

## طبقه‌بندی دشت‌سرهای مناطق بیابانی بر اساس پارامترهای ژئومورفومتری مطالعه موردی (عقدا، یزد)

مهدی تازه\* - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد  
سعیده کلانتری - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد  
حسن فتحی زاد- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه ایلام  
روح الله تقی زاده مهرجردی- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۰/۱۹

### چکیده

دشت‌ها، از مهم‌ترین واحدهای ژئومورفولوژی بوده و طبقه‌بندی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تاکنون روش‌ها و شاخص‌های مختلفی جهت تفکیک تیپ‌های مختلف دشتی ارائه شده که اغلب بر پایه ویژگی‌های توصیفی استوار است. طبقات دشتی مورد استفاده در این تحقیق شامل دشت‌سر فرسایشی، دشت‌سر اپانداز و دشت‌سر پوشیده می‌باشد. در این تحقیق اقدام به معرفی و استفاده از شاخص‌های جدید ژئومورفومتری تعیین دامنه کمی برای آن‌ها در جهت تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر شده است. شاخص‌های ژئومورفومتری مورد استفاده شامل درصد شیب، انحنا سطح، انحنا مقطع، انحنا حداقل، انحنا حداکثر، انحنا متقاطع، انحنا طولی و انحنا گوسیمی باشند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، در بین پارامترهای ژئومورفومتری مذکور، پارامترهای شیب، انحنا حداقل، انحنا مقطع، انحنا طول و انحنا - متقاطع دارای کارایی بیشتری از سایر پارامترهای ژئومورفومتری در طبقه‌بندی تیپ‌های مختلف دشت‌سر می‌باشد. تغییرات شیب و همچنین مقدار آن در تیپ دشت‌سر لخت، بیشتر از سایر تیپ‌های دشتی بوده و دامنه آن به طور تقریبی از ۳ تا ۸ در صد متغیر بوده و در بخش‌هایی، شیب تا ۲۰ درصد نیز دیده می‌شود. در تیپ دشت‌سر اپانداز، تغییرات و مقدار شیب پایین‌تر بوده و حدود ۱ تا ۳ درصد متغیر می‌باشد. در دشت‌سر پوشیده نیز شیب اغلب نقاط، کمتر از ۱ درصد می‌باشد. پارامتر درصد شیب، قابلیت بسیار خوبی در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر از خود نشان می‌دهد. تغییرات انحنا حداقل نیز در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و به سمت تیپ دشت‌سر اپانداز، و پوشیده، کاهش می‌یابد. تغییرات انحنا مقطع و انحنا سطح نشان می‌دهد که انحنا مقطع در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر، قابلیت بیشتری از انحنا سطح از خود نشان می‌دهد. تغییرات انحنا طول و انحنا متقاطع در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداز، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. این پارامترها نیز به طور نسبی تفکیک‌پذیری تیپ‌های مختلف دشت‌سر را از یکدیگر نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: طبقه‌بندی، ژئومورفولوژی، دشت‌سر، پارامترهای ژئومورفومتری، عقدا

## مقدمه

طبق تعریف ژئومورفولوژیست‌های آمریکایی، دشت‌سر عبارتست از ادامه لایه سنگ اصلی کوهستان در امتداد دشت‌سرها که به شکل سطح مقعری در قاعده ارتفاعات ظاهر می‌شوند. بنابراین دشت‌سر، سطحی است با شیب ملایم بین ۱ تا ۷ درجه که گاهی تا ۱۱ درجه هم می‌رسد. چنین سطحی غالباً در مقطع طولی خود محدب می‌باشد. لازمه شناخت این واحدها، تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین می‌باشد. تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین یکی از اساسی‌ترین بخش‌های علم منابع طبیعی می‌باشد. عوارض سطح زمین با مرفولوژی‌های مختلف قابل تفکیک می‌باشد. تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین موضوع علم ژئومورفومتری می‌باشد. تاکنون فرضیه‌ها، نظریه‌ها و مدل‌های مختلفی نیز جهت شکل‌گیری، توسعه و تکوین آن‌ها ارائه شده است (Pelletier, 2010).

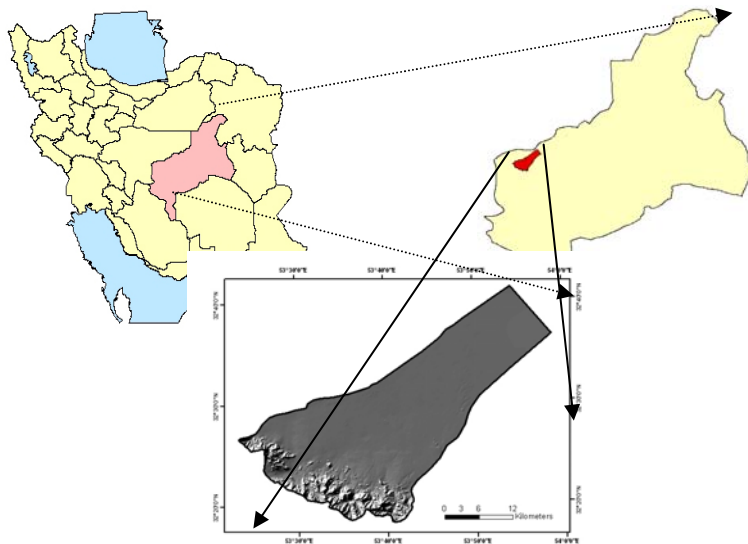
ژئومورفومتری یک زیرمجموعه از ژئومورفولوژی می‌باشد که دارای رویکرد اندازه‌گیری کمی و کیفی عوارض سطح زمین می‌باشد (Pike&Dikau, 1995; Dehn, 2001; Pike, 2002) و اصولاً بر مبنای تجزیه و تحلیل و تنوع در ارتفاع و مشتقات آن و توابع فاصله‌ای بنانهاده شده است. پایه اصلی ژئومورفومتری بر وجود ارتباط بین ناهمواری و پارامترهای عددی مذکور می‌باشد که در فرآیند تکامل و شکل‌گیری لندفرم‌ها نقش دارند. از اهداف ژئومورفولوژیست‌ها در کار با مدل‌های لندفرم‌های مختلف به دست آوردن روابط بهتر درک واقعیت‌های فیزیکی محیط می‌باشد. اشتقاق واحدهای لندفرم می‌تواند با استفاده از رویکردهای مختلفی شامل طبقه‌بندی پارامترهای مرفومتری، استفاده از فیلترهای مختلف، آنالیز خوشه‌ای و آمار چند متغیره باشد. (Etzelmqller&Sulebak, 2000 Adediran et al. 2004).

Hewitt&Schmidt(2004) و Andrew Schmidt(2005) نشان دادند که چگونه موقعیت مکانی پدیده‌ها در تشخیص لندفرم‌های مختلف، قابل استفاده می‌باشد. Summerell et al(2005) اقدام به کمی کردن لندفرم‌های مختلف با توجه به موقعیت قرارگرفتن در مناطق بالادست و پایین‌دست نمودند. همچنین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان به مدل‌های نیمه خودکاری در جهت تجزیه و تحلیل عناصر مختلف عوارض سطح زمین دست یافت. نمونه‌ای از این کار، با استفاده از داده‌های SRTM<sup>۱</sup> و تصاویر ماهواره لندست، انجام شده است (Ehsani&Quiel, 2009 Hengl&Reuter, 2009). کاربرد مدل‌های رقومی ارتفاعی در ژئومورفومتری و ژئومورفولوژی، در قرن حاضر در مواردی همچون، تفسیر بصری مدل‌های رقومی ارتفاعی، شامل تشخیص و تشریح عوارض ژئومورفومتریکی، تشخیص خودکار و کمی کردن ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، شامل استخراج و استفاده از پارامترهای مرفومتری کمی و عوارض سطح زمین (شیب، جهت، انحناء)، و تجزیه و تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی و تشخیص ساختارها، استخراج خودکار پارامترهای هیدرولوژیکی، استخراج شبکه‌های زهکشی، دره‌ها، یال‌ها، تشخیص الگوی زهکشی و غیره، استخراج خودکار لندفرم‌های مختلف، استخراج لندفرم‌ها و اجزای لندفرم‌های با استفاده الگوریتم‌های خودکار و نیمه خودکار دسته‌بندی می‌کنند. سایر کاربردهای مدل‌های رقومی ارتفاعی در مطالعات (Rhoads& Thorn 2010) آمده است. Napieralski et al (2010) به تأثیر ابعاد سلول‌های مدل‌های رقومی ارتفاعی بر مرفومتری لندفرم‌های مختلف پرداخته‌اند. شایان، س و همکاران (۱۳۹۱)، اقدام به ارزیابی کارایی شاخص‌های ژئومورفومتریکی به روش وود در طبقه‌بندی لندفرم‌های مناطق خشک نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد روش وود در زمینه ژئومورفومتری عمومی کارایی لازم را در استخراج طبقات اصلی مرفومتریکی منطقه کویر مرنباد داشته و کلاس‌های اصلی را در یک سطح پیوسته با استفاده از مدل رقومی ارتفاع SRTM استخراج کرده است. ولی در زمینه ژئومورفومتری خاص و استخراج لندفرم‌های مجزا، نیازمند توسعه و بهبود کارایی است. گواربی، ابوالقاسم و کریمی. م

(۱۳۹۱)، اقدام به ارائه روشی جدید در استخراج مخروط افکنه‌ها از مدل رقومی ارتفاع نمودند. برای ارزیابی دقت این روش، مرز استخراجی روی تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌ی توپوگرافی و شبکه‌های زهکشی منطقه همپوشانی شده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد روش مدل قرینه DEM، از نظر دقت نتایج، سادگی، سرعت انجام و بهره‌گیری از حداقل داده‌ها بر روش‌های دیگر برتری دارد. احسانی (۱۳۸۹)، ژئومرفومتری مگایاردانگ‌های لوت را مورد بررسی قرار داده است. وی در مطالعه خود از داده‌های راداری در مدل‌های رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۹۰ متری استفاده کرده است. وی در مطالعه خود از این پارامترها، به عنوان ورودی الگوریتم‌های شبکه خود سازمان ده استفاده کرده است.

### مواد و روش‌ها

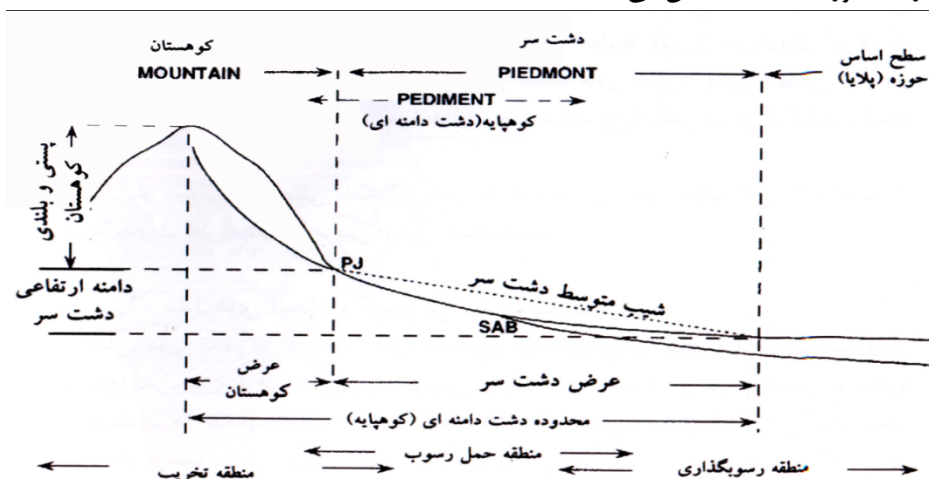
منطقه مورد مطالعه، در حاشیه غرب تا شمال غرب مسیر اردکان-نائین در فاصله ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری از شهر اردکان، با مساحت ۹۲۴۷۴ هکتار، به گونه‌ای انتخاب شد که از تنوع ژئومورفولوژیکی خوبی برخوردار بوده و انواع تیپیک از تیپ-های مختلف دشتی در آن وجود دارد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، از روش ارائه‌شده توسط احمدی (۱۳۸۸) برای تفکیک واحدهای دشت‌سر، استفاده شده است. بر این مبناء، واحد دشت را می‌توان به سه تیپ تقسیم نمود. در این روش، دشت‌سرها به سه تیپ دشت‌سر فرسایشی، اپانداژ و پوشیده تقسیم می‌شود. در دشت‌سر فرسایشی، سنگ بستر در عمق کم قرار گرفته و یا در سطح خاک نمایان می‌باشد. به طور کلی رسوبات دشت‌سر فرسایشی ضخامت چندانی نداشته و اغلب سطحی بوده و ضخامت رسوبات آن به ۳-۱ متر می‌رسد. ارتفاع برجستگی‌ها به چند متر می‌رسد و به صورت اینسلب‌های کوچک در سطح دشت‌سر نمایان هستند. شیب طولی دشت‌سر بین ۸-۱۲ درصد که گاهی به ۲۰ درصد نیز می‌رسد، که کمی حالت مقعر دارد. شیب عرضی آن تقریباً صفر است. رسوبات از عناصر درشت شامل تخته سنگ، قلوه سنگ، ریگ و شن می‌باشد که ضخامت آن کم و حداکثر از چندین متر تجاوز نمی‌کند. دشت‌سر اپانداژ همان مشخصات دشت‌سر فرسایشی را دارا می‌باشد، با این تفاوت که ضخامت مواد زیادتر است و به چند متر می‌رسد. در روی این دشت‌سرها آثار فرسایش آبی به صورت فرسایش شیاری مشاهده می‌گردد. آبراهه‌ها ابعاد متفاوتی دارند و از چند دسی متر تا چندمتر تجاوز نمی‌کند. در شبکه‌های مارپیچی و یا آبراهه-هایی که نیمرخ مقعر دارند موجب می‌گردد که کناره‌های بستر شیب تندی به خود بگیرد. به طور کلی تغییرات شیب در این نوع دشت‌سرها بسیار جزئی است. اگر در روی این دشت‌سر اینسلب‌ها باشد، شیب دشت‌سر در پای اینسلب‌ها به ۵

درجه می‌رسد. شیب طولی این دشت‌سرها بین ۳ تا ۸ درصد می‌باشد. شیب دشت‌سر پوشیده، این تیپ بین ۴-۱ درصد تغییر می‌کند. ضخامت رسوبات بیش از صد متر است. این تیپ دشت‌سر دارای پستی و بلندی زیادی نمی‌باشد. بنابراین این دشت با شیب کم و ضخامت قابل ملاحظه رسوبات مشخص می‌شود. شکل زیر خط تفکیک واحد کوهستان و دشت (خط کینک) را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۲- تفکیک واحد کوهستان و دشت (خط کینک)، احمدی (۱۳۸۸)

در این تحقیق اقدام به بررسی قابلیت پارامترهای ژئومورفومتری در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر، با استفاده از پارامترهای ژئومورفومتری، بجای پارامترها و روش‌های سنتی شده است. مدل‌های مختلف ژئومورفومتری اولین با توسط Evans (1972) به صورت خلاصه در زمینه تحلیل ریاضی عوارض سطح زمین در حالت کلی و در تفکیک عوارض سطح زمین به صورت خاص مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر کمی عوارض سطح زمین به ویژگی‌های توپوگرافی برمی‌گردد. پارامترهای مختلف در تفکیک لندفرم‌ها شامل متغیرهایی از قبیل مرفومتری (Shary et al, 2002)، اطلاعات ارتفاعی و ویژگی‌های ژئومورفومتری می‌باشند (Schmidt & Dikau, 1999). در واقع ژئومورفومتری، علم کمی‌سازی عوارض توپوگرافی، با تمرکز بر استخراج پارامترهای عوارض سطح زمین براساس مدل رقومی ارتفاعی می‌باشد. داده ورودی در مطالعات ژئومورفومتری، مدل رقومی ارتفاعی به صورت رستری و با سلول‌های مربعی می‌باشد. که در مواردی مدل‌های رقومی سطح زمین نیز می‌تواند جایگزین آن باشد. پارامتری کردن ناهمواری‌ها و آنالیز مکانی داده‌ها، به منظور یافتن ارتباط بین اشکال واقعی و مقادیر عددی می‌باشد. Wood (1996)، الگوریتم‌های عددی را برای توصیف کمی ناهمواری‌ها با استفاده از تعداد محدودی عدد و رقم برای طبقات مرفومتری و اشکال آن، ارائه کرد. قواعد تعریف شده برای هر کلاس مرفومتری، بر پایه مقدار شیب و تقعر آن بنا نهاده شده بود که هر دو از مدل رقومی ارتفاعی استخراج می‌گردد. رویکرد وی بر پایه نظریه Evans (1972) بود که سطح زمین را به عنوان یک سطح پیوسته فرض می‌کند که می‌توان براساس یک معادله چندجمله‌ای درجه ۲ آن را تعریف کرد.

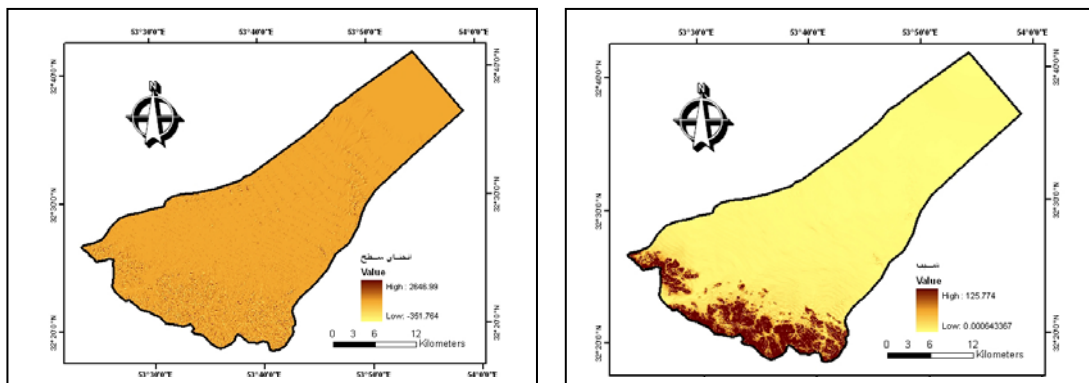
در این معادله،  $X$  و  $Y$  موقعیت و یا مختصات جغرافیایی و حروف  $A$  تا  $F$  ضرایب چندجمله‌ای هستند که از ویژگی‌های ناهمواری قابل استخراج می‌باشد. طبقات مرفومتری پیشنهاد شده توسط وود، شامل لبه‌ها، کانال‌ها، سطوح، حفره‌ها، رئوس و گردنه‌ها می‌باشد. البته بعدها طبقات دیگری از قبیل مناطق پلکانی و پرتگاه، اضافه شد. استفاده از پارامترهای مرفومتری، بیانگر پیشرفت در توصیف ویژگی‌های هر یک از اجزای مدل‌های رقومی ارتفاعی می‌باشد و این پارامترها به طور کامل بیان‌کننده ترکیب و ارتباط پیکسل‌ها در بیان لندفرم‌های مختلف، می‌باشد. (Bolongaro et al, 2005). نحوه محاسبه پارامترهای مرفومتری در جدول زیر آمده است:

جدول ۳-۱- پارامترهای مرفومتری (Evans, 1972; Wood, 1996; Shary et al, 2002).

توضیحات	فرمول	بعد	پارامتر مرفومتری
مقدار شیب در جهت X و Y مؤلفه افقی در راستای جهت		درصد	شیب انحنای سطح
مؤلفه قائم در راستای جهت			انحنای مقطع
در تمام سطوح			انحنای حداقل
در تمام سطوح			انحنای حداکثر
مقدار انحنای عمود بر جهت شیب به سمت پایین دامنه			انحنای متقاطع
مقدار انحنای در جهت شیب دامنه			انحنای طولی
بیانگر وجود یا عدم وجود پیچش در سطح	انحنای حداکثر* انحنای حداقل		انحنای گوسی

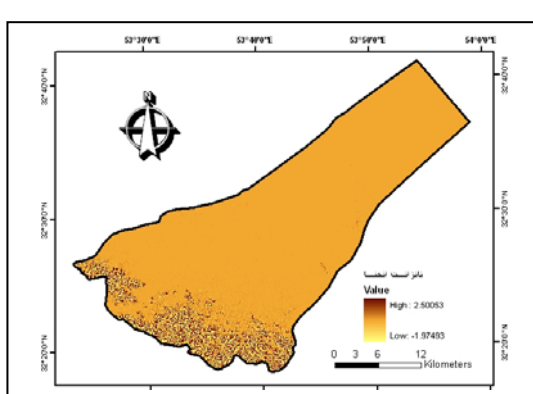
### نتایج

پس از تهیه نقشه پارامترهای ژئومورفومتری، اقدام به بررسی تغییرات هر یک از این پارامترها در تیپ‌های مختلف دشت‌سر گردید و سپس تغییرات هر یک از این پارامترها در تیپ‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

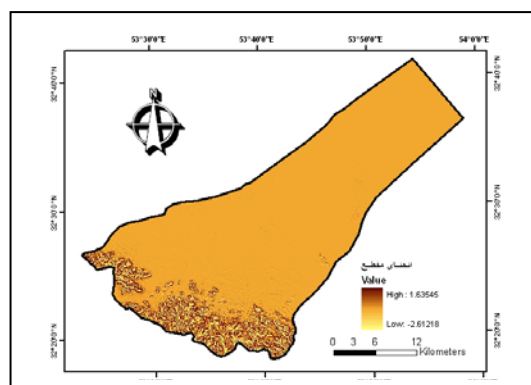


شکل ۴- نقشه انحنای سطح

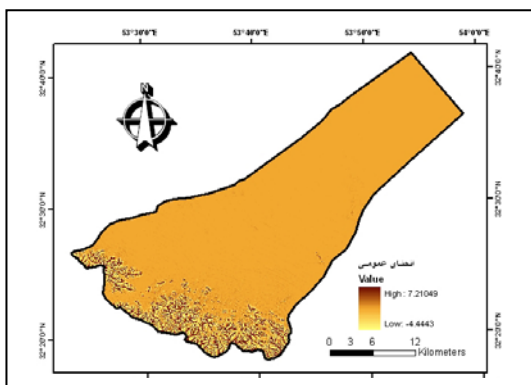
شکل ۳- نقشه درصد شیب



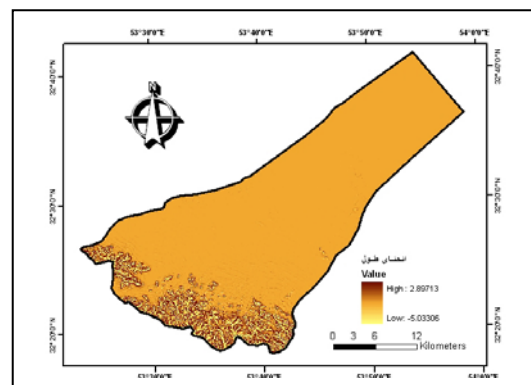
شکل ۶- نقشه تانژانت انحنای



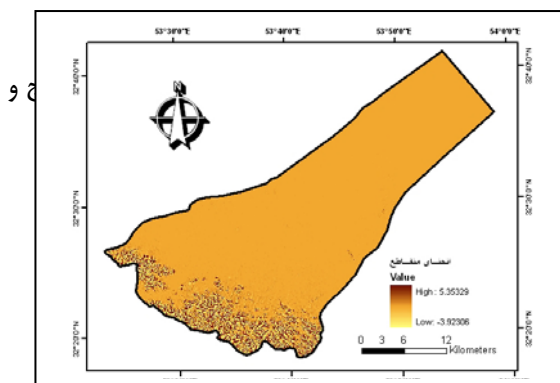
شکل ۵- نقشه انحنای مقطع



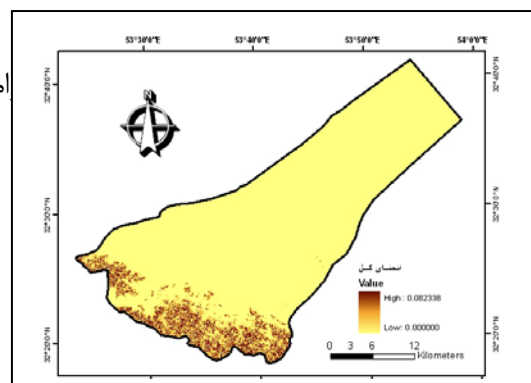
شکل ۸- نقشه انحنای عمومی



شکل ۷- نقشه انحنای طول

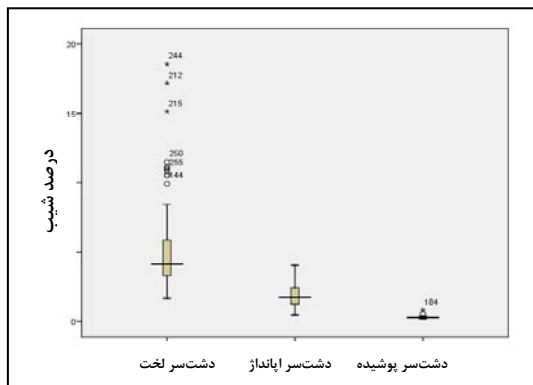


شکل ۱۰- نقشه انحنای متقاطع

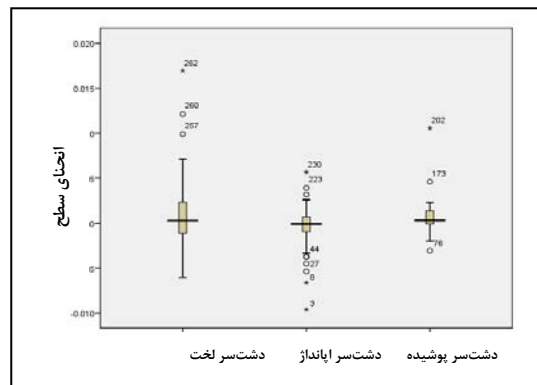


شکل ۹- نقشه انحنای کل

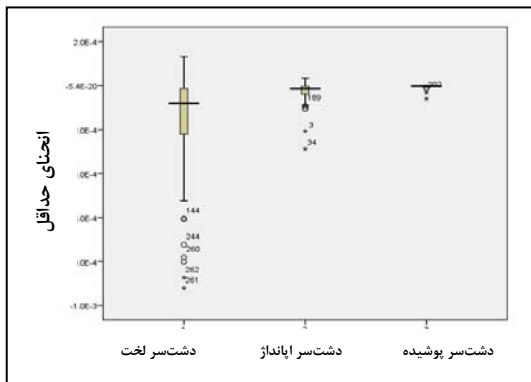
به صورت نمودارهایی ترسیم شد. این نمودارها با استفاده از یک شبکه مترکام از نمونه‌های تصادفی طبقه‌بندی برداشت‌شده، ترسیم شد. در ابتدا تغییرات پارامترهای محاسبه‌شده در هر یک از تیپ‌های دشتی، به تفکیک نوع تیپ دشت‌سر و پارامتر ژئومورفومتری، در نمودارهایی ترسیم و سپس تحلیل شد. این نمودارها به نمودار جعبه‌ای معروف است. در هر جعبه، ضلع بالای مستطیل نشان‌دهنده چارک سوم (Third Quartile یا Q3) است یعنی ۷۵٪ داده‌ها کمتر یا مساوی آن هستند. ضلع پایین مستطیل نشان‌دهنده چارک اول (Q1) است یعنی ۲۵٪ داده‌ها کمتر یا مساوی آن هستند. خط افقی داخل جعبه، میانه است. علامت ستاره‌ی خارج مستطیل نیز داده‌های پرت (Outlier) را نشان می‌دهد. نمودارهای زیر تغییرات این پارامترها را در تیپ‌های مختلف دشت‌سر، نشان می‌دهد.



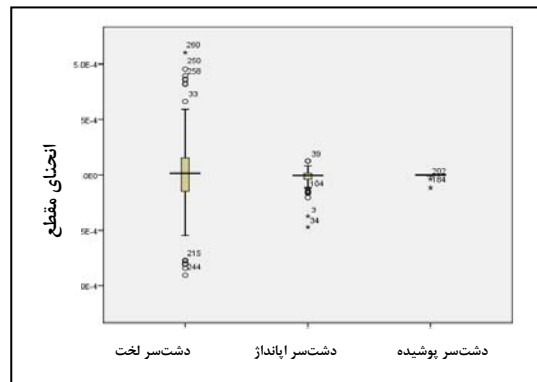
شکل ۱۲- نمودار تغییرات پارامتر درصد شیب در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



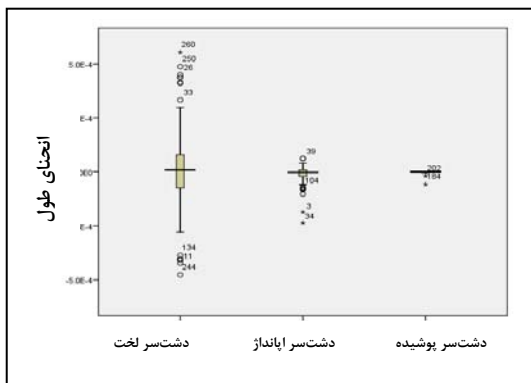
شکل ۱۱- نمودار تغییرات پارامتر انحنای سطح در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



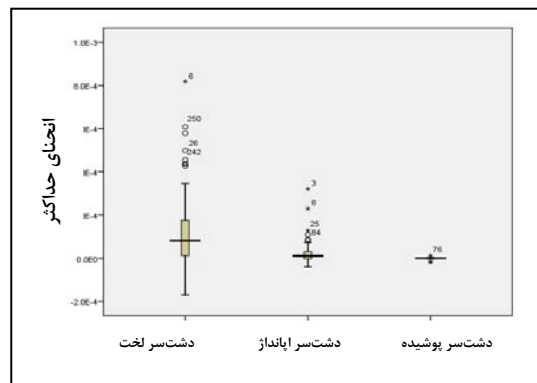
شکل ۱۴- نمودار تغییرات پارامتر انحنای حداقل در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



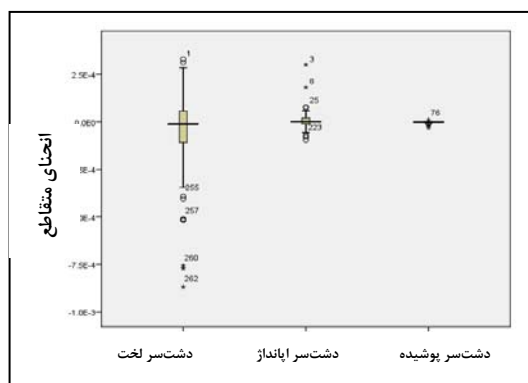
شکل ۱۳- نمودار تغییرات پارامتر انحنای مقطع در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



شکل ۱۶- نمودار تغییرات پارامتر انحنای طول در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



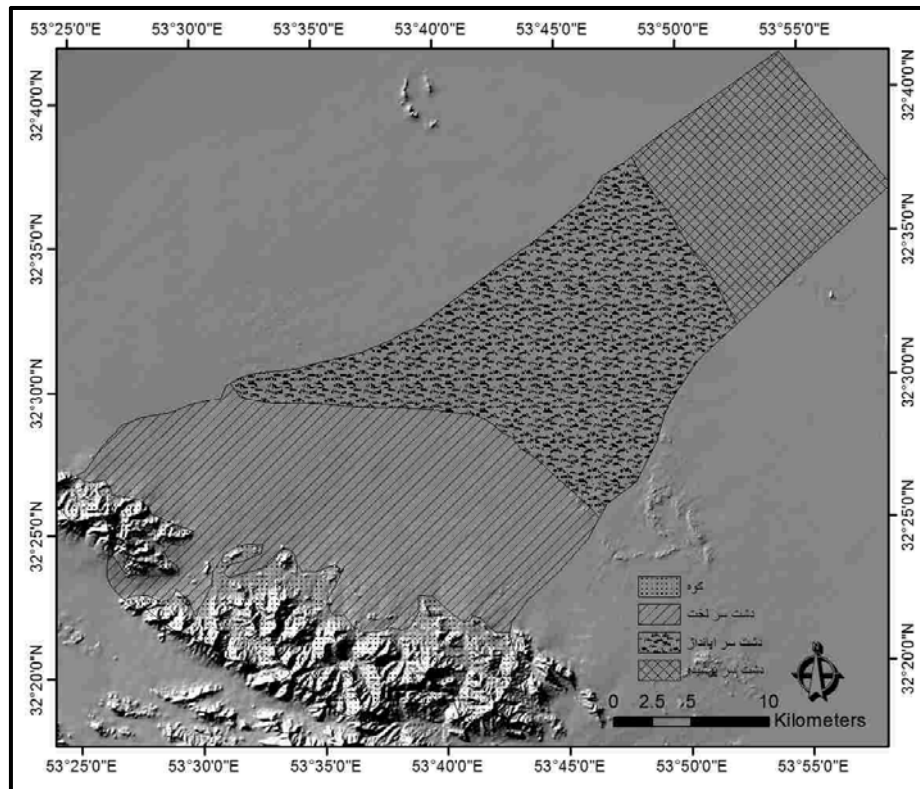
شکل ۱۵- نمودار تغییرات پارامتر انحنای حداکثر در تیپ‌های مختلف دشت‌سر



شکل ۱۷- نمودار تغییرات پارامتر انحنای مقاطع در تیپ‌های مختلف دشت‌سر

نمودار تغییرات پارامتر شیب، در تیپ‌های مختلف دشت‌سر نشان می‌دهد، تغییرات شیب و همچنین مقدار آن در تیپ دشت‌سر لخت، بیشتر از سایر تیپ‌های دشتی بوده و دامنه آن به طور تقریبی از ۳ تا ۸ در صد متغیر می‌باشد. البته در بخش‌هایی از این تیپ دشتی، شیب تا ۲۰ درصد نیز دیده می‌شود. در تیپ دشت‌سر اپانداز، تغییرات شیب و همچنین مقدار شیب پایین‌تر بوده و حدود ۱ تا ۳ درصد متغیر می‌باشد. در دشت‌سر پوشیده نیز شیب اغلب نقاط، کمتر از ۱ درصد می‌باشد. نمودار تغییرات پارامتر انحنای سطح نشان می‌دهد این پارامتر و اغلب پارامترهای ژئومورفومتری به صورت مثبت و منفی تغییر می‌کنند. به عبارت دیگر انحنای آن‌ها می‌تواند به صورت محدب و یا به صورت مقعر باشد. این مقادیر در مورد انحنای سطح در محدوده دشت‌سر لخت نسبتاً زیاد بوده و مقادیر آن به سمت دشت‌سر اپانداز، کاسته می‌شود. البته در نمودارهای فوق، نقاطی دیده می‌شود، که از دامنه غالب داده‌ها فراتر رفته و شدت تغییرات بالایی در این پارامترها نشان می‌دهد. دامنه تغییرات پارامتر انحنای مقطع در تیپ دشت‌سر لخت زیاد بوده و به ترتیب تا دشت سر اپانداز، و پوشیده کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش مقدار عددی پستی و بلندی از تیپ دشت‌سر لخت به سمت دشت‌سر پوشیده می‌باشد. تغییرات پارامتر انحنای مقطع در سمت بالا و پایین نقطه‌ی ۰ نمودار در تیپ دشت‌سر لخت زیاد بوده و این تغییرات در تیپ دشت‌سر اپانداز، کاهش یافته و در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. تغییرات پارامتر انحنای حداقل نیز در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و به سمت تیپ دشت‌سر اپانداز، و پوشیده، کاهش می‌یابد. تغییرات پارامتر انحنای حداکثر در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداز، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. تغییرات پارامتر انحنای طولی در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداز، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. تغییرات پارامتر انحنای مقاطع در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداز، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. البته این در تعدادی از نقاط مورد بررسی در تیپ‌های دشت‌سر لخت و اپانداز، مقادیر حداکثر و حداقل این پارامتر در فاصله زیادی از میانگین دیده می‌شود که نشان‌دهنده وجود نقاط با پستی و بلندی نسبتاً زیاد، البته به صورت موردی در تیپ‌های دشت‌سر لخت و اپانداز، می‌باشد. شکل زیر نقشه تیپ‌های مختلف ژئومورفولوژی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.





شکل ۱۸- نقشه تیپ‌های ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه

### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج بدست‌آمده در محاسبه پارامترهای ژئومورفومتری نشان می‌دهد که پارامتر شیب، یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر از یکدیگر می‌باشد. تغییرات شیب و مقدار آن در تیپ دشت‌سر لخت، بیشتر از سایر تیپ‌های دشتی بوده و دامنه آن به طور تقریبی از ۳ تا ۸ درصد متغیر می‌باشد. البته در بخش‌هایی از این تیپ دشتی، شیب تا ۲۰ درصد نیز دیده می‌شود. در تیپ دشت‌سر ایوان، تغییرات شیب و همچنین مقدار شیب پایین‌تر بوده و حدود ۱ تا ۳ درصد متغیر می‌باشد. در دشت‌سر پوشیده نیز شیب اغلب نقاط، کمتر از ۱ درصد می‌باشد. با توجه به نمودارهای جعبه‌ای ترسیم‌شده در بخش نتایج، می‌توان چنین تحلیل کرد که درصد شیب، یکی از مهم‌ترین پارامترهای ژئومورفومتری در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر می‌باشد. بررسی سایر پارامترهای ژئومورفومتری نیز قابلیت‌ها و محدودیت‌های نسبی این پارامترها را در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر، نشان می‌دهد. اغلب پارامترهای ژئومورفومتری به صورت مثبت و منفی تغییر می‌کنند و هرچه مقدار قدر مطلق این پارامترها بزرگتر باشد، نوسانات و تغییرات ارتفاعی در آن مناطق بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر پارامترهای ژئومورفومتری و یا به نوعی پستی و بلندی، در نقاطی که دارای فاصله بیشتری از مقدار صفر (سطح صاف)، باشد، شدیدتر بوده و می‌تواند به صورت محدب و یا به صورت مقعر تغییر کند. در مورد انحنای سطح در محدوده دشت‌سر لخت، مقدار آن، نسبتاً زیاد بوده و مقادیر آن به سمت دشت‌سر ایوان، کاسته می‌شود. به عبارت دیگر مقدار و تغییرات انحنا در تیپ دشت‌سر ایوان، کمتر از دشت‌سر لخت می‌باشد. البته در تیپ دشت‌سر ایوان، نقاطی با مقادیر نسبتاً زیاد انحنای سطح دیده می‌شوند که نشان‌دهنده وجود پستی و بلندی‌های نسبی، ولی موردی در این تیپ دشت‌سر می‌باشد. پارامتر انحنای سطح در تیپ دشت‌سر پوشیده دارای محدوده نسبی مشترک با تیپ دشت‌سر ایوان می‌باشد. از آنجا که دشت‌سر پوشیده اغلب مناطق با سطوح صاف را تشکیل می‌دهد، این پارامتر، پارامتر مناسبی در تشخیص و تفکیک دشت‌سر پوشیده از سایر تیپ‌های دشتی محسوب

نمی‌شود. دامنه تغییرات انحناى مقطع، در تیپ دشت‌سر لخت زیاد بوده و به ترتیب تا دشت‌سر اپانداژ، و پوشیده کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش مقدار عددی پستی و بلندی از تیپ دشت‌سر لخت به سمت دشت‌سر پوشیده می‌باشد. تغییرات پارامتر انحناى مقطع در سمت بالا و پایین نقطه‌ی ۰ نمودار در تیپ دشت‌سر لخت زیاد بوده و این تغییرات در تیپ دشت‌سر اپانداژ، کاهش یافته و در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. مقایسه تغییرات انحناى مقطع و انحناى سطح نشان می‌دهد که انحناى مقطع در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر، قابلیت بیشتری از انحناى سطح از خود نشان می‌دهد. تغییرات انحناى حداقل نیز در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و به سمت تیپ دشت‌سر اپانداژ، و پوشیده، کاهش می‌یابد. این پارامتر در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر دارای قابلیت نسبی می‌باشد. تغییرات انحناى حداکثر در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداژ، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. این پارامتر نیز به طور نسبی تفکیک‌پذیری تیپ‌های مختلف دشت‌سر را از یکدیگر نشان می‌دهد.

تغییرات انحناى طول در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداژ، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. این پارامتر نیز به طور نسبی تفکیک‌پذیری تیپ‌های مختلف دشت‌سر را از یکدیگر نشان می‌دهد. تغییرات انحناى متقاطع در تیپ دشت‌سر لخت، حداکثر بوده و در تیپ دشت‌سر اپانداژ، مقدار نسبی و همچنین تغییرات آن، کاهش می‌یابد. مقادیر این پارامتر در تیپ دشت‌سر پوشیده به حداقل می‌رسد. این پارامتر نیز به طور نسبی تفکیک‌پذیری تیپ‌های مختلف دشت‌سر را از یکدیگر نشان می‌دهد. البته این در تعدادی از نقاط مورد بررسی در تیپ‌های دشت‌سر لخت و اپانداژ، مقادیر حداکثر و حداقل این پارامتر در فاصله زیادی از میانگین دیده می‌شود که نشان‌دهنده وجود نقاط با پستی و بلندی نسبتاً زیاد، البته به صورت موردی در تیپ‌های دشت‌سر لخت و اپانداژ، می‌باشد. عدد صفر، نشان‌دهنده صاف بودن سطح منطقه و عدم وجود پستی و بلندی در آن نقطه می‌باشد. وجود پستی و بلندی در هر یک از نقاط نمونه‌برداری، بافاصله گرفتن اعداد مربوط به پارامترهای ژئومورفومتری از صفر، نمایان می‌شود. هرچه مقدار عددی پارامترهای ژئومورفومتری از صفر فاصله بگیرد (چه در جهت مثبت چه در جهت منفی)، نشان‌دهنده افزایش پستی و بلندی در آن نقطه بوده و به صورت پارامترهای مختلف ژئومورفومتری تعریف می‌شود که به طور عمده مبنای انحنا (مشابه به تقعر و تحدب)، بنانهاده شده است.

در نهایت می‌توان از جمع‌بندی فوق، چنین نتیجه‌گرفت که چنانچه استفاده از پارامترهای ژئومورفومتری در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر، به تنهایی مدنظر باشد، پارامترهای شیب، انحناى حداقل، انحناى مقطع، انحناى طول و انحناى متقاطع دارای کارایی بیشتری از سایر پارامترهای ژئومورفومتری می‌باشد.

## منابع

- احسانی، امیرهوشنگ، ژئومورفومتری مگایاردانگ‌های لوت، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، ۱۳۸۹
- احمدی، حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان و فرسایش بادی، چاپ سوم، ۱۳۸۸، انتشارات دانشگاه تهران.
- شایان، س. و همکاران (۱۳۹۱)، ارزیابی کارایی شاخص‌های ژئومورفومتری یک به روش وود در طبقه‌بندی لندفرمهای مناطق خشک، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۶ - شماره ۵
- گواری، ا. کریمی، م. روشی جدید در استخراج مخروط افکنه‌ها از مدل رقومی ارتفاع، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، ص ۱۰۰-۸۹

- Adediran, A.O., Parcharidis, I., Poscolieri, M., Pavlopoulos, K., 2004. Computer-assisted discrimination of morphological units on north-central Crete (Greece) by applying multivariate statistics to local relief gradients. *Geomorphology* 58, 357–370.
- Bolongaro-Crevenna, A., Torres-Rodríguez, V., Sorani, V., Frame, D., Ortiz, M.A., 2005. Geomorphometric analysis for characterizing landforms in Morelos State, Mexico. *Geomorphology* 67, 407-422.
- Burrough, P.A., van Gaans, P.F.M., MacMillan, R.A., 2000. High resolution landform classification using fuzzy k-means. *Fuzzy Sets and Systems* 113 (1), 37–52.
- Bunte, Kristin, R. Abt, Steven, Sampling Surface and Subsurface, Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring United States, Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain, Research Station; General Technical Report RMRS-GTR-74 May 2001.
- Dehn, M., G7rtner, H., Dikau, R., 2001. Principles of semantic modeling of landform structures. *Comput. Geosci.* 27 (8), 1005– 1010
- Ehsani, Amir Houshang, Quiel, F, A semi-automatic method for analysis of landscape elements using Shuttle Radar Topography Mission and Landsat ETM+ data, *Computers & Geosciences* 35 (2009) 373–389, 2007
- Etzelmqller, B., Sulebak, J.R., 2000. Developments in the use of digital elevation models in periglacial geomorphology and glaciology. *Physische Geographie*, vol. 41. Geographisches Institute der Universit7t Zqrich, pp. 35– 58.
- Evans, I.S., 1972. General geomorphometry, derivatives of altitude and descriptive statistics. In: Chorley, R.J. (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*. Methuen, London, pp. 17-90.
- Hengl, T., Reuter, H, Development in Soil Science, Vol 33. *Geomorphometry*. 2009.
- Napieralski, J, Nalepa, N, 2010, The application of control charts to determine the effect of grid cell size on landform morphometry, *Computers & Geosciences*, 36, pp. 222–230
- Pelletier, Jon D. How do pediments form?: A numerical modeling investigation with comparison to pediments in southern Arizona, USA, Department of Geosciences, University of Arizona, Geological Society of America, 2010
- Pike, R.J., Dikau, R., 1995. Advances in geomorphometry. *Z. Geomorphol.*, N.F. Suppl. Bd. 101, 238.
- Pike, R.J, I.S. Evans and T. Hengl, *Geomorphometry: A Brief Guide*, Developments in Soil Science, Volume 33, chapture 1, Elsevier, 2009
- Rhoads, B.L., Thorn, C.E. (Eds.), 1996. *The Scientific Nature of Geomorphology*, 27th Binghamton Symposium in Geomorphology,
- Schmidt, J., Dikau, R., 1999. Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models: semantics, methods, future needs. In: Dikau, R., Saurer, H. (Eds.), *GIS for Earth Surface Systems*.
- Schmidt, J., Hewitt, A., 2004. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position. *Geoderma* 121 (3–4), 243–256.
- Schmidt, J., Andrew, R., 2005. Multi-scale landform characterization. *Area* 37, 341–350
- Shary, P, Sharaya, L, Mitusov, A, 2002, Fundamental quantitative methods of landsurface analysis, *Geoderma*, 107, pp. 1-32.

- Summerell, G.K., Vaze, J., Tuteja, N.K., Grayson, R.B., Beale, G., Dowling, T.I., 2005. Delineating the major landforms of catchments using an objective hydrological terrain analysis method. *Water Resources Research* 41, 1–12 (W12416).
- Wood, J.D., 1996. The geomorphologic characterization of digital elevation models. PhD Dissertation, University of Leicester, UK.