Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

دوره نوزدهم، شماره‌ی ۶۸

زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۳۸-۲۲۴

فاطمه ساکی[۱]*

مهتاب ساکی[۲]

ایمان بلواسی[۳]

پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل‌های AHP[۴] و ANP[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۵

چکیده

حوضه آبریز الشتر قسمتی از شهرستان الشتر با مساحت۸۰۳ کیلومتر مربع در شمال استان لرستان واقع شده است. قسمت عمده آن در زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع قرار دارد و اغلب ارتفاعات آن از سازندهای سخت کربناته تشکیل شده است. این پهنه کارستی نقش مهمی در تامین و تغذیه آبخوان‌ها دارد به همین دلیل برای شناسایی این پهنه‌ها و میزان تحول آنها در این پژوهش اقدام به پهنه‌بندی تحول کارست و تهیه نقشه آن شده است. به منظوردستیابی به اهداف، ابتدا اشکال کارستی از نقشه‌های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰رقومی سازمان جغرافیایی نیروی مسلح و تصاویرسنجنده ETMماهواره لندست ۸ و با استفاده از نرم افزارENVI4.8 جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای شناسایی و نقشه آن تهیه شده است. برای پهنه‌بندی هشت عامل دما، بارش، رطوبت، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، لیتولوژی و پوشش گیاهی(کاربری اراضی) به عنوان عوامل موثر درتحول کارست انتخاب شدند. برای وزن‌دهی طبقات نقشه‌های عامل، جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی کارست از مدل‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه استفاده شد. جهت ارزیابی و طبقه‌بندی نتایج خروجی مدل‌های مورد استفاده از ضریب آماری کاپا استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مدل تحلیل شبکه با ضریب کاپای ۰/۹۰روش کارآمدتری نسبت به مدل تحلیل سلسله مراتبی در تهیه نقشه تحول کارست حوضه آبریز الشتر است.

واژگان کلیدی: کارست، حوضه آبریز الشتر، پهنه‌بندی،AHP،ANP وArc Gis

---

[۱] دانش‌آموخته دکتری رشته جغرافیای طبیعی،ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.(نویسنده مسئول)
fatemehsaki143@gmail.com

[۲] دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ملایر، ایران

[۳] دانشجوی دکتری رشته:جغرافیای طبیعی، ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی

[4] Analytical Hierarchy Process

[5] Analytic Network Process

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

مقدمه

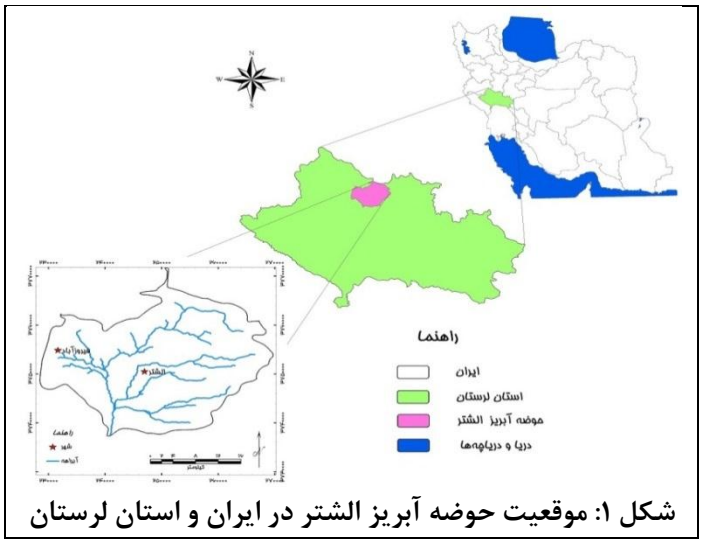
حوضه آبریز الشتر در محدوده سیاسی استان لرستان قرار دارد و این حوضه از نظر موقعیت زمین‌شناسی، بخشی از زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع است. تشکیلات زمین‌شناسی حوضه مربوط به دوره تریاس فوقانی تا عهد حاضر بوده و عمدتا از سنگ‌آهک تشکیل شده‌اند که از نظر زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، برای توسعه و تکامل فرایند کارست بسیار مناسب است. پهنه‌های کارستی، نقش مهمی در تامین آب و تغذیه آبخوان‌های منطقه پیداکرده‌اند. تعداد زیاد سراب و چشمه‌های کارستی، یکی از منابع عمده تامین کننده آب این حوضه می‌باشد. این ویژگی ضرورت تحقیق حاضر، یعنی پهنه‌بندی تحول کارست درسطح حوضه و حتی استان را توجیه می‌کند. گاهی ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها در برابر عوامل فرسایش از چنان اهمیتی برخوردار است که نقش مقاومت و ساختمان زمین‌ساخت را در درجه‌ی دوم اهمیت قرار می‌دهد .سنگ آهک سمبل چنین شرایطی است. حساسیت بعضی از سنگ‌های رسوبی در برابر انحلال و اهمیت آن در ویژگی ناهمواری‌ها موجب پیدایش اشکال خاصی است که اصطلاحا به نام کارست مرسومند .این اصطلاح از نام یکی از ایلات یوگوسلاوی اقتباس شده که در انجا مراحل نسبتا کاملی از اشکال آهکی بوجود آمده است. هر چند این اشکال مخصوص سنگ‌های متراکم و پرحجم آهکی می‌باشد، اما گونه‌هایی از آن ممکن است در داخل سنگ های تبخیری(ژیپس و سنگ نمک)توسعه یابند.(گنبدهای نمکی در ایران مرکزی و زاگرس فارس) یکی از اولین طبقه‌بندی‌های کارست، توسط (یان‌جویجیک،۲۰۰۸) انجام گرفته است این محقق کارست را براساس عامل ژئومورفولوژی تقسیم‌بندی کرده است. (کوماتینا،۱۹۷۱) در پژوهشی نواحی کارست بزرگ ناودیسی را از نواحی کارست سکویی مشخص نمود. (بک،۱۹۸۴)طبقه‌بندی کارستی را بر اساس تکتوژنتیک بین کارست کوهزایی و کوهزایی، پیشنهاد و آنها را با تفاوتهای هیدروژئولوژی و ژئومورفولوژی مشخص نمود. (فورد و همکاران، ۱۹۹۲) واژه کارست گیاهی را برای اشکال مشخص ناشی از فرسایش بیولوژی سنگهای کربناته معرفی می‌کنند. (کومانتیاه ،۱۹۷۱)در پژوهشی دیگر چهار نوع کارست را براساس عناصر ساختمانی تفکیک می‌کند. در ایران، بیشتر مطالعات و تحقیقات جامع آب کارستی مهارلو در استان فارس بوسیله سازمان تحقیقات منابع آب (تماب) وابسته به وزارت نیرو و شرکت استروی اکسپوتراک (چک) انجام گرفته است. (ملکی،۱۳۸۰) در پژوهشی به بررسی اشکال کارست و نقش آن را در تامین آبهای زیرزمینی ارتفاعات پروا(کرمانشاه) مورد مطالعه قرار داده است. (زارعی،۱۳۸۵) به بررسی عوامل مختلف در توسعه کارست در پهنه‌های کارستی زاگرس در استان فارس پرداخت. این محقق دما و بارش را مهمترین عوامل در توسعه کارست منطقه مورد مطالعه ذکر کرد. (قربانی،۱۳۸۸) پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره در منطقه کارستی شاهو(کردستان) را مشخص نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که گستردگی و تنوع لندفرم‌ها در این منطقه بسیار بالا است. ایشان عوامل موثر در توسعه و تحول کارست را فعالیت‌های بی‌رویه انسانی، شامل ساخت و سازها، احداث جاده در دل کوهستان، معدن‌کاری، چرای بی‌رویه دام ذکر نمودند. (خانلری، ۱۳۹۱) در مطالعه‌ای فاکتورهای موثر بر توسعه کارست در منطقه گرین(غرب ایران) را بر اساس عوامل ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش ابتدا عوامل موثر در تحول کارست، شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده‌ها و اطلاعات پایه شامل نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی مورد نیاز منطقه مورد مطالعه از سازمان‌های مربوط تهیه شد. برای تهیه لایه عوامل موثر بر تحول کارست هر کدام از این نقشه‌ها در محیط نرم افزار Gis زمین مرجع و رقومی گردید و سپس با استفاده از نرم افزار Gis لایه‌های مورد نظر تولید گشت(شکل‌های ۶ تا۱۳).در پایان تحول کارست در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل هایتحلیل شبکه و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پهنه‌بندی گردید و از ضریب آماری کاپا برای مقایسه این دو مدل استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه:

حوضه آبریز الشتر، جزئی از شهرستان الشتر محسوب می‌شود که با مساحت ۸۰۳ کیلومترمربع در شمال استان لرستان،شمال غرب خرم‌آباد، غرب بروجرد و جنوب نهاوند در طول جغرافیایی ״۶ ،׳۳ ،°۴۸ تا ״۱۳ ،׳۳۱ ،°۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ״۲۴ ،׳۴۴ ،°۳۳ تا ״۱۵ ،׳۳ ،°۳۴ شمالی قرار گرفته است .(شکل ۱) این حوضه ازنظر موقعیت زمین‌شناسی بخشی از زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع است.تشکیلات زمین‌شناسی حوضه مربوط به دوره تریاس فوقانی تا عهد حاضر بوده وعمدتاً از سنگ‌آهک تشکیل‌شده است. از ارتفاعات مهم منطقه می‌توان به کوه‌های گرین، خرگوشناب، اسپش و مهاب اشاره نمود که ناهمواری‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهند.این کوه‌ها با امتداد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی جزء رشته‌کوه‌های زاگرس

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

به‌حساب می‌آیند.حداکثر ارتفاع منطقه ۳۶۲۷ متر حداقل آن ۱۴۵۶ متر است.



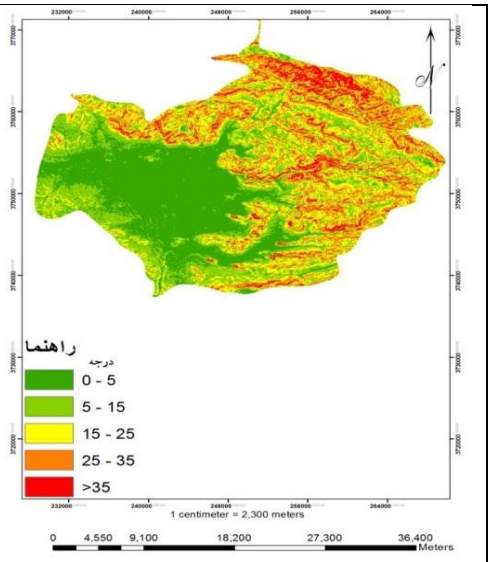
شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز الشتر در ایران و استان لرستان

مواد و روش‌ها:

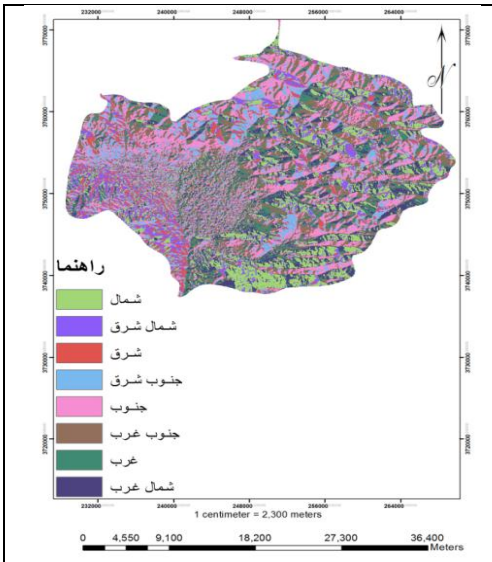
در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ رقومی سازمان جغرافیایی نیروی‌های مسلح، تصاویر سنجنده ETM ماهواره‌ای لندست ۸ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۶ و ۳۷ مربوط به ۱۵ ژوئن ۲۰۱۳، داده‌های مربوط به اقلیم منطقه ازجمله دما، رطوبت و بارش که از سازمان هواشناسی استان لرستان تهیه شد. DEM۳۰متری[1] SRTM دانلود و نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، استفاده شد. هم‌چنین نرم‌افزارهای ArcGIS 10.2 جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی- فضایی و در نهایت پیاده کردن مدل، ENVI 4.8 جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گرفت. برای پهنه‌بندی تحول کارست هشت عامل دما، بارش، رطوبت ،شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی(لیتولوژی) و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. سپس نقشه هر یک از این عوامل با استفاده از نرم افزار GIS تهیه و با استفاده از مدل های AHP وANP وزن هر کدام از لایه‌ها بدست آمد. در پایان همپوشانی وزن دار این لایه ها در محیط GIS صورت گرفت و نقشه پهنه‌بندی تحول کارست در منطقه مورد مطالعه بدست آمد. برای تهیه نقشه شیب و جهت شیب ابتدا مدل ارتفاعی رقومی منطقه مورد مطالعه تهیه شد و سپس با استفاده از نرم افزار ArcGis نقشه شیب و جهت شیب تولید و مورد استفاده قرار گرفت،(شکل‌های ۲ و ۳). برای تهیه نقشه دما، بارش و رطوبت، ابتدا داده های اقلیمی از ایستگاه های سینوپتیک و باران‌سنجی سازمان هواشناسی استان لرستان تهیه شد. از آن جایی که در مناطق کوهستانی، بارش ،دما و رطوبت به شدت از ارتفاع تاثیر می پذیرد. با استفاده از نرم افزار Excel رابطه بین هر کدام از این عوامل با ارتفاع محاسبه و با استفاده از این رابطه و مدل ارتفاعی رقومی منطقه مورد مطالعه در محیط نرم افزار ArcGis با روش درون‌یابی جبری نقشه‌های هم‌دما، هم‌بارش و هم‌رطوبت تهیه شد.(شکل‌های ۴ ،۵ و۶) برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و لیتولوژی نیز از نقشه رقومی زمین‌شناسی استان لرستان استفاده شد.(شکل‌های ۷ و ۸)نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از تصاویر سنجنده ETM ماهواره لندست ۸ در محیط نرم افزار ENVI بدست آمد.(شکل ۹).

[1] Digital elevation model

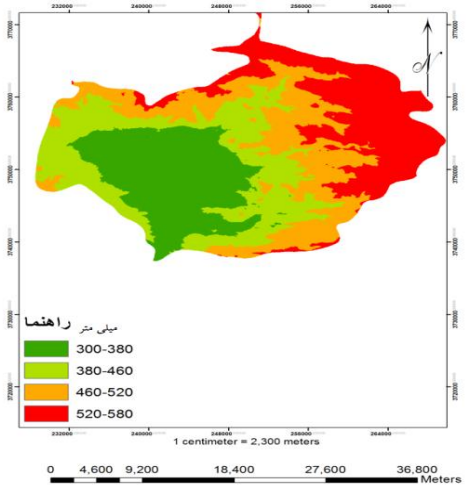
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026



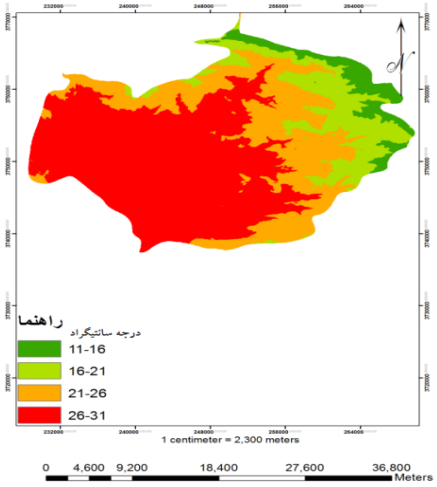
شکل۲ : نقشه شیب در حوضه آبریز الشتر



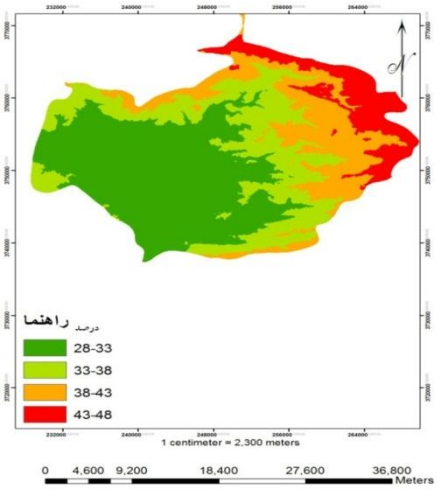
شکل۳ : نقشه جهت شیب در حوضه آبریز الشتر



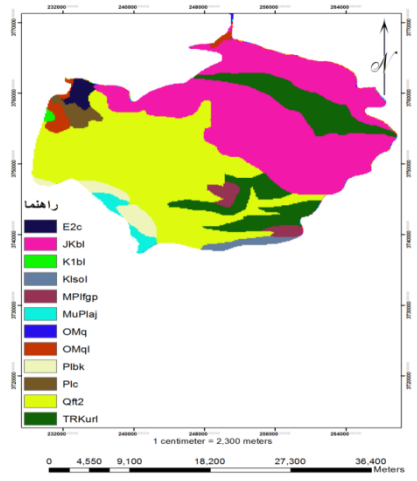
شکل۴: نقشه بارش در حوضه آبریز الشتر



شکل۵ : نقشه دما در حوضه آبریز الشتر



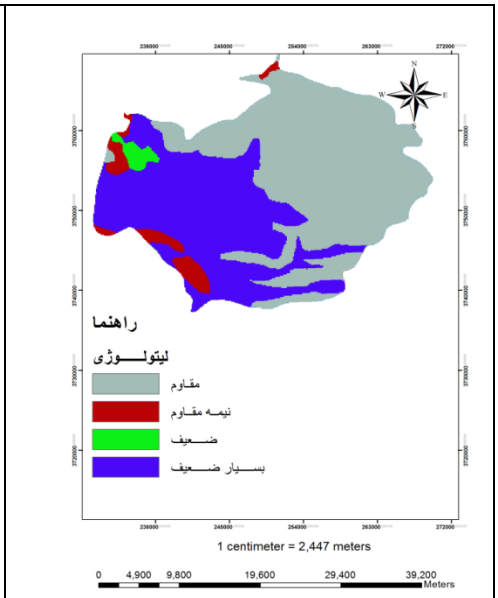
شکل۶: نقشه رطوبت در حوضه آبریز الشتر



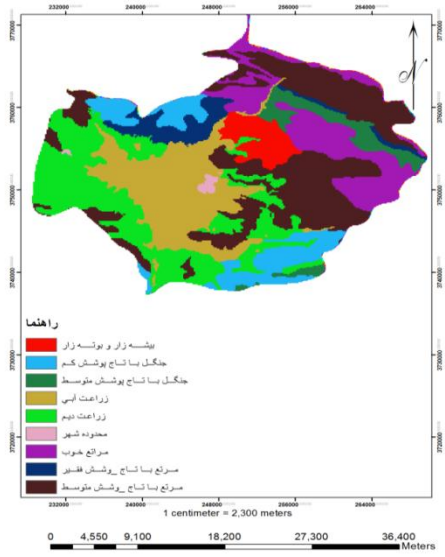
شکل۷ : نقشه زمین شناسی در حوضه آبریز الشتر

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

شرح علائم نقشه زمین شناسی: E2c: کنگلومرا و ماسه‌سنگ، JKbl: آهک متعفن الیتیک توده‌ای ضخیم لایه خاکستری، K1bl: آهک الیتیک توده‌ای ضخیم لایه خاکستری، Klsol: آهک اربیتولین‌دار توده‌ای ضخیم لایه خاکستری، MPlfgp: گروه فارس، که به ترتیب عبارت‌اند از: گچساران، میشان و آقاجاری، MuPlaj: ماسه‌سنگ آهک‌دار قهوه‌ای مایل به خاکستری، ژیپس حفره‌دار، مارن قرمز و سیلتستون (سازند آقاجاری)، OMq: آهک، مارن، مارن گچ دار، مارن ماسه‌ای و ماسه‌سنگ، OMql: سنگ‌آهک ریفتی توده‌ای تا ضخیم لایه، Plbk: آهک با روکش مرجانی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، Plc: کنگلومرای پلی‌متال و ماسه‌سنگ، Qft2: ذخایر تراسی و مخروط‌افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع، TRKurl: نهشته‌های آهکی و چرت‌های قرمز و ارغوانی رادیولیت دار.



شکل۸: نقشه لیتولوژی در حوضه آبریز الشتر



شکل۹: نقشه کاربری اراضی در حوضه آبریز الشتر

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که بر پایه ارزیابی نسبی وزن‌ها عمل می‌کند(ساعتی[4]، ۱۹۸۶). این روش با ایجاد مدل سلسله مراتبی، یافتن راه حل بهینه را برای مسائل جستجو می‌کند. از مزایای این روش این است که اعمال نظر کارشناسی توسط افراد را تا حد زیادی آسان‌تر کرده و احتمال خطا را کاهش می‌دهد. همچنین در این روش می‌توان تعداد زیادی از عوامل را دخالت داد و با استفاده از نظر کارشناسی وزن هر عامل را به دست آورد (کلارستاقی، ۱۳۸۱).این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مختلف استوار است(فرجی سبکبار، ۱۳۸۴). در تحلیل سلسله مراتبی روش کار بدین صورت است که ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی(نظر کارشناسی) استفاده می‌شود به طوری که تصمیم گیرنده ارجحیت یک عامل را نسبت به عوامل دیگر به صورت (جدول ۲)در نظر گرفته و این قضاوت‌ها را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می‌نماید(قدسی پور، ۱۳۸۷). در این مدل ابتدا با مطالعات صحرایی و بررسی مطالعات انجام گرفته در این زمینه پارامترهای موثر در پهنه بندی تحول کارست استخراج و سپس لایه‌های مربوطه تهیه می‌شود. سپس ماتریس مقایسه زوجی برای همه عوامل تاثیرگذار تشکیل می‌شود. در ادامه جمع هر ستون در زیر آن نوشته می‌شود، سپس برای محاسبه وزن هر عامل مقادیر هر عنصر از ماتریس را به جمع کل ستون‌های همان لایه تقسیم کرده و در جدول دیگری نوشته می‌شود. در این جدول از اعداد موجود در هر کدام از سطرها میانگین گرفته و این عدد به عنوان وزن هر لایه در نظر گرفته می‌شود. بعد از اینکه وزن هر کدام از لایه‌ها به دست آمد در

4-Saaty, T.L.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

مرحله بعد بایستی نرخ هر کدام از کلاسه‌های عوامل مختلف را مشخص نمود. و در نهایت با استفاده از رابطه(۱) نقشه نهایی پهنه‌بندی تحول کارست بدست می‌آید.

$$M = \alpha 1 \chi 1 + \alpha 2 \chi 2 + \alpha 3 \chi 3 + \alpha 4 \chi \quad (1)$$

در رابطه ۱: M عامل حساسیت، X فاکتور مربوط به عوامل مختلف و α مربوط به مقادیر وزنی هر کدام از طبقات لایه‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۱: مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی عوامل(قدسی پور ، ۱۴:۱۳۸۸)

ترجیحات	مقدار عددی
کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب تر	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
اولویت بین فواصل	۲، ۴، ۶ و ۸

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین اهمیت شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها است. مکانیزمی که ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه ضریب سازگاری است. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است. در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. ضریب سازگاری نیز با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود. مقدار R.I نیز از جدول (۳) استخراج می‌شود(قدسی‌پور،۱۳۸۸).

$$CI = \frac{\lambda - 1}{n - 1} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

جدول ۲: مقادیر R.I ماتریس‌های تصادفی(قدسی‌پور،۷۳:۱۳۸۸)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

مدل تحلیل شبکه توسط ساعتی پایه‌ریزی و به‌عنوان تعمیمی از AHP ارائه شد. همانطورکه AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک‌سویه فراهم می‌کند،ANP نیز روابط پیچیده داخلی بین سطح‌های مختلف تصمیم و معیارها را اجازه می‌دهد (مومنی و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۰). قدرت ANP بر استفاده از مقیاس‌های نسبی برای کنترل همه‌ی برهم‌کنش‌ها، برای پیش‌بینی دقیق و اتخاذ تصمیم مناسب استوار است (محمدی لرد،۱۳۸۸: ۵۷). در واقع ANP پیوند دو بخش می‌باشد: بخش اول مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه‌ای و یا سلسله مراتبی می‌باشد، که برهم کنش‌ها و ارتباطات متقابل را کنترل می‌کند و دومی شبکه‌ای از برتری‌ها و تأثیرگذارها میان عناصر و خوشه‌ها می‌باشد(حاله و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۶).

در روش ANP ،با استفاده از مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه در نرم‌افزار Super Decision محاسبه می‌شود. ابرماتریس، آخرین مرحله کار در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد که شامل سه ماتریس ابرماتریس غیر وزنی ، ابرماتریس وزنی و ابرماتریس حدی می‌باشد. در مرحله بعد، بر اساس وزن کلاس‌های هر پارامتر،

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

لایه‌های مختلف در محیط GIS ایجاد و سپس وزن معیارها در لایه‌های مربوطه ضرب و عملیات تلفیق لایه‌ها صورت می‌گیرد.

پس از بدست آمدن وزن هر کدام از معیارها با استفاده از مدل ANP، بوسیله توابع هم‌پوشانی موجود در نرم افزار GIS عمل هم‌پوشانی لایه ها صورت می‌گیرد و نقشه نهایی پهنه‌بندی تحول کارست تولید می‌گردد.

روش‌های مختلفی برای ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی توسط محققین ارائه شده است، در این تحقیق برای ارزیابی و طبقه بندی نتایج خروجی مدل‌های مورد استفاده در برآورد تحول کارست از ضریب آماری کاپا استفاده شده است. بدین منظور ابتدا ماتریس مشاهده و پیش‌بینی مربوط به هرکدام از دو مدل تحلیل شبکه و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تشکیل شد. سپس توافق مشاهده‌ای و توافق پیش‌بینی و ضریب کاپا بدست آمد.

پس از محاسبه ضریب کاپا اگر مقدار آن بین ۰ تا۲۰ درصد باشد بین مشاهده و پیش‌بینی توافقی وجود ندارد، بین ۲۰ تا۴۰ درصد توافق ناچیز، بین ۴۰ تا۶۰ درصد توافق متوسط، بین ۶۰ تا ۸۰درصد توافق خوب و اگر ضریب کاپا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشد توافق بین مشاهده و پیش‌بینی عالی خواهد بود.

یافته های تحقیق:

در این پژوهش برای پهنه‌بندی تحول کارست، با استفاده ازفرایند تحلیل سلسله مراتبی، هشت عامل دما، بارش، رطوبت ،شیب، جهت‌شیب، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی(لیتولوژی) و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. سپس نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی عوامل تاثیرگذار فوق، به صورت لایه‌های قابل استفاده در محیط GIS جهت تحلیل تبدیل شدند تا برای عملیات پهنه‌بندی آماده شوند. بدین‌منظور نقشه‌های مورد نیاز به فرمت‌های مناسب و قابل قبول نرم افزار GIS درآمدند.

جهت پهنه‌بندی، قبل از ادغام نمودن نقشه‌ها، باید لایه‌های موثر در پهنه‌بندی استانداردسازی و دارای مقیاس یکسان شوند. بدین‌منظور لایه‌های عوامل تاثیرگذار بر پهنه بندی تحول کارست در حوضه آبریز الشتر از نظر درجه اهمیت به کلاس‌های چهارگانه استانداردسازی شد. برای اجرای این مدل جهت پهنه‌بندی تحول کارست، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی عوامل تاثیرگذار بر این پدیده تشکیل شد .جهت تشکیل ماتریس مقایسه زوجی نظرات ۶ کارشناس که با حوضه آبریز الشتر آشنایی داشتند و برخی از آن‌ها نیز قبلاً دراین حوضه مطالعاتی انجام داده بودند، بکار گرفته شد و بر اساس مقادیری که برای مقایسه این عوامل در جدول۲آمده است، کلیه عوامل دو به دو با هم مقایسه و وزن عوامل تاثیرگذار محاسبه شد(جدول۳).

جدول ۳: ماتریس مقایسه زوجی و بردار وزن معیارها

معیارها	لیتولوژی	بارش	دما	رطوبت	زمین شناسی	شیب	جهت شیب	کاربری اراضی	وزن معیار
لیتولوژی	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۷	۹	۰/۳۵۴۱
بارش	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۵	۷	۰/۲۲۲۱
دما	/۳۳۳۳ ۰	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۷	۰/۱۵۷۲
رطوبت	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۳	۵	۰/۰۹۸۱
زمین شناسی	۰/۲	۰/۲۵	/۳۳۳۳ ۰	۰/۵	۱	۲	۳	۳	۰/۰۶۶۱
شیب	۰/۱۶۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۲	۲	۰/۰۴۳۸
جهت شیب	۰/۱۶۶۶	۰/۱۶۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۲	۰/۰۳۴۶

کاربری اراضی	/۱۴۲۸ ۰	۰/۱۴۲۸	۰/۱۶۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۰/۰۲۴۰

مقدار ضریب ناسازگاری ۰/۰۲۵۵ محاسبه شد، که از ۰.۱ کوچکتر است. بنابراین سازگاری سیستم قابل قبول می‌باشد. پس از تأیید معنی‌دار بودن ماتریس‌های عوامل موثر ، وزن نهایی معیارها جهت نقشه پهنه‌بندی به لایه‌های متناظر اعمال گردید و نقشه نهایی پهنه‌بندی تحول کارست در حوضه آبریز الشتر تهیه شد(شکل۱۰).

هم‌چنین برای پهنه بندی تحول کارست با استفاده از مدل تحلیل شبکه ، ابتدا پارامترهای تأثیرگذار بر تحول کارست با توجه به نظرات کارشناسان و مطالعات قبلی انجام‌شده استخراج شد. سپس با استفاده از روش ANP و مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه در نرم‌افزار Super Decision محاسبه شد. سپس ابرماتریس شامل سه ماتریس ابرماتریس غیر وزنی (جدول ۴) ابرماتریس وزنی (جدول ۵) ابرماتریس حدی (جدول ۶) محاسبه شد.

جدول ۴: ابرماتریس غیروزنی

معیارها	کاربری اراضی	رطوبت	شیب	جهت شیب	بارش	دما	زمین شناسی	لیتولوژی
کاربری اراضی	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰
رطوبت	۰/۴۹	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۵۷	۰/۰۰
شیب	۴۰.۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۰۰
جهت شیب	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳
بارش	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۷۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
دما	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۷
زمین شناسی	۰/۰۰	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
لیتولوژی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۵۷	۱/۰۰

جدول ۵: ابرماتریس وزنی

معیارها	کاربری اراضی	رطوبت	شیب	جهت شیب	بارش	دما	زمین شناسی	لیتولوژی
کاربری اراضی	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
رطوبت	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰
شیب	۰/۷۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰
جهت شیب	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰
بارش	۰/۰۰	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰
دما	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۱۳
زمین شناسی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۱۷

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

لیتولوژی	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۵	۰/۰۰

جدول ۶: ابرماتریس حدی

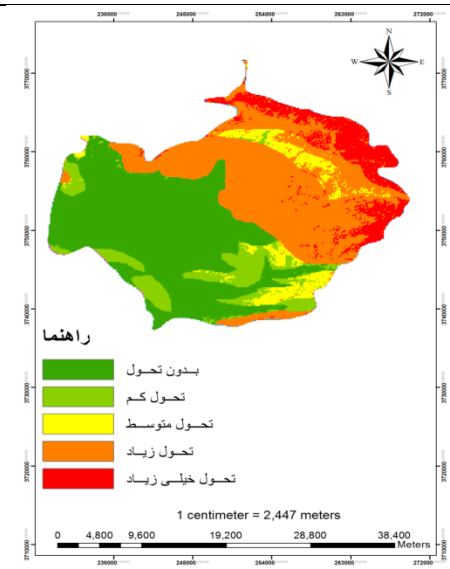
معیارها	کاربری اراضی	رطوبت	شیب	جهت شیب	بارش	دما	زمین شناسی	لیتولوژی
کاربری اراضی	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
رطوبت	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹
شیب	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
جهت شیب	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
بارش	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
دما	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
زمین شناسی	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
لیتولوژی	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

برای دست پیدا کردن به نتایج بهتر با استفاده از روش‌های شکست‌طبیعی[۱] کل منطقه به پنج کلاس از تحول خیلی زیاد با امتیاز۵، زیاد با امتیاز۴، متوسط با امتیاز۳، کم با امتیاز۲، بدون تحول با امتیاز ۱ امتیاز گذاری شد. این روش طبقه‌بندی داده به دنبال کاهش واریانس در رده‌ها و به حداکثر رساندن واریانس بین طبقات است (فرجی سبکار و همکاران، ۱۳۹۰). در مرحله بعد، بر اساس وزن کلاس‌های هر پارامتر، لایه‌های مختلف در محیط GIS ایجاد و سپس وزن معیارها در لایه‌های مربوطه ضرب و نقشه نهایی پهنه‌بندی تحول کارست بدست آمد.(شکل۱۱).

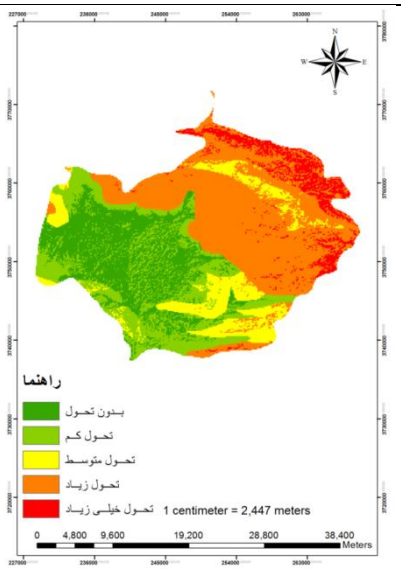
پس از محاسبه توافق مشاهده‌ای برای مدل تحلیل شبکه ۰/۹۵ ، توافق پیش‌بینی شده ۰/۴۹ و ضریب کاپا ۰/۹۰ بدست آمد. هم چنین توافق مشاهده‌ای برای مدل تحلیل سلسله مراتبی ۰/۹۲ ، توافق پیش‌بینی شده ۰/۵۰ و ضریب کاپا ۰/۸۴ بدست آمد.

۱-Natural Breaks

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026



شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده ازفرآیند تحلیل سلسله مراتبی



شکل ۱۱: نقشه پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل تحلیل شبکه

جدول ۷: درصد مساحت هر یک از پهنه های تحول کارست در حوضه آبریز الشتر

طبقه	درصد مساحت(مدل تحلیل شبکه)	درصد مساحت(مدل تحلیل سلسله مراتبی)
بدون تحول	۲۱/۹۷	۲۸/۸۹
تحول کم	۲۰/۴۰	۱۳/۹۹
تحول متوسط	۲۱/۶۸	۲۲/۳۰
تحول زیاد	۲۸/۶۶	۲۴/۹۴
تحول خیلی زیاد	۷/۲۹	۹/۸۸

نتیجه‌گیری

از وزن‌های بدست آمده برای عوامل تاثیرگذار درتحول کارست (جدول۳ و جدول۶) در حوضه آبریز الشتر مشخص است که عامل لیتولوژی در رتبه اول وعوامل بارش و دما به ترتیب در رتبه دوم وسوم قرار دارند وهم چنین عامل کاربری اراضی، کم‌ترین تاثیر را دارا می‌باشد.

هم‌چنین ارزیابی نتایج به دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که تحلیل شبکه با ضریب آماری کاپا ۰/۹۰ نسبت به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با ضریب کاپا ۰/۸۴ از دقت بیشتری در پهنه‌بندی تحول کارست در حوضه آبریز الشتر برخوردار است. بر اساس پهنه‌بندی صورت گرفته با استفاده از مدل تحلیل شبکه به ترتیب ۷/۲۹، ۲۸/۶۶، ۲۱/۶۸، ۲۰/۴۰، ۲۱/۹۷ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های تحول خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و بدون تحول قرار دارد و درصد مساحت این کلاس‌ها در مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب ۹/۸۸،

۲۴/۹۴، ۲۲/۳۰، ۱۳/۹۹، ۲۸/۸۹ می‌باشد(جدول۷). نتایج این پژوهش با استفاده از هر دو مدل نشان می‌دهد که عامل لیتولوژی بیشترین تاثیر و عامل کاربری اراضی کمترین تاثیر را در پهنه بندی تحول کارست در منطقه مورد مطالعه داراست.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

منابع:

۱. حاله، حسن، کریمیان، حسین (۱۳۸۹)، انتخاب مناسب‌ترین ساختار برای بهبود قابلیت اعتماد سیستم با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید شماره ۸، جلد ۲۱، پاییز ۸۹، صص ۳۲ – ۲۴.

۲. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان (۱۳۸۲)، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، گزارش طرح جامع مدیریت خشکسالی استان لرستان.

۳. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان (۱۳۹۰). گزارش توجیهی تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی الشتر مهندسین مشاور سنگاب زاگرس.

۴. فرجی سبکبار، حسنعلی، حسین نصیری، محمد حمزه، سمیه طالبی یوسف رفیعی، ۱۳۹۰، تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایه‌ی تلفیق روشهای تحلیل شبکه و مقایسه زوجی در محیط GIS مطالعه موردی دشت گربایگان فسا، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۴، شماره ۴، صص ۱۴۳-۱۶۶.

۵. محمدی لرد، عبدالحمید، (۱۳۸۸)، فرآیندهای تحلیل شبکه ای و سلسله مراتبی، تهران، نشر البرز فر دانش.

۶. مومنی. منصور، شریفی سلیم، علیرضا (۱۳۹۰)، مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه، تهران، انتشارات علم و دانش.

۷. نجفی، اسدالله (۱۳۸۹)، بکارگیری فرآیند تحلیل شبکه ای درتحلیل چالش های ساختاری و محیط اجرائی سازمان در مدیریت پروژه، نشریه بین المللی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۱، جلد ۲۱، صص ۷۶ – ۶۳.

۸. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مطالعات اجمالی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی استان لرستان، ۱۳۷۰

۹. قدسی پور، سید حسن، (۱۳۸۸)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، چاپ هفتم، تهران

۱۰. قربانی، محمدصدیق ،(۱۳۸۸) مقایسه سیستم های کارستی شاهو و سپیدان و اهمیت مدیریت آنها، رساله دکتری. دانشگاه تهران.

۱۱.کلارستاقی، عطاالله، (۱۳۸۱)، بررسی نقش عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش ها، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۴۱ص. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ الشتر، نهاوند، فیروزآباد و قلعه حاتم.

۱۲. زارعی،مهدی، رئیسی، عزت الله ، مرادی، عبدالله (۱۳۸۵) ، ریخت سنجی آبفروچاله های گنبد نمکی کنارسیاه فیروزآباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.

۱۳. سازمان زمین شناسی کشور، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خرم آباد.

۱۴. سازمان زمین شناسی کشور، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان.

۱۵.سازمان سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره ای لندست ۸ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۶ و ۳۷.

۱۶. سازمان هواشناسی لرستان، آمار بیست ساله ایستگاههای باران‌سنجی و سینوپتیک.

۱۵.ملکی،امجد، شوهانی،داود، علایی طالقانی،محمود،پهنه بندی تحول کارست دراستان کرمانشاه، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۳، شماره ۱، بهار۱۳۸۸صص۲۷۱تا۲۹۵.

۱۷.ملکی، امجد،(۱۳۸۰)، تحول اشکال کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی (رساله دکتر ی) ،دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

18. Beck, B. F. (Ed) (1984) Sinkholes, their geology, engineering and environmental impact.

19- cvijlc, I.: Karst-eogrfaska mono graphy bograd, Yugoslavia, 1985

20. Ford, D. C., Williams, P.W (1992). Karst Geomorphology and Hydrology. New York, Chapman and Hall.

21- komatina, M.;Uslovi razvoja karsnog procesa irejonizacija karsta (condition of karst development and zoning of karst terranes); Vesnik Geozavoda X/XI, Beograd, Yugoslavia, 1971.

22- Yan, C., Luo, G., Wang, Y., Chen, M., Zhan, Q., Wan, J., Chen, X., Zheng, J., and Guo, J. (2008) Compressive Structural Control on Karst Development. Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst (2008): pp. 54-61.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:30 IRDT on Saturday July 11th 2026

Zoning the Karest evolution using AHP and ANP models

Fatemeh Saki , Mahtab Saki , Iman Belvasi

PhD student in Physical Geography, Geomorphology, Islamic Azad University, Research Sciences Branch, Tehran, Iran

Email:fatemehsaki143@gmail.com

PhD student in Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Malayer Branch, Malayer, Iran

Email: mahtab9473@gmail.com

PhD student, major: Physical Geography, Geomorphology. University of Tabriz, Faculty of Geography and Planning

Email: Belvasi4@yahoo.com

Abstract

Aleshter catchment area with a surface area of 803 square kilometer is located in the north of the Lorestan province at Aleshter city. Most of it is located in the folded Zagros and height Zagros, and most of its ranges are made of hard carbonate constituent. This area of karsti zone has an important role in provision and feeding of the aquifers. Therefore, in order to identifying this areas and the extent of their evolution, we are tried to zoning this karset evolution and preparing its map. In order to achieve these objectives, primarily the karst forms and shapes were produced from topographic maps 150000 items of Armed Forces Geographical Organization and images of ETM meter of Landsat 8 and then produced satellite maps images were processed using ENV14.8 software package (Fig. 2). In order to perform zoning, eight factors of temperature, precipitation, humidity, slope, steeps directions, geology, lithology, vegetation (land use) were selected as influential factors in the evolution of karst. For weighting the factors maps layers, AHP and ANP models have been used. Finally, weighted overlap of influential factors were performed in the ARCGIS environment, and karset zoning map was prepared by two mentioned methods. For evaluation and classification of output results of used models in estimation of Karset zones, kappa statistic coefficient was used. The results shown that mesh analyzing model with kappa efficient of 0.90 is more efficient method than hierarchical analysis model in preparing karset evolution maps of the Aleshter catchment area.

Keywords: Karset, Aleshter catchment area, zoning, ANP, AHP, Arc Gis.