint. Output maps result of performance function has indicated the accuracy of calculations with regard to the training points. It is worthy to note that the implementations of these functions are associated with the error and rate of errors in performing these functions in the present study Venial.

Conclusion

Based on linear function, regions that are near to the drainage and fault have more chance of occurrence than the landslides. On the other hand, the fault and drainage has most influence on the occurrence of landslide hazard. These two factors have an influence geology agent (shear andesitic lavas and lava flows). According to polynomial function, the distance from fault and drainage has a significant role in susceptibility of the basin to landslide. Also geological factors (crystal tuff and cutting and site lavas and lava flows, and hyalite tuffs with some shale strata) are effective on landslide. Based on radial function, distance from fault and drainage has significant role in susceptibility of the basin to the landslide hazard. Also, elevation and geological factors (shear andesitic lavas and lava flows, tuffs and hyalite strata in areas with shale, siltstone, and shale alternation of tuff, crystal tuff and ash green tuff, tuff cut and local limestone strata) has considerable influence on the landslides. According to sigmoid function, distance from fault and drainage has significant role in susceptibility of the basin to landslide hazard. Also geology and elevation agents has significant role in basin susceptibility to landslides. In the southern basin, there has seen a small area that is indicating the high sensitivity of this area to the occurrence of landslide hazard.

Key Word: Landslide, Artificial Intelligence, SVM Algorithm, Environmental Management, Darakeh Catchment.

(Research Journal)

Volume. 1, No. 3, Summer 2012



CONTENTS

- Identifying of Drought Regions of Gilan Province Using Rainfall Anomaly Index and Cluster-Distance Analysis.
Mahmood Khosravi, Zahraie. A, Haydari. H, Baninaiemeh. S
- Prediction of Drought in the Khorasan Razavi Province During 2011-2030 by Using Statistical Downscaling of HADCM3 Model Output.
Fatemeh Moafi Madani , Mousavi Baygi. M, Ansari. H
- The Study and Estimate of Floods in meandering river channels according to changes the channel bending (Case Study: Aji-Chay river in the North West of Iran).
Maryam Bayati Khatibi
- Actual Soil Erosion Risk Mapping Using Modified CORINE Method (Case Study: Jahrom Basin).
Adel Sepehr , Honarmandnejad. S
- Soil Salinization Assessment and Monitoring over Damghan alluvial fan, based on RS technique and field investigation.
Mohammah Sharifi Kia, Afzali. A
- Integrating Ordered Weighted Average(OWA) techniques with geographic information Systems for landfill site selection (Case Study: Metropolis of Mashhad).
Mohammad Rahim Rahnama, Aghajani. H, FattahiMoghadam. M
- Synoptic Analysis of Cold Waves in the Northeast of Iran.
Soleyman Sadeghi, Hossainzadeh. SR Doostan. R Ahangarzadeh. Z
- The Zonation of landslide occurrence Using of Support Vector Machines algorithm (Case Study: Darakeh Basin).
Mojtaba Yamani , Ahmadabadi. A, Zare. GH

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Editor – in – Chief :

Dr S.R. Hosseinzadeh

*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Director :

Dr H. Shayan

*Department of Geography
Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran.*

Editorial Board:

Professor V. R. Baker

*Department of Hydrology and water Resources,
University of Arizona, Tucson, USA.*

Professor Z. B. Hejazizadeh

*Department of Geography,
University of Alkhazmi, Tehran, Iran.*

Dr S. R. Hoseinzadeh

*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Dr M. Ghahroudi Tali

*Department of Geography,
University of Alkhazmi, Tehran, Iran.*

Professor J. Javan

*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Professor A. Masudian

*Department of Physical Geography,
University of Isfahan, Isfahan, Iran.*

Dr H. Negaresh

*Department of Physical Geography,
University of Sistan, Zahedan, Iran.*

Dr A. Nohegar

*Department of watershed,
Management University of
Hormozgan, Bandar Abbas,
Iran.*

Professor B. Sari. Sarraf

*Department of Physical
Geography University of
Tabriz, Tabriz, Iran.*

Dr H. Shayan

*Department of Geography
Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran.*

Dr SH. Shataee. Joybari

*Department of forest sciences
University of Gorgan,
Gorgan, Iran.*

Professor S. Velayati

*Department of Geography
Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran.*

Dr M. Yamani

*Department of Physical
Geography,
University of Tehran, Tehran,
Iran.*

Geography and Environmental Hazards (ISSN:2322-1682) is published four times a year in June, September, December and March by Ferdowsi University of Mashhad, Postal Code 9177948883, mashhad-Iran, tel: +98(0) 511-8796827

Fax: +98(0) 5118794144 E-mail: geo.eh@um.ac.ir Website : <http://jm.um.ac.ir>

2012 annual subscription rates: 25 US\$For USA plus mailing costs, 20 US\$ for other Countries Plus mailing Coste. Please Contact to Editor – in – Chief for further arrangments and payment Options:
Sr hosszadeh @um.ac.ir

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Notes For Contributors

AIMS AND SCOPE

Geography and environmental Hazards is an Iranian Interdisciplinary research journal devoted to the publication of original scientific and technical papers in natural and technological hazards. The subjects include of full rang of Hazardous events from extreme Geological, Geomorphological, Hydrological, Atmospheric and Biological events such as earthquakes, subsidence, floods, debris flows, landslides, storms, desertification, air pollution and epidemics to technological Impacts and Human malfunction such as industrial explosions, fires, nuclear and toxic waste releases.

With an approach to Geography this journal highlights issues of Geographically risk degree of regions, human exposure, vulnerability, awareness , respons to disasters and planning.

The role of hazards in affecting development process particularly in under development countries and issues of efficiency, social justice and sustainability are also discussed in the journal.

NOTES FOR CONTRIBUTORS

Geography and Environmental Hazards is a bilingual Journal in Persian and English languages. Persian authors with papers in their own language must submit an extended abstract in English. authors with English papers must submit the initial electronic manuscript to one of the following Addresses:

Journal website: <http://jm.um.ac.ir>

Journal Email: geo.eh@um.ac.ir

Editor-in-chief: srhosszadeh@um.ac.ir or Srhosseinzadeh@yahoo.com

The initial manuscript must be sent in two separate files, **word** and **pdf** form.

Manuscript style

All submissions must be printed on A4 paper size, be double-line spaced and have a margin of 3.5 cm all round.

Illustrations and tables must be printed on separate sheets and not be incorporated into the text.

Title page must list full title, short title, names and affiliations of author(s), and full address of each author. The precise mailing address, Telephone, Fax, and Email address of the corresponding author.

Supply an abstract of up to 300 words and a keyword list up to 6 words below the abstract. The abstract should precise the paper, giving a clear indication of its conclusions. It should contain no citation to other published works.

Reference style

References should be presented in the text as name of author and year within brackets and listed at the end of the paper alphabetically. All references in the reference list should appear in the text.

Where reference is made to more than one work by the same author published in the same year, identify each citation in the text as follows: (Baker, 1987 a), (Baker 1987b). Where three or more authors are listed in the reference list, cite in the text as (Baker et al 1998) References should be listed in the following style:

- **Journals:** Baker, V.R., 1994. Geomorphological Understanding of Floods. *Geomorphology* 10,139–156.

- **Books:** Huggett, R., 1989. *Cataclysms and Earth History: the Development of Diluvialism*. Clarendon Press, Oxford, 220 pp.

- **Proceedings:** Baker, V.R., Webb, R.H., House, P.K., 2002. The scientific and societal value of paleoflood hydrology. In: House, P.K., Webb, R.H., Baker, V.R., Levish, D.R. (Eds.), *Ancient Floods, Modern Hazards: Principles and Applications of Paleoflood Hydrology*. Water Science and Application, vol. 5. American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1–19.

Illustrations must relate clearly to the section in which appear and should be referred to in the text as **figure 1**, **figure 2**, etc. Illustrations should be supplied as **JPEG** or **TIFF** files, the filename must include the corresponding author, Surname and figure number. This journal is only greyscale so All figures (**Maps, graphs and pictures**) must be comprehensible in black and white, please use patterns to differentiate sections.

Contents (extended Abstracts)

VOLUME 1, NO 3, SUMMER 2012	Pages
Identifying of Drought Regions of Gilan Province Using Rainfall Anomaly Index and Cluster-Distance Analysis. Mahmood Khosravi, Zahraie. A, Haydari. H, Baninaiemeh. S	1
Prediction of Drought in the Khorasan Razavi Province During 2011-2030 by Using Statistical Downscaling of HADCM3 Model Output. Fatemeh Moafi Madani , Mousavi Baygi. M, Ansari. H	3
The Study and Estimate of Floods in meandering river channels according to changes the channel bending (Case Study: Aji-Chay river in the North West of Iran). Maryam Bayati Khatibi	5
Actual Soil Erosion Risk Mapping Using Modified CORINE Method (Case Study: Jahrom Basin). Adel Sepehr , Honarmandnejad. S	7
Soil Salinization Assessment and Monitoring over Damghan alluvial fan, based on RS technique and field investigation. Mohammah Sharifi Kia, Afzali. A	9
Integrating Ordered Weighted Average(OWA) techniques with geographic information Systems for landfill site selection (Case Study: Metropolis of Mashhad). Mohammad Rahim Rahnama, Aghajani. H, FattahiMoghadam. M	13
Synoptic Analysis of Cold Waves in the Northeast of Iran. Soleyman Sadeghi, Hossainzadeh. SR Doostan. R Ahangarzadeh. Z	17
The Zonation of landslide occurrence Using of Support Vector Machines algorithm (Case Study: Darakeh Basin). Mojtaba Yamani , Ahmadabadi. A, Zare. GH	21