دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۳
پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۱۸۰-۱۶۵

*علی جهانفر[۱]
شهرام بهرامی[۲]
محمد علی زنگنه اسدی[۳]

تحلیل مورفومتری و مورفولوژی اووالا در توده آهکی پراو - بیستون

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰٤/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲٤

چکیده

بررسی اووالا، به عنوان یکی از نمونه‌های تیپیک اشکال کارستی، دارای اهمیت زیادی در مدیریت محیط است. در تحقیق حاضر، به تحلیل مورفومتری اووالا و شناخت این لندفرم سطحی کارست پرداخته شده است. در محدوده پراو-بیستون به سبب وجود شرایط مساعد، کلکسیونی از اشکال متنوع کارستی شکل گرفته‌اند. در این تحقیق با استفاده از مطالعات میدانی، نقشه‌های توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاع و روش‌های کمی و آماری ۲۳ اووالا در محدوده پراو-بیستون شناسایی و سپس پارامترهای مورفومتری آن‌ها شامل محیط، مساحت، عمق، حجم، جهت‌گیری اصلی، نسبت کشیدگی، سینوسیته، نسبت سطح مقطع و شاخص پیتینگ (حفره بودن) محاسبه شد. دو روش کلی برای مطالعه اووالا، شامل استفاده از منحنی میزان و خط تقسیم توپوگرافی وجود دارد که روش دوم اعتبار بیش‌تری دارد. نتایج پژوهش و تحلیل آماری نشان می‌دهد که ۸٦ درصد جهت‌گیری اووالاها، از روند کلی گسل‌ها در منطقه تبعیت می‌کند. برخلاف شکل پولژه بستر تمام اووالاها حفره و رسوب‌گذاری ناچیز است. ۹۵

*۱- دانش آموخته دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری. (نویسنده مسئول). E-mail: aalijahanfar54@yahoo.com
۲ – گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۳- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

درصد اووالا ها در آهک بیستون قرارگرفته و شیب ۹۲ درصد از آن‌ها بین ۰ تا ۵ درصد است. بررسی این تحقیق نشان می‌دهد که تمامی اووالاهای مورد مطالعه در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر شکل گرفته‌اند.

کلید واژه‌ها: اووالا، اشکال سطحی کارست، مورفومتری، بیستون-پراو.

مقدمه

یکی از نمونه‌های تیپیک اشکال کارستی در توده آهکی پراو-بیستون در زاگرس، چاله‌های کارستی است که در اصطلاح ژئومورفولوژی اووالا نام دارند. بررسی مقالات علمی در ارتباط با کارست و ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که تحقیقات کارست، بیش تر در قلمرو هیدرولوژی، رسوب، ژئوشیمی، غارشناسی انجام شده است و تحقیقات محدودی روی مطالعه لندفرم های سطحی کارست متمرکز شده‌اند (Sauro, 2013: 5). اشکال سطحی کارست مشخص‌ترین چشم‌انداز مناطق کارستی هستند. در منابع متعددی از مطالعات کارست در اروپا مهم‌ترین چاله‌های سطحی کارست، به ترتیب وسعت عبارتند از دولین، اووالا و پولژه یا پولیه (Sweeting, 1972 ؛Trimmel, 1965 ؛Gams, 1973 ؛Cvijic, 1983 ؛Goudie et al, 1994 ؛Pulina, 1999 ؛Salomon, 2000). در مقایسه با انواع دیگر چاله کارستی مانند دولین‌ها و پولژه‌ها که به‌طور منظم و مداوم در مطالعات کارست سطحی مورد تحقیق قرار گرفته‌اند، پژوهش در مورد اووالا یا صورت نگرفته و یا به شکل مبهم به آن پرداخته شده است (Calic, 2011: 32). جایی که تعداد زیادی دولین در دره‌های خشک، یا خوشه‌ای از دولین‌ها در یک راستا در سطح فلات محصور در خشکی شکل گرفته باشند، تشکیل چاله‌ای وسیع‌تری به نام اووالا می‌دهند. این چاله‌ها منجر به افزایش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در منطقه وادوز می‌شوند (Ford & Williams, 2007: 346). یکی از مشکلات در ارتباط با تعاریف درست از چاله‌های کارستی، تفکیک و تقسیم‌بندی چاله‌ها بر اساس اندازه است و نه بر اساس ویژگی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و هیدرولوژی (Frelih, 2003: 106). بر این اساس، دولین لندفرم و چاله کارستی دایره‌ای شکل است، به قطر چند متر تا حدود یک کیلومتر (Ford & Williams, 2007: 339) و در تعریف، پولژه عبارت است از چاله بزرگ کارستی، با کف هموار و پوشیده از رسوبات نرم که در آن، سطح پیزومتریک نزدیک به سطح زمین است، در حالی که اووالا شکلی از چاله کارستی، قلمداد می‌شود که از نظر اندازه و وسعت بزرگ‌تر از دولین (ترکیبی از چند دولین) و کوچک‌تر از پولژه است. در تعریف پولژه و تفکیک آن از اووالا نمی‌توان تنها به یک یا دو معیار بسنده کرد و استفاده از چند معیار لازم است. مهم‌ترین این معیارها عبارتند از: ۱- توپوگرافی ۲- شرایط ساختاری، یعنی تاثیر شکستگی و گسل، تاقدیس و ناودیس ۳- تکتونیک فعال و توسعه شبکه هیدرولوژی ٤- میراث مورفوکلیماتیک ٥- هیدرولوژی حال حاضر و شرایط شبکه‌ها، انشعابات و شرایط سطح پیزومتری در پولژه ٦- اشکال و ویژگی ژئومورفولوژی (Nicod, 2003: 32). در تشخیص اوولا از پولژه، اغلب اووالا را ترکیبی از چند دولین می‌دانند Fairbridge, 1968 ؛Trimmel, 1965 ؛Sweeting, 1972 و گاهی اووالا را مترادف با چاله‌های ترکیبی یا چاله‌های دره‌ای و دره‌ی کور تعریف کرده‌اند White (1988). برای سالیان متمادی از واژه اووالا به اشتباه در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

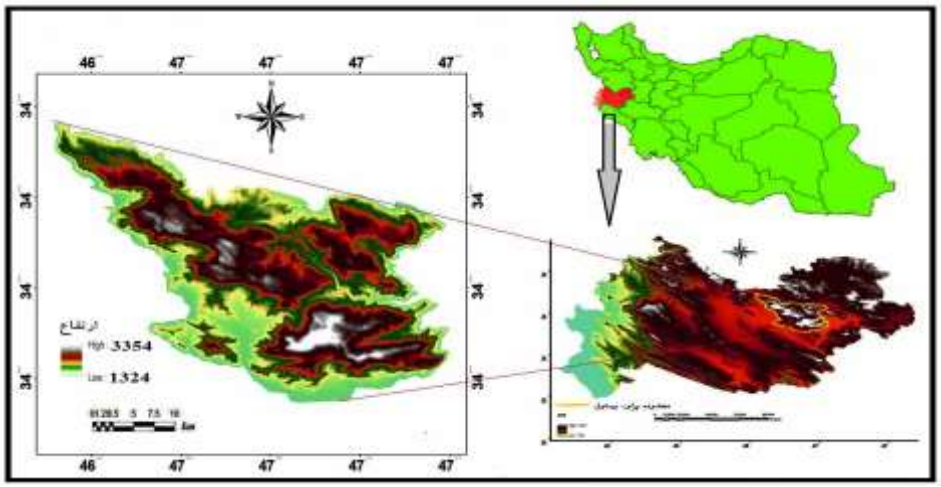
توضیح و توصیف برخی از اشکال کارستی استفاده شد است. در تحقیقات اخیر تلاش گردیده است با کمک گرفتن از عوامل مختلف که در فرآیند توسعه کارست شرکت دارند، مانند عوامل توپوگرافی، سنگ‌شناسی و تک تکتونیک فعال، فرآیندهای هیدرولوژیکی، فعالیت‌های زیست‌محیطی و عوامل ژئومورفولوژیک تاثیر گذار مانند فرآیند هوازدگی، شکل‌گیری و توسعه اووالا به‌عنوان یک چاله در کارست سطحی از دیگر اشکال سطحی کارست مانند دولین و پولژه باز شناخته شود (Calic, 2011: 32). در سال‌های اخیر استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه مورفولوژی سطحی کارست، به خصوص در مورفومتری کارست سطحی مورد توجه قرارگرفته است Angel et al (2004) ,Denizman (2003) ,Zhu et al (2014) ,Telbisz et al (2009) ,Valois et al (2014) ,Iguzquiza (2013) Jafarbeyglou (2011). در مطالعات متعدد در تحلیل مورفومتری چاله‌های در استخراج پارامترهای کمی چاله‌ها، کاربرد مدل رقومی ارتفاع با دقت بالا DEM و همچنین تصاویر LIDAR ابزارهای کارآمدی محسوب می‌شوند. از دیگر روش‌های مطالعه چاله‌های کارستی روش‌های کمی – آماری است که هم در اندازه‌گیری پارامترهای کمی و هم تعیین همبستگی بین عوامل موثر در مورفومتری چاله‌ها کاربرد دارد. Rezaei moghadam et al (2010 & 2011) و Servati (2014). در تحقیق حاضر تلاش شده است با کمک گرفتن از پارامترهای توپوگرافی، DEM و روش‌های کمی، ضمن شناسایی انواع چاله‌های سطحی کارست در محدوده پراو- بیستون و تفکیک این اشکال، اووالا به عنوان یکی از اشکال تیپیک در کارست سطحی، در ناحیه مورد مطالعه شناسایی شود.

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در غرب ایران و در استان کرمانشاه واقع است. توده پراو–بیستون در واحد زاگرس شکسته، با مساحت ۱۰۵۰ کیلومتر مربع و در موقعیت ′۲۱ °۳٤ تا ′٤٤ °۳٤ عرض شمالی و′۵۳ °٤٦ تا ′۲۷ °٤۷ طول شرقی واقع است (شکل ۱). بیشینه ارتفاع در توده پراو–بیستون ۳٤٤۰ متراست. با توجه به تاریخچه زمین‌شناسی در دوره ژوراسیک شرایط رسوب‌گذاری ثابتی در زاگرس به‌وجود آمده است و بر روی فلات قاره و پلات فرم کربناته داخلی، رسوب‌های کم عمق آهکی ته‌نشین شده است (آهک بیستون) و همچنین در حوضه‌های عمیق چرت و رادیولاریت انباشته شده است. این ویژگی به‌خوبی در حوضه‌های مجاور توده بیستون و پراو در کرمانشاه دیده می‌شود. از لحاظ ظاهری توده پراو–بیستون به‌صورت توده‌ای کوهستانی با ساختمان پیچیده، خشن و خرد شده شکل یافته و اثری از سیستم ژورا گونه و حالت تاقدیسی-ناودیسی مانند زاگرس چین‌خورده در آن نیست. خلوص بالای آهک بیستون، ضخامت سازند کربناته، عملکرد شدید تکتونیک، امتداد و گستردگی درزه و شکاف‌ها و تاثیر گسل اصلی زاگرس، کلکسیونی از اشکال کارستی مانند لاپیه، چاله‌ها (دولین، اووالا و پولژه)، غار، چشمه‌های کارستی و دیگر اشکال را در توده پراو–بیستون شکل داده است. از عوامل مهم در توسعه کارست در این منطقه می‌توان به عامل تکتونیک اشاره کرد. سطوح ضعیفی که در کارستی شدن سنگ آهک نقش اصلی را دارند وجود شکستگی‌های متعدد است. در نمودار گل سرخی (شکل ۵) اکثر شکستگی‌ها دارای امتداد NE-SW (در راستای نیروی ماکزیمم وارده بر زون زاگرس توسط پلیت عربی) هستند و بخشی از شکستگی‌ها که در جهت عمود بر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکستگی‌های با امتداد NE-SW هستند، احتمالاً تحت تأثیر گسل بیستون تشکیل شده‌اند. از دیگر سطوح می توان به لایه‌بندی با امتداد و شیب N40W اشاره کرد. در واقع عامل اصلی کنترل کننده تشکیل کارست در محدوده مورد مطالعه، شکستگی‌ها است.



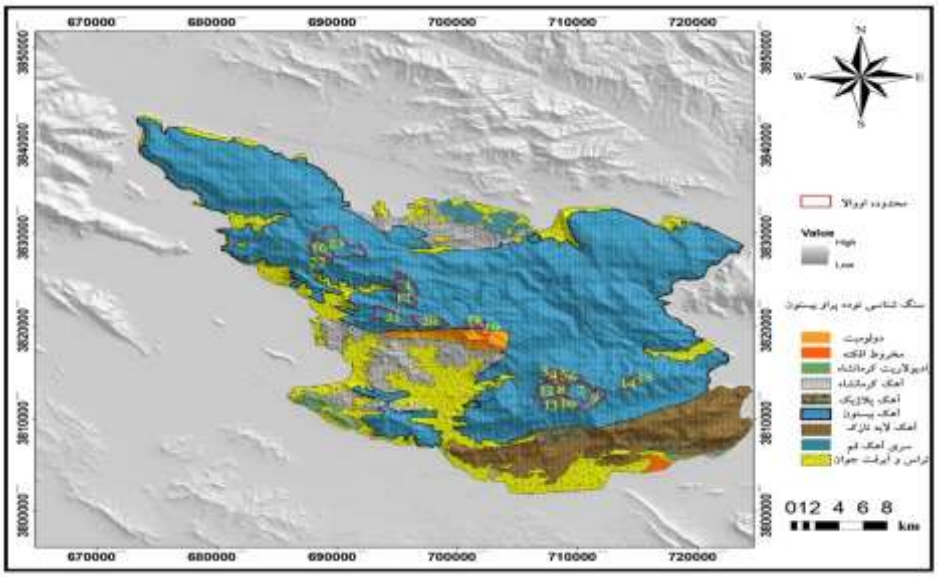
شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان کرمانشاه

یکی از مهم‌ترین شواهد توسعه کارست وجود چاله‌ها است، اساسا چاله‌ها اعم از دولین، اووالا و پولژه نماد نواحی کارستی هستند و وجود و وسعت آن‌ها بیانگر گسترش کارست کامل در یک ناحیه است.

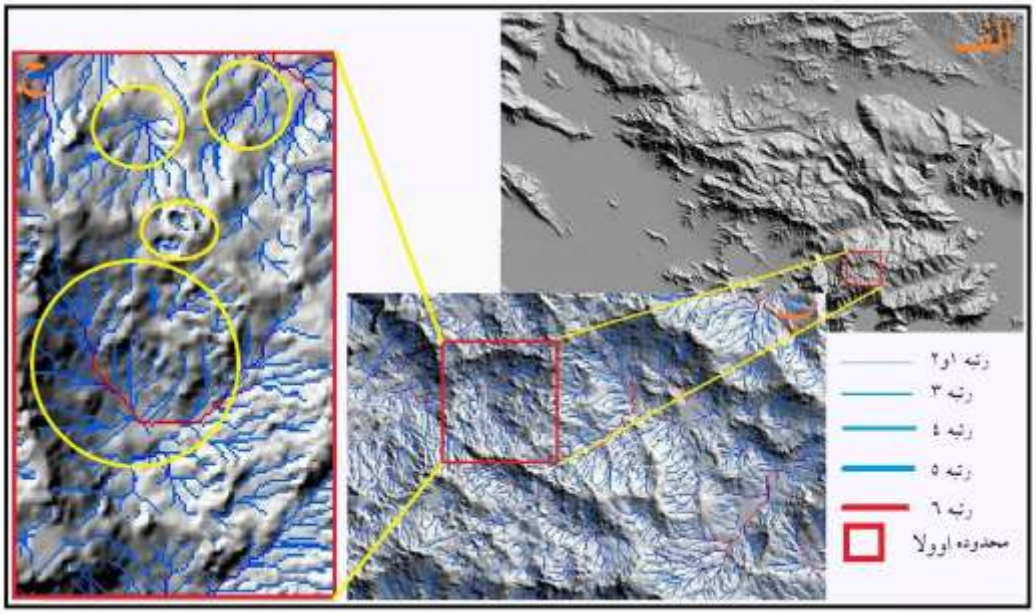
مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر علاوه بر بررسی کتابخانه‌ای، با مطالعه تصاویر هوایی و ماهواره‌ای از محدوده و استفاده از نرم‌افزار Google Earth محدوده و موقعیت تعداد ۲۳ اووالا (شکل ۲)، در توده پراو -بیستون تعیین شد. همچنین با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ویژگی‌های زمین ساختاری و لیتولوژی این اووالاها بررسی شد. در ادامه با کار میدانی نسبت به برداشت بخشی از پارامترهای کمی اووالا مانند طول، عرض، عمق، محیط و جهت‌گیری کلی اقدام شد. به منظور استخراج ویژگی‌های مورفومتری اووالا، تفکیک و شناسایی اووالا از دیگر اشکال سطحی کارست در محدوده‌ی مورد مطالعه از لایه رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت ۱۰ متر استفاده شد. مدل ارتفاعی رقومی (DEM) از ابزارهای مهم در مطالعه ناهمواری‌های سطح زمین است. در نرم‌افزار Arc Gis با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی در منوی Arc Toolbox و درExtension, Spatial Analyst Tools از منوی Surface گزینه Hillshade مدل سایه روشن تهیه شد، در این مدل خطوط شکستگی، چاله‌ها و سایر عوارض تا حد زیادی قابل تشخیص هستند. با هدف شناسایی اووالا به کمک شبکه آبراهه از روش Fill Sink در محیط نرم‌افزار Arc Gis و Extension Arc Hydro Tools استفاده شد (شکل ۳).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده پراو-بیستون و موقعیت ۲۳ اووالای شناسایی شده

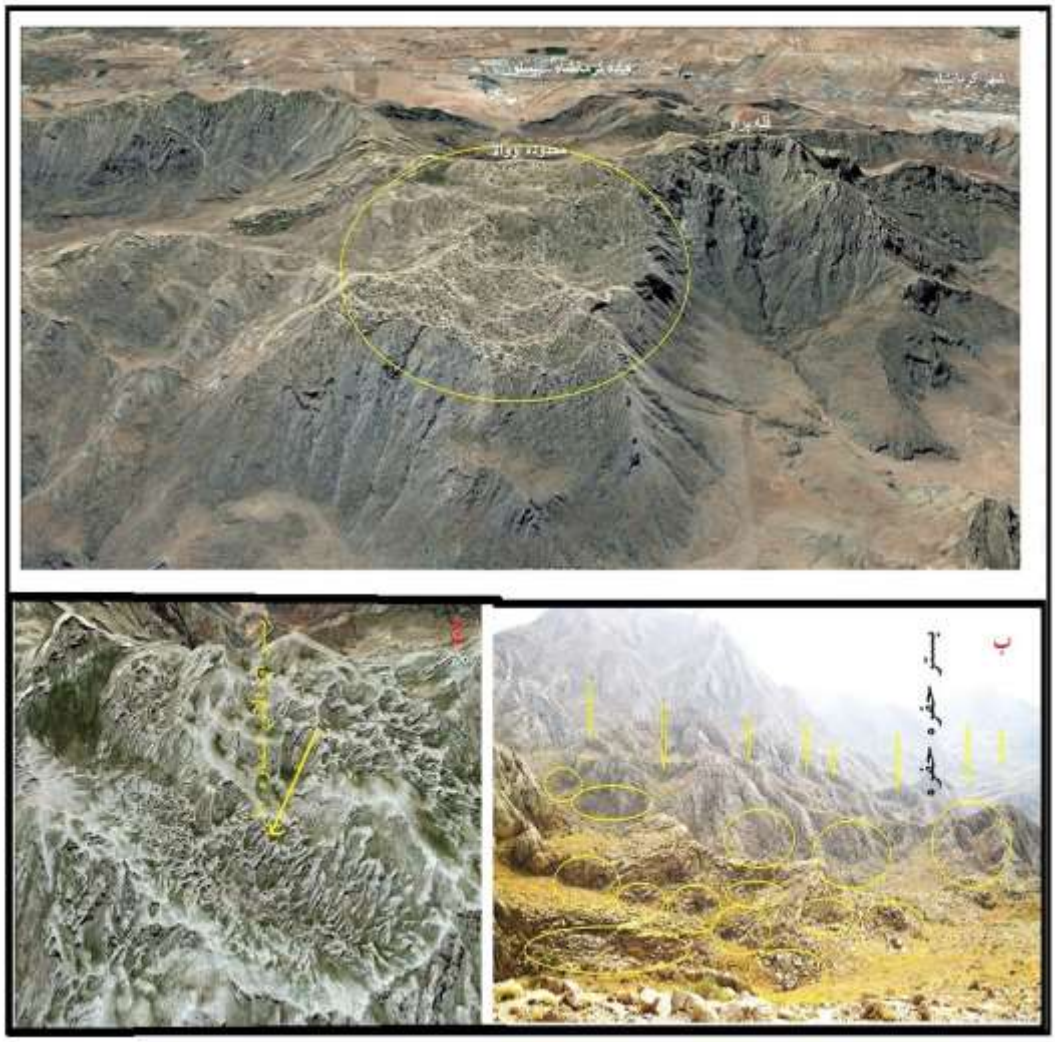


شکل ۳: الف) مدل Hillshade از محدوده پراو بیستون، ب و ج) شناسایی محدوده اووالا با استفاده از روش Fill sink و الگوی استقرار شبکه هیدرولوژی (درون‌زا) در اووالا

برای تجزیه‌وتحلیل مورفومتری و انتخاب پارامترهای دقیق، از کار (Calic, 2011) به عنوان مرجع استفاده شد. دو روش کلی برای تشخیص اووالا و تفکیک آن‌ها در این تحقیق استفاده شده است: ۱- تعیین محدوده اووالا با استفاده از منحنی میزان و تعیین بالاترین منحنی میزان به‌عنوان مرز و محدوده اووالا ۲- استفاده از خط تقسیم توپوگرافی (اتصال بلندترین نقاط) در محدوده اووالا (جدول ۱). این روش‌ها علیرغم محدودیت و معایب، از عملی‌ترین روش‌ها به‌منظور تفکیک و باز شناخت اووالا روش‌های فوق هستند. از روش آماری همبستگی به‌منظور یافتن رابطه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بین پارامترهای کمی اووالاها و رگرسیون خطی ساده جهت شناسایی مهم‌ترین متغیرهای موثر در شکل‌گیری و توسعه اووالا در پرآو–بیستون استفاد شد. پس از اندازه‌گیری پارامترهای اصلی در ۲۳ اووالا که در توده پراو بیستون شناسایی شده‌اند (شکل ۲)، از اووالاها در ۳ مرحله بازدید میدانی شد و برخی از ویژگی‌های آن‌ها برداشت شد (شکل ٤). به‌منظور محاسبه حجم اووالا از نرم‌افزار Arc Gis کمک گرفته شد. برای محاسبه حجم اووالا در این نرم‌افزار ابتدا محدوده هر اووالا با استفاده از بالاترین منحنی میزان مشخص شد. سپس به کمک منوی 3D Analyst Tools و گزینه Functional Surface که برای محاسبه حجم اشکال نامنظم، در لایه‌های رستری کاربرد دارد و نیز تابع Surface Volume حجم ۲۳ اووالای مورد مطالعه محاسبه شد. یکی از شاخص‌های مورد توجه در مورفومتری، تعیین جهت حداکثر کشیدگی در هریک از اووالاها می باشد. در مطالعه میدانی جهت کشیدگی هریک از اووالاها تعیین شد.



شکل ٤: الف) موقعیت کلی تعدادی اووالا در شمال شهر کرمانشاه و قله اصلی پراو ب) بستر حفره حفره اووالا ج) اووالای شماره ۱۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- دو روش برای تعیین محدوده اووالا به نقل از Calic (2011)

بالاترین منحنی میزان بسته (Pc)	خط تقسیم توپوگرافی (Pd)
معایب: معمولا طول، نسبت به اندازه واقعی کوچک‌تر است. محدودیت: تاثیر بیش‌تر فرسایش آبی در اندازه چاله مزایا: می‌توان به درستی و کاملا عینی، محدوده توسعه چاله در کارست را ترسیم نمود.	معایب: میزان مقادیر محاسبه شده بیش از اندازه واقعی اندازه تصویر از میزان واقعی آنچه نمایش می‌دهد کوچک‌تر است. محدودیت: به دلیل انطباق کم تر محدوده انتخابی با مورفولوژی مزایا: انطباق زیاد و کمک به درک کلی از یک چاله.

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده اووالا

پارامترها	توضیحات
Pc Pd Ac, Ad ,DMAXc DMAXd DMNRc,DMNRd DDIRd V Emin Emaxd	محیط Pc:محاسبه محیط بالاترین منحنی میزان،Pd: محیط خط تقسیم آب مساحت Ac: مساحت بالاترین منحنی میزان، Ad: مساحت خط تقسیم آب بزرگ‌ترین قطر: طولانی‌ترین خط اتصال دو نقطه در منحنی میزان و خط تقسیم توپوگرافی کوچک‌ترین قطر: کوتاه‌ترین اتصال دو نقطه در منحنی میزان و خط تقسیم توپوگرافی آزیموت یا جهت حداکثر کشیدگی صرفا در خط تقسیم توپوگرافی حجم، اووالا در محدوده پایین‌تر از بالاترین منحنی میزان عمیق‌ترین نقطه، در کف اووالا (متر از سطح دریا) ارتفاع بالاترین نقطه در خط تقسیم توپوگرافی (متر از سطح دریا)

با هدف محاسبه برخی پارامترهای از روابط کمی که توسط Calic (2011) در مطالعه اووالا در رشته کوه کارپات در مرکز و شرق اروپا پیشنهاد شده‌اند، استفاده شد.

رابطه (۱) عمق اووالا $HUV = Ec - Emin$

در این رابطه HUV عمق اووالا و Ec و Emin همان‌طور که در (جدول ۲) آمده است به‌ترتیب ارتفاع بالاترین منحنی میزان و عمیق‌ترین نقطه کف اووالا است.

رابطه (۲) عمق حوضه $HBAS = Emaxd - Emin$

در این رابطه HBAS عمق اووالا با توجه به خط تقسیم توپوگرافی، Emaxd حداکثر ارتفاع در خط تقسیم توپوگرافی، Emin عمیق‌ترین نقطه کف اووالا است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

رابطه (۳) نسبت بین محیط اووالا و محیط دایره معادل $ISINc,d = (Pc,d / CEQUc,d)$

برای محاسبه این شاخص محیط‌های محاسبه شده Pc, d بر محیط دایره هم ارز و معادل اووالا CEQUc, d تقسیم شده است. مقادیر این شاخص اگر به عدد ۱ نزدیک باشد شکل اووالا به دایره نزدیک و هرچه کم‌تر یا بیش‌تر از عدد یک باشد از حالت دایره خارج می‌شود. این شاخص بیان‌گر تاثیر عامل تکتونیک در تشکیل اووالا است.

رابطه (٤) میانگین قطر $DAVEc,DAVEd = (DMAXc,d + DMINRc,d/2)$

DAVEc ,DAVEd مقادیر متوسط قطر اووالا و عبارتست از مجموع قطر کوچک و بزرگ تقسیم بر ۲. این شاخص گرچه به شکل مستقیم کاربرد چندانی در توضیح وضعیت اووالا ندارد اما به واسطه کاربرد آن در محاسبه نسبت سطح مقطع اووالا و پارامترهای کمی دیگر، باید محاسبه شود.

رابطه (٥) نسبت سطح مقطع اووالا $RH/Dd, Dc = (HUV/DAVEc, HBAS/DAVEd)$

این شاخص نسبت عمق اووالا (HUV, HBAS) را به متوسط قطر اووالا (DAVEc, d) را در هر دو روش نشان می‌دهد. این شاخص در تعیین نفوذپذیری و ویژگی‌های هیدرولوژی اهمیت دارد.

رابطه (٦) نسبت کشیدگی اووالا $ELONGc,d = (DMAXc,d/DMINRc,d)$

از شاخص‌های مهم در تعیین تاثیر تکتونیک بر شکل‌گیری اووالا شاخص نسبت کشیدگی است.
شاخص پیتینگ (شاخص حفره‌دار بودن) بستر اووالا از رابطه (۷) محاسبه شد.

رابطه (۷) شاخص پیتینگ $IPIT = KARE/\sum ADOL$

در این رابطه، IPIT شاخص پیتینگ، KARE مساحت کل اووالا که در محدوده مورد مطالعه همان Ad در نظر گرفته شد و ∑ADOL مجموع مساحت دولین‌های کف اووالا می‌باشد. نتایج استفاده از روابط فوق و نیز اندازه‌گیری پارامترهای کمی در توده بیستون-پراو در (جداول ۳ و ٤) ارائه شده است. از تحلیل آماری و رگرسیون به‌منظور محاسبه ضریب تعیین و معادله خط در رابطه با پارامترها کمک گرفته شد (شکل ٦).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- پارامترهای کمی اووالا مورد مطالعه(N: شماره اووالا، Ac و Ad: مساحت اووالا، Pd وPc: محیط اووالا، V: حجم اووالا، Emin: ارتفاع عمیق‌ترین نقطه در کف اووالا، Ec: ارتفاع بالاترین منحنی میزان، HUV: عمق اووالا، Emaxd: ارتفاع بالاترین نقطه در خط تقسیم توپوگرافی، HBAS: عمق حوضه

DDIR	DAVEd	DAVEc	HBAS (m)	Emaxd (m)	HUV (m)	Ec (m)	Emin (m)	V (Mm^3)	Pc km	Ac Km^2	Pd km	Ad Km^2	N
N40W	۱۵۷٤	۱۱٤٤	۳۳۵	۲۹۸۵	۹۵	۲۷۵۰	۲٦۵۵	۱۲۰	٦	۱	۸/۲	۲/۲	۱
N45W	۱۷۲۵	۱٤٦۹	۲۸۵	۲۸۵۰	۲۲۵	۲۸۰۰	۲۵۷۵	۱٤۳/۲	۷/٤	۱	۷/٤	۲	۲
N20E	۷۸٦	۲٦۵	۲۲۷	۲۹۷۷	۷۵	۲۸۲۵	۲۷۵۰	۲/۲	۲/۳	/٦۷	٤	۱/۲	۳
N30E	۱۰۰۱	٤۷۰	۲۱۳	۲۹۹۳	٤۵	۲۸۲۵	۲۷۸	۳/۱۳	۳	/۳	۵	۱	٤
N45W	۸۰۲/۵	۵۵٦/۵	۲۷۹	۳۱۵٤	۱۸۰	۳۰۵۰	۲۸۷۵	۱/۵	۵	/۲	۳/۳	۱	۵
N40W	۱۲۹۰	۸۹۵	۱٦۰	۳۰۸۵	٦۰	۲۹۸۵	۲۹۲۵	۵/٦	۵	/٤	٤/٤	۱/۲	٦
N40W	۱٤۷۳	۹۳۵	۵۱۱	۳۱۲٦	۱۳۵	۲۷۵۰	۲٦۱۵	۱۹۲/٤	۷/۲	۱/۲	۹/٤	۳/۲	۷
N30W	۹۹۵/۵	۷۲۲/۵	٤٤۰	۳۱۳۰	٦۰	۲۸۵۰	۲۷۹۰	٤/٦	٤	/٤۳	۵	۱/۱	۸
N30E	۱۷۷۰	۹٤۸/۵	۲٦۷	۳۱۱۷	۲٤۰	۲۷۹۰	۲۵۵۰	۱۱۳	٦	/۷	۸/٤	۳/۳	۹
N40W	۱۲۳٤	۱۰۵۳	۲۷۰	۳۱٦۵	۱۸۰	۳۰۷۰	۲۸۹۵	۱۳۸/۷	۷	۱	۸/۳	۱/۲	۱۰
N45W	۱۱٤۲	۷۳۵/۵	۱۱۱	۳۲۳٦	۱۰۵	۳۲۳۰	۳۱۲۵	۵/۳	٤/۳	/٤	٦	۱/۱	۱۱
N40W	۱۱۲۹	۸۵۰/۵	۲٤۵	۲۹۲۵	۲۲۰	۲۹۷۰	۲۷۵۰	۱۲٦/٦	٤/۷	۱	۷	۲/۲	۱۲
N40W	۷۳٤	۳۹۱	۱۳۰	۲۹۷۵	٤۰	۲۸۸۵	۲۸٤۵	۲/۲	۲/۲	/۲	۳/۱	۱/۲	۱۳
N30E	۷٤۷	٤۲۰	۱۵۷	۲۷۸۲	۵۵	۲٦۸۰	۲٦۲۵	۲/٦	۲/٦	/۲	۳/٦	/۷	۱٤
N40W	۵۳٤/۵	۳۰٤	۲۳۱	۲۸۳۱	۷۰	۲٦۷۰	۲٦۰۰	۸/۳	۳/۲	/۱	۲/۵	./٤	۱۵
N40W	۱۵٤۱	۱۱۹۱	۳۳٦	۲۹۱۱	۵۵	۲٦۳۰	۲۵۷۵	٤٤۷	٦	۱	۸	۲/۱	۱٦
N30W	۳٦۲۸	۱۹٤۱	۱۷۸	۲۹۰۳	۱۱۵	۲۸٤۰	۲۷۲۵	۱۰۲/٤	٦/۵	۱	۸	۱/۳	۱۷
N40W	۱۵۷٤	۹۵۳	۱۳٦	۲۷۲٦	۵۰	۲٦٤۰	۲۵۹۰	۵	۵	/٤	٤/۲	/۸	۱۸
N30W	۹٤٦/۵	۵۵۵	۱۷۰	۲۷٤۵	۱۱۰	۲٦۸۰	۲۵۷۵	٤	۳/۱	/۳	۵	/۹	۱۹
N50W	۹۳٦	٦٤۰/۵	۳۳۳	۲۹۰۸	۱۲۵	۲۷۰۰	۲۵۷۵	۱٤۷/۲	٦/۲	۱	۸	۲/۱	۲۰
N60W	۱۸۲۱	۹۱۸/۵	۳۳۸	۲۷۷۳	۷۵	۲۵۰۰	۲٤۲۵	۳۲۸/۷	۱۱	۲	۱۱/۲	٤/۱	۲۱
N40W	۲۳۲۰	۱٦۸۹	۱۵۳	۲۹۷۳	۳۰	۲۸۵۰	۲۸۲۰	٤/۱	٤/۳	/۳	۵	/۸	۲۲
N40W	۹۳۹/۵	۵٦۲/۵	۱۹۱	۲۹۱۱	۲۸٤	۲۹٦۰	۲۷۲۵	٤۰۱	۱۲	۲/۷	۱۵	٦/٦	۲۳

جدول ٤- ادامه پارامترهای کمی اووالاC, DMAXd **وc,** DMNRd **به ترتیب حداکثر قطر و حداقل قطر اووالا،D ,ELONGc نسبت کشیدگی اووالا،C , ISINd شاخص سینوسیته اووالا، RH/Dd شاخص نسبت سطح مقطع اووالا و IPIT حفره حفره بودن اووالا است.**

IPIT	RH/Dc	RH/Dd	ISINc	ISINd	ELONGc	ELONGd	DMNRc	DMNRd	DMAXc	DMAXd	N
۱۲/٤	/۰۸	/۲۱	/۸۸	/۹۱	۸/۸	۳/۳۹	۲۳۲	٦۹۷	۲۰۵٦	۲۳٦۸	۱
۱۷/۳	/۱۵	/۱٦	/۸۲	/۷٦	۸/۷	٦/٤۷	۳۰۹	٤۹۳	۲٦۹۳	۳۱۹۰	۲
۷/۷	/۲۸	./۲۸	۱	/۸٤	۱/۸	۳/۳۷	۲٦۷	٤۲٦	٤۹٦	۱٤۷۲	۳
٦/٦	/۰۹	./۲۱	۱/٤	/۹۱	٤/۹	٦	۱۵۸	۲۸٦	۷۸۲	۱۷۱٦	٤
۳/۳	/۳۲	/۳٤	۱/٦۲	/۷۸	٦/۸	۵/۵	۱۵٤	۲٤۵	۱۰٤۵	۱۳٦۰	۵
٤	/۰۷	/۱۲	۱/۳	/۹۵	۹/۱	٤/۸	۱۲۰	۳۰٦	۱۰۹٦	۱٤۸٤	٦
۱۰/٦	/۱٤	/۳٤	۱/۱	۱/۳	۸/۳	٤/۸	۱۹۸	۵۰٦	۱٦۵۲	۲٤٤۰	۷
۳	/۰۸	/٤٤	/٦۵	/۹۹	۳/۲	٦	٤٤۹	۲۵٤	۹۹۵	۱۵٤۲	۸

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

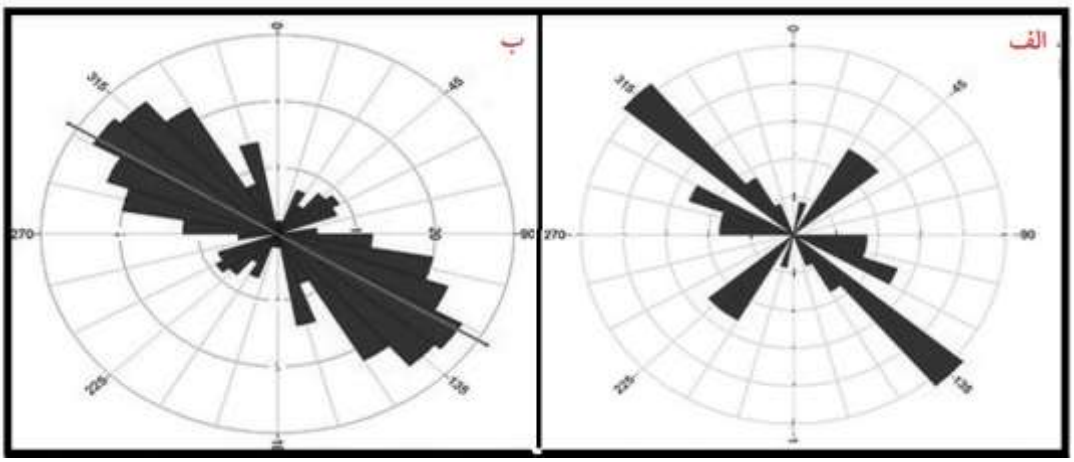
ادامه جدول ٤- ادامه پارامترهای کمی اووالاC, DMAXd و DMNRd, C به ترتیب حداکثر قطر و حداقل قطر اووالا.ELONGc, D نسبت کشیدگی اووالا،C , ISINd شاخص سینوسیته اووالا، RH/Dd شاخص نسبت سطح مقطع اووالا و IPIT حفره حفره بودن اووالا است.

IPIT	RH/Dc	RH/Dd	ISINc	ISINd	ELONGc	ELONGd	DMNRc	DMNRd	DMAXc	DMAXd	N
۲۰/۷	/۲۵	/۱۵	۱/۱۷	/۹۱	۹/٦	٤/٦	۱۷۸	٦۲٤	۱۷۱۹	۲۹۱۷	۹
۵/۸	/۱۷	/۲۱	۱/۱٤	۱/۰۸	۸/۸	۳/۸	۲۱٤	۵۸۵	۱۸۹۳	۲۲۲۷	۱۰
٦/۳	/۱٤	/۰۹	/۸٤	/۹۷	٤/۲	۵/۷	۲۸۱	۳٤۰	۱۱۹۰	۱۹٤۵	۱۱
۷/۹	/۲٦	/۲۱	۱/۱۱	۱/۰۵	۲/۱	۳/۱۷	۵٤۳	٦٦۲	۱۱۵۸	۲۰۹۹	۱۲
۷/۳	/۱	/۱۷	۱/۰٤	/۸۹	۵/۱	۳/٦	۱۲۷	۳۱۹	٦۵۵	۱۱٤۹	۱۳
۹/٤	/۱۳.	/۲۱	۱/۹	/۸۵	۵	۸/۸	۱۳۹	۱۵۲	۷۰۱	۱۳٤۲	۱٤
۸/۱	/۲۳	/٤۳	۱/۰٤	/۹٦	۵/۳	٤/۷	۷۳	۱۸۷	۵۳۵	۸۸۲	۱۵
٤/۲	/۰۵	/۲۱	/۹۳	/۹۱	٤/٤	۳/۱٦	٤۲۵	۹۵۵	۱۸۹٤	۳۰۲۰	۱٦
۵/۵	/۰٦	/۰٤	۱/۱	/۹۱	٤/۵	٤/۷	۳۲۸	٦۱۱	۱۵۰۱	۲۸۸۳	۱۷
۸/۳	/۱۲	/۰۸	۱/۱۷	/۸۵	۵/۱	۵/۸	۱٦۵	۲۸۹	۸٤۳	۱٦۷۸	۱۸
۱۱/٤	/۲	/۱۸	۱/۱۳	/۸۸	٦/۱	۷/۳	۱٤٤	۲۲٦	۸۸٤	۱٦٦۷	۱۹
٦/۹	/۲	/۳۵	۱/۲	۱/۰٤	۹/۵	٤/٦	۱۲۱	۳۳۳	۱۱٦۰	۱۵۳۹	۲۰
۱۳/٦	/۰۸	/۱۸	/۹	/۷۹	۷/٦	٦/۲	۲۱۳	۵۰٤	۱٦۲٤	۳۱۳۸	۲۱
۱۲/۱	/۰۲	/۰٦	/۸۱	/۸٦	۲/۸۵	۳/۰۸	۳۲۸	۵۰۹	۹۳۵	۱۵۷۱	۲۲
٤/۷	/۵	/۲	۱/۱٤	/۸۳	۹/۹	٤/۷۷	۳٤۵	۱۲۵۹	۳٤٤۱	٦۰۱۱	۲۳

یافته‌ها و بحث

پارامترهای موثر در شکل‌گیری اووالا در قالب عوامل اصلی زمین‌شناسی، تکتونیک، هیدرولوژی، مورفولوژی بستر اووالا، بررسی شد. عامل مساعد لیتولوژیک یعنی گسترش سازند آهکی بیستون که اصلی‌ترین واحد زمین‌شناسی در منطقه است. همراه با عوامل زمینه‌سازی مانند تعدد شکستگی‌ها، اعم از گسل‌های طویل در کنار درزو شکاف‌های تکتونیکی، همچنین مساعدت شرایط اقلیمی مانند بارش مناسب به توسعه و تکامل هرچه بیش‌تر فرم‌های کارستی در منطقه منجر گردیده است. از مهم‌ترین اشکال در توده پراو بیستون اووالا است که از نظر مورفولوژی و شکل‌گیری از اشکال سطحی دیگر قابل تمایز است. از مهم‌ترین شاخص‌های تفکیک اشکال سطحی کارست، ویژگی‌های مورفومتری است. با هدف مطالعه تاثیر تکتونیک و بررسی تبعیت جهت‌گیری اووالا از وضعیت زمین ساختاری منطقه جهت کشیدگی اصلی اووالا در محدوده مطالعاتی تعیین شد. با مقایسه نتایج حاصل در (جدول ۳) و رز دیاگرام ۲۰۰ گسل و شکستگی اصلی در محدوده پراو-بیستون (شکل ۵) مشاهده شد که از تعداد ۲۳ اووالا ۱۹ اووالا دارای کشیدگی اصلی (آزیموت) در جهت اصلی شکستگی‌های پرآو-بیستون هستند و تنها در چهار مورد جهت گیری متفاوت است (شکل ۵).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

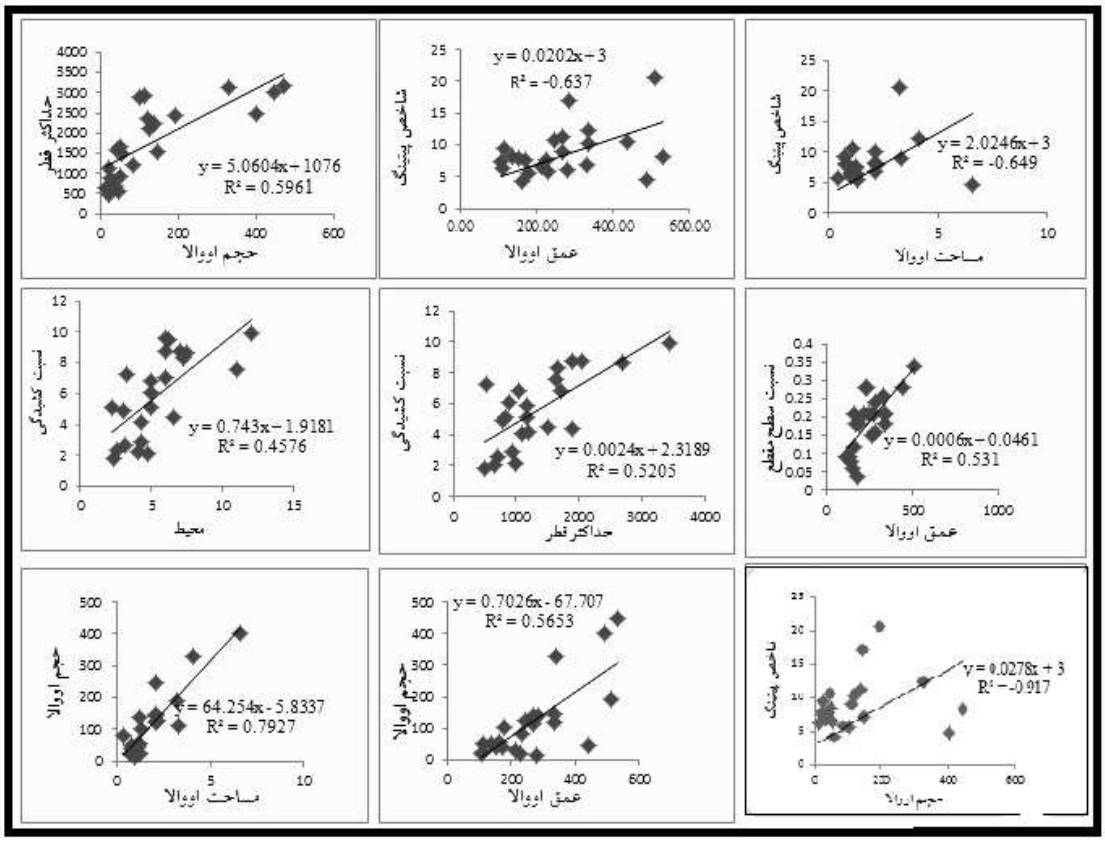


شکل ۵: الف و ب، امتداد یکسان جهت‌گیری اووالا و شکستگی‌های پراو- بیستون و تبعیت از روند اصلی شکستگی زاگرس.

از شاخص‌های مهم در بازتاب وضعیت توپوگرافی، شاخص نسبت کشیدگی است که در هر دو تقسیم‌بندی برای ۲۳ اووالای شناسایی شده در بیستون محاسبه شد (جدول ۳). نتایج تحلیل رگرسیونی در رابطه با چند شاخص مورفومتری و همبستگی بین آن‌ها بسیار اهمیت دارد (شکل ٦). از جمله این‌که بیش‌ترین همبستگی به شکل معکوس بین مساحت اووالا و شاخص پیتینگ وجود دارد. به عبارتی هرچه مساحت اووالا کم‌تر باشد در بیش‌تر موارد شاخص پیتینگ (حفره حفره) بیش‌تر است (شکل ٦). اووالای شماره ۵، ٦، ۸ و ٤ به رغم مساحت کم‌تر چاله‌های بیش‌تری در بستر آن‌ها شکل گرفته (جدول ۳ و ٤) و بر عکس اووالای شماره ۹، ۷ و ۲ به‌رغم مساحت بیش‌تر، بستری به مراتب هموار دارند. همان‌طور که در اووالاهای شماره ۹ و ۲۱ دیده می‌شود، به‌رغم عمق بیش‌تر و حجم بیش‌تر، بستر اووالا هموارتر است (جدول ۳ و ٤). این امر می‌تواند ناشی از عملکرد جریان‌ها و تاثیر توام انحلال و شستشو در بستر اووالا و گسترش شبکه زیرسطحی در این دسته از اووالاها باشد. بین حجم اووالا و مساحت اووالا رابطه مستقیم وجود دارد (شکل ٦)؛ یعنی با افزایش مساحت، حجم اووالا نیز افزایش می‌یابد. از مهم‌ترین نتایج تحلیل رگرسیونی رابطه بین شاخص نسبت کشیدگی اووالا و حداکثر قطر اووالا است. هرچه قطر بزرگ اووالا طولانی‌تر باشد، نسبت کشیدگی بیش‌تر است. این امر به‌خوبی در ارتباط با اووالای شماره ۲۳، ۲۱ و ۱۷ قابل مشاهده است. از موارد مهم در ارتباط با تاثیر عوامل توپوگرافی، توجه به توزیع ارتفاعی اووالا (جدول ۵) در محدوده مورد مطالعه است. در این محدوده تمام اووالاها در ارتفاعی بیش‌تر ۲۰۰۰ متر استقرار یافته و حداکثر تراکم اووالاها در ارتفاع ۲٦۰۰ تا ۳۰۰۰ است (جدول ۳). فرآیندهای کارستی هنوز در زاگرس شکسته برخلاف زاگرس چین‌خورده که ارتفاع کم‌تری دارد در ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متری به‌شدت اثرگذار هستند. شاهد این ادعا، توسعه اووالا با فراوانی بیش‌تر در مقایسه با سطوح ارتفاعی پایین‌تر در توده پراو-بیستون است. عامل ژئومورفولوژی اثرگذار در شکل‌گیری اووالا عامل شیب است. مطابق با (جدول ۵) ۷٤ درصد مساحت اووالا در محدوده مورد مطالعه شیبی بین ۰ تا ۲ درصد دارند. در شیب بالاتر از ۱٤ درصد هیچ سطحی از اووالا شکل نگرفته است. این امر نشان می‌دهد که درشیب‌های کم به دلیل استمرار فرآیندهای انحلال، امکان شکل‌گیری و توسعه اووالا بسیار بیش‌تر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

از شیب‌های تند است. لیتولوژی بر شکل‌گیری و توسعه اشکال سطحی کارست نقش مهمی دارد در پراو-بیستون گستردگی و مساعدت آهک توده‌ای بیستون سبب شده ۹۵ درصد از مساحت اووالا در این سازند شکل گرفته باشد. تنها بخش ناچیزی از مساحت اووالا در سازند دولومیتی قرار دارد (جدول ۵).



شکل ٦: نتایج تحلیل رگرسیونی برخی پارامترهای کمی مربوط به اووالا

جدول ۵- توزیع کمی عوامل موثر در شکل‌گیری اووالا بر اساس مساحت هریک از عوامل

لیتولوژی	مساحت km²	شیب درصد	مساحت km²	فاصله از گسل متر	مساحت km²	ارتفاع متر	مساحت km²	بارش میلی‌متر	مساحت km²
اهک بیستون	۳۹/۵	۰-۲	۳۱/۵	۰ - ۲۵۰	۲۳/۹	۲۲۰۰-۲۰۰۰	۷	۷۰۰-۷٤۰	٤
دولومیت	۲/٤	۲-۵	۷/۱	۲۵۰-۵۰۰	۸	۲٤۰۰-۲۲۰۰	۷/۳	۷٤۰-۷۸۰	٦
		۵-۷	۲/۱	۵۰۰-۱۰۰۰	۸/۸	۲٦۰۰-۲٤۰۰	٦/۱	۷۸۰-۸۲۰	٦,۵
		۷-۱٤	۱/۲	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱/۲	۲۸۰۰-۲٦۰۰	۸/۲	۸۲۰-۸٦۰	٦,٤
		۱٤<	-	۱۵۰۰<	۰	۳۰۰۰-۲۸۰۰	۹	۸٦۰-۹۰۰	۸
						۳۲۰۰-۳۰۰۰	٤/۳	۹۰۰-۹۲۰	۱۱
	٤۱/۹		٤۱/۹		٤۱/۹		٤۱/۹		٤۱,۹

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتیجه‌گیری

از جمله عوامل موثر در مطالعات کارست، شناسایی و محاسبه پارامترهای مورفومتری این اشکال است. در محدوده کارستی پراو–بیستون اشکال متعدد کارست در بستر لیتولوژی کربناته و با تاثیر عمیق تکتونیک شکل گرفته است، از جمله این اشکال اووالا است. مهم‌ترین پارامترهای کمی در تفکیک اووالا از دولین و به خصوص پولژه فاکتورهای کمی و مورفومتریک هستند. در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های پیشنهادی Calic (2011) و Bondesan (1992) (جدول ۲) به شناسایی و تعیین محدوده این اشکال سطحی کارست اقدام شد. دو تقسیم‌بندی برای شناسایی اووالا و محاسبه پارامترهای مورفومتری پیشنهاد شده است. از دو تقسیم‌بندی (مرز توپوگرافی یا خط تقسیم آب و منحنی‌های میزان)، داده‌های تقسیم‌بندی بر اساس مرز توپوگرافی اعتبار بیش‌تری دارد. کار تحلیل آماری روی پارامترها بر مبنای این تقسیم‌بندی صورت گرفته است. از میان پارامترهای بررسی شده، شاخص‌های نسبت کشیدگی، شاخص پیتینگ، سینوسیته و نسبت سطح مقطع اهمیت زیادی در تقسیم‌بندی اووالا دارد. بر اساس شاخص نسبت کشیدگی و همچنین محاسبه آزیموت اووالا، حدود ۸۳ درصد اووالاها، دارای کشیدگی در امتداد شکستگی‌های اصلی زاگرس هستند. همچنین ۹۵ درصد اووالاها در فاصله کم‌تر از ۱۰۰۰ متری گسل و ۵۷ درصد در فاصله ۰ تا ۲۵۰ متری گسل تشکیل شده‌اند (جدول ۵). این امر نشان دهنده تفاوت منشاء اووالا با اشکالی مانند پولیه است که بیش‌تر ناشی از عملکرد انحلالی و نیز رسوب‌گذاری در کارست سطحی هستند. وجود لیتولوژی یکسان (سازند آهکی بیستون) نقش برجسته عامل تکتونیک و شکستگی‌های را در توسعه اووالا در توده پراو–بیستون نشان می‌دهد.

حفره حفره‌دار بودن بستر اووالا از جمله مشخصات اصلی و تفاوت آن با پولژه است. تکتونیک فعال، گسترش شبکه‌های درون‌زا، میراث اقلیمی و فرآیندهای فعال انحلال به توسعه چاله‌ها در بستر اووالا منجر شده و در مواردی مانند اووالاهای شماره ۵ و ۸، شاخص پیتینگ حتی به عدد ۳ می‌رسد و در ۱۶ مورد از ۲۳ اووالای شناسایی شده، مقدار این شاخص کم‌تر از ۱۰ است (جدول ٤) که حاکی از بستری حفره حفره است.

انحراف شکل اووالا از حالت مدور و سینوسی بودن ناشی از عملکرد تکتونیک است. این شاخص در اووالای شماره ۲، ۳، ۵، ۷، ١٤، ۲۱، ۲۲ و ۲۳ از مقدار مطلوب یعنی عدد ۱ فاصله زیادی دارد.

هرچه سطح مقطع اووالا به مقدار ۰/۱۵ نزدیک‌تر باشد متقارن است و ضرایب بیش‌تر و کم‌تر اووالا از حالت تقارن خارج است (Bondesan, 1992: 36). در ۱۷ اووالا، این شاخص با ضریب متوسط ۰/۱۵ فاصله و در مورد اووالای شماره ۸ و ۱۵ بیش‌تر از ۰/٤۰ و در اووالای شماره ۱۱، ۱۷ و ۲۲ به کم‌تر از ۰/۱۰ می‌رسد. این امر بیانگر تاثیر تکتونیک بر شکل‌گیری و توسعه اووالا در بیستون–پراو است.

۷٤ درصد اووالاها در محدوده مورد مطالعه شیبی بین ۰ تا ۲ درصد دارند. در شیب بالاتر از ١٤ درصد هیچ سطحی از اووالا شکل نگرفته است. این امر نشان می‌دهد که در شیب‌های کم به دلیل استمرار فرآیندهای انحلال، امکان شکل‌گیری و توسعه اووالا بسیار بیش‌تر از شیب‌های تند است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

با توجه به نتایج حاصل از روابط کمی، رگرسیون خطی و توزیع کمی عوامل موثر در تشکیل اووالا، مهم‌ترین عامل در کنترل توسعه اووالا، میراث تکتونیک در زاگرس مرتفع و عوامل ژئومورفولوژیک مانند ارتفاع و شیب است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Angel, J. C., Nelson, D. O., Panno, S. V., (2004), "Comparison of a new GIS-based technique and a manual method for detrmining Sinkhole density: an example from Illinois Sinkhole Plain, ***Journal of Cave and karst Studies***, 66 (1): 9-17
- Bondesan, A., Meneghel, M., Sauro, U., (1992), "Morphometric analysis of Dolins, international", ***Journal of Speleology***, 21: 1-55.
- Calic, J., (2011), "Karstic Uvala revisited: Toward a redefinition of the term", ***Geomorphology***, 134: 32-34.
- Calic, J., (2009), "***Uvala cuntribution to the study of Karst depressions (with selected examples from Dinarides and Carpatho-Balkanides***)", University of Nova Gorica: Graduate School. Nova Gorica.
- Cvijic, J., (1893), "Das Karstphänomen. Versuch einer morphologischen monographie. In:Penck, A., (Ed.), ***Geographische Abhandlungen***, 3: 1-114.
- Denizman, Can., (2003), "Morphometric and spatial distribution parameters of Karstic dperessions, Lower Suwannee river Basin, Florida", ***Jornal of Cave and Karst Studies***, 65 (1): 29-35.
- Fairbridge, R.W., (1968), "The encyclopedia of geomorphology (encyclopedia of earth sciences series). Stroudsburg, Dowden : Hutchinson & Ross: Stroudsburg, Pennsylvania.
- Ford, D., Williams, P., (2007), "***Karst hydrogeology and geomorphology***", John Wiley & Sons, Ltd: London.
- Frelih, M., (2003), "Geomorphology of karst depressions: Polje or Uvala-a case study of Lucki Dol", ***Acta Carsologica***, 32 (2): 105-119.
- Gams, I., (1973), "Slovenska kraska terminologija (Slovene karst terminology)", Kraska terminologija jugoslovanskih narodov, knjiga 1, Ljubljana.
- Gams, I., (2000), "Doline morphogenetic processes from global and local viewpoints", ***Acta Carsologica***, 29 (2): 123-138.
- Gilli, E., (2011), "Karstology karsts, caves and springs elements of fundamental and applied karstology, Paris: CRC Press.
- Goudie, A., Atkinson, B. W., Gregory, K. J., Simmons, I. G., Stoddart, D. R., Sugden, D., (1994), ***The encyclopedic dictionary of physical geography***, Second Edition. Blackwell Publishers, Oxford.
- Jafar Beyglou, M., Moghimi, E., Safari, F., (2011), "Evaluating morphotectonic karst sinks in Parav
- Bistoun mass using DEM", ***Geography Magazine and Environmental Planning***, 22 (4): 18-1. [in Persian].
- Khosh Akhlag, F., Sajjad Bagheri, S, S., Safarad, T., (2014), "The analysis of severe droughts influences on karst springs discharge in kermanshah province case study: severe drought of year 1386-1387)", ***Journal of Geographical Space***, 48 (14): 1-19. [in Persian].
- Khosh Raftar, R., Sorour, J., Mojtahedi. N., (2016), "Survey Karstic forms in the mountainous masses of Dorfak- Gilan", ***Journal of Geographic Space***.56 (16): 39-56. [in Persian].
- Launspach, J., (2013), "***Automated sinkhole extraction and morphological analysis in Northeast Iowa using high- resolution LiDAR data***, University of Northern Iowa, Graduate.
- Iguzquiza, E. P., Valsero, D. J., Galiano, R. V., (2011), "Morphometric analysis of three-dimensional networks of karst conduits", ***Geomorphology***, 132: 17- 28.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Iguzquiza, E. P., Duran, J. J., Dowd, P. A., (2013), "Automatic detection and delineation of karst terrain Depressions and its application in geomorphological mapping and morphometric analysis", ***Acta Carsologica***, 42 (1): 17- 24.
- Nicod, J., (2003), "A little contribution to the karst terminology: Special or Aberrant cases of Poljes"?, ***Acta Carsologica***, 32 (3): 29-39.
- Parise, M., (2011), "Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, Southern Italy)", ***Acta Carsologica,*** 40 (1): 79-93.
- Pazzaglia, F. J., (2003), "***Landscape evolution models In: Gillespie***", A. R., Porter, S. C., Atwater, B. F., (Eds)., The Quaternary Period in the United States. Amsterdam: Elsevier. pp 247-274.
– Pulina, M., (1999), "Kras. Formy i procesy", ***Wydawnictwo Uniwersytetu Sląskiego***, Katowice.
- Rezaei moghadam, M. H., Qadri, Mohammad, R., (2011), "Quantitative analysis of Dolins in karst lands Case study: Takht Solaiman area", ***Geography and Planning***, 16 (35): 1-16. [in Persian].
- Rezaei moghadam, M., Mohammad, R., Moeid, M., (2010), "Survey of Dolins in Takht-e Soleyman area by cluster analysis", ***Spatial Planning and Approach***, 14 (4): 191-214. [in Persian].
- Salomon, J. N., (2000), "***Precis de Karstologie***", Presses Universitaires de Bordeaux: Pessac, 250 p.
- Sauro, U., Ferrarese, F., Francese, R., Miola, A., Mozzi, P., Rondo, G, Q., Trombino, L., Valentini, G., (2009), "Doline fills-Case study of the faverghera plateau (Venetain pre-Alps, Italy)", ***Acta Carsologica***, 38(1): 51- 63.
- Sauro, U., (2013), "Landforms of mountanous Karst in the middle latitudes: Reflections, trends and research problems"., ***Acta Carsologica***, 42 (1): 5 - 16.
- Santo, A., Ascione, A., Prete, S. D., Crescenzo, G. D., Santangelo, N., (2011), "Collapse Sinkholes distribution in the carbonate massifs of centeral and Southern apennines", ***Acta Carsologica***, 40 (1): 95-112.
- Servati, M. R., Rostami, M., Nosrati, K., Ahmadi, M., (2014), "Recognition the factors affecting the distribution and occurrence of Sinkholes in the region of Kermanshah Gazorkhani by using logistic regression",***Geography and Development***, 36: 194-181.
- Stepisnik, U., Mihevc, A., (2008), "Investigation of structure of various surface karst formations Limestone and Dolomite bedrock with application of the electrical resistivity imaging", ***Acta Carsologica***, 37 (1): 133- 140.
- Sweeting, M. M., (1972), "***Karst landforms***", London: MacMillan, 362 p.
- Telbisz, T., Dragusica, H., Nagy, B., (2009), "Doline morphometric analysis and Karst morphology of Biokovo Mt (Croatia) based on field observations and digital terrain analysis", ***Hrvatski geografski glasnik***,71 (2): 5-22 .
- Valois, R., Camerlynck, C., Dhemaied, A., Guerin, R., Hovhannissian, G., Plagnes, V., Rejiba, F., Robain, H., (2011), Assessment of Doline geometry using geophysics on the Quercy plateau karst (South France), ***Earth Surface Processes and Landform***, 36: 1183-1192.
- White, W. B., (1988), "***Geomorphology and hydrology of Karst terrains***", Oxford University Press; New York, Oxford.
- Zhu, J., Taylor, T. P., Currens, .J. C., Crawford, M. M., (2014), "Improved Karst Sinkhole mapping in Kentucky using Lidar techniques: apilot study in Floyds Fork Watershed", ***Journal of Cave and Karst Studies***, 76 (3): 207- 216.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]