

## بررسی قابلیت پارامترهای ژئومورفومتری در تفکیک مخروط افکنه‌های مناطق بیابانی

### (مطالعه موردی: عقدا، یزد)

مهدی تازه\*

\* استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

پست الکترونیک نویسنده مسئول:

mehditazeh@gmail.com

تاریخ پذیرش: 1393/10/10

تاریخ دریافت: 1393/5/10

#### چکیده

مخروط افکنه‌ها اهمیت خاصی از لحاظ ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، حفاظت خاک و سایر مطالعات منابع طبیعی در مناطق بیابانی دارند. تاکنون روش‌ها و شاخص‌های مختلفی برای شناخت و تفکیک مخروط افکنه‌ها از سایر واحدهای ژئومورفولوژی ارائه شده است که اغلب این روش‌ها و شاخص‌ها بر پایه ویژگی‌های توصیفی استوار است. در این مطالعه، امکان استفاده از شاخص‌های جدید ژئومورفومتری و تعیین دامنه کمی برای آن‌ها در جهت تفکیک مخروط افکنه‌ها بررسی شده است. شاخص‌های ژئومورفومتری مورد بررسی در این مطالعه، شامل درصد شیب، انحنا سطح، انحنا مقطع، انحنا متقاطع، انحنا طولی، انحنا عمومی و انحنا کلی هستند. بدین ترتیب که نخست با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی، محدوده مخروط افکنه‌ها از سایر تیپ‌های ژئومورفولوژی تفکیک شد. سپس با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی حاصل از نقشه‌های توپوگرافی رقومی، پارامترهای ژئومورفومتری محاسبه و نقشه هریک از این پارامترها تهیه شد. پس از آن، مقایسه مقادیر پارامترهای ژئومورفومتری در محدوده مخروط افکنه‌ها با سایر تیپ‌های ژئومورفولوژی صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مخروط‌های افکنه‌ای را می‌توان براساس پارامترهای ژئومورفومتری از واحد کوهستان تفکیک کرد، ولی پارامترهای ژئومورفومتری امکان تفکیک مخروط‌های افکنه‌ای را از مناطق دشتی فراهم نمی‌آورد. دلیل این امر را می‌توان تداخل ویژگی‌های فیزیکی مخروط افکنه‌ها با مناطق دشتی، به‌ویژه دشت‌سره‌های فرسایشی مجاور کوهستان در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: مخروط افکنه، ژئومورفومتری، تفکیک، عقدا یزد.

## مقدمه

مطالعه و شناخت مخروطافکنه‌ها اهمیت زیادی در مطالعات منابع طبیعی دارد. مخروطافکنه‌ها از لحاظ وضعیت ژئومورفولوژی، همچنین نسبت به واحد کوهستان، در محل خروجی جریان آب از کوه به دشت واقع شده‌اند. به همین دلیل، نقش قابل توجهی در مطالعات آبخیزداری و حفاظت خاک ایفا می‌کنند. روش‌های مختلفی برای تفکیک و تشخیص مخروطافکنه‌ها ارائه شده است که از جمله می‌توان به تفسیر بصری عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین استفاده از نقشه‌های توپوگرافی اشاره کرد. اغلب این روش‌ها به صورت کیفی بوده و بر مبنای تشخیص تجربه کارشناس استوار است. در این تحقیق، پارامترهای ژئومورفومتری کمی به منظور تفکیک و تشخیص مخروطافکنه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. لازمه شناخت مخروطافکنه‌ها، تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین است. تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین یکی از اساسی‌ترین بخش‌های علم منابع طبیعی است. عوارض سطح زمین با مورفولوژی‌های مختلف تفکیک‌پذیر است. تجزیه و تحلیل عوارض سطح زمین موضوع علم ژئومورفومتری است (تازه، 1391).

ژئومورفومتری زیرمجموعه‌ای از ژئومورفولوژی است که دارای رویکرد اندازه‌گیری کمی و کیفی عوارض سطح زمین می‌باشد (پیک و دیکائو،<sup>1</sup> 1995؛ دهن و همکاران،<sup>2</sup> 2001؛ پیک و همکاران، 2009) و اصولاً بر مبنای تجزیه و تحلیل و تنوع در ارتفاع و مشتقات آن و توابع فاصله‌ای بنا نهاده شده است. پایه اصلی و اساسی ژئومورفومتری بر وجود ارتباط بین ناهمواری و پارامترهای عددی مذکور است که در فرایند تکامل و شکل‌گیری لندفرم‌ها نقش دارند. گفته می‌شود که لندفرم‌ها نامنظم نبوده و به واسطه فرایندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در طی زمان ساختار یافته‌اند. یکی از اهداف ژئومورفولوژیست‌ها در کار با مدل‌های لندفرم‌های مختلف، به دست آوردن روابط بهتر در درک واقعیت‌های فیزیکی محیط است. اشتقاق واحدهای لندفرم می‌تواند با استفاده از رویکردهای مختلفی

شامل طبقه‌بندی پارامترهای مورفومتری، استفاده از فیلترهای مختلف، آنالیز خوشه‌ای و آمار چندمتغیره باشد (پیک و دیکائو، 1995؛ دیکائو، 1989؛ اتزلما و سولیک،<sup>3</sup> 2000؛ آدریان و همکاران،<sup>4</sup> 2004). اشمیت و هویت<sup>5</sup> (2004) و اشمیت و اندرو<sup>6</sup> (2005) نشان دادند که چگونه موقعیت مکانی پدیده‌ها در تشخیص لندفرم‌های مختلف، قابل استفاده است. سومرل و همکاران<sup>7</sup> (2005) به کمی کردن لندفرم‌های مختلف با توجه به موقعیت قرارگرفتن در مناطق بالادست و پایین دست اقدام کردند. می‌توان گفت که استخراج خودکار و نیمه‌خودکار لندفرم‌های مختلف و اجزای آن‌ها در مطالعات ژئومورفولوژی، یکی از مطالب بسیار حائز اهمیت بوده است. همچنین، با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان به مدل‌های نیمه‌خودکاری در جهت تجزیه و تحلیل عناصر مختلف عوارض سطح زمین دست یافت. نمونه‌ای از این کار، با استفاده از داده‌های SRTM<sup>8</sup> و تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام شده است (احسانی و کوئیل،<sup>9</sup> 2007). هنگل و روتر<sup>10</sup> (2009) کاربرد مدل‌های رقومی ارتفاعی در ژئومورفومتری و ژئومورفولوژی را در قرن حاضر، در موارد زیر دسته‌بندی می‌کنند:

- تفسیر بصری مدل‌های رقومی ارتفاعی شامل تشخیص و تشریح عوارض ژئومورفومتری؛
- تشخیص خودکار و کمی‌کردن ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی شامل استخراج و استفاده از پارامترهای مورفومتری کمی و عوارض سطح زمین (شیب، جهت، انحنای) و تجزیه و تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی و تشخیص ساختارها؛
- استخراج خودکار پارامترهای هیدرولوژیکی؛
- استخراج شبکه‌های زهکشی، دره‌ها، یال‌ها؛

3. Etzelmqller et al

4. Adediran et al

5. Schmidt &amp; Hewitt

6. Schmidt &amp; Andrew

7. Summerell et al

8. Shuttle Radar Topography Mission

9. Ehsani &amp; Quiel

10. Hengl &amp; Reuter

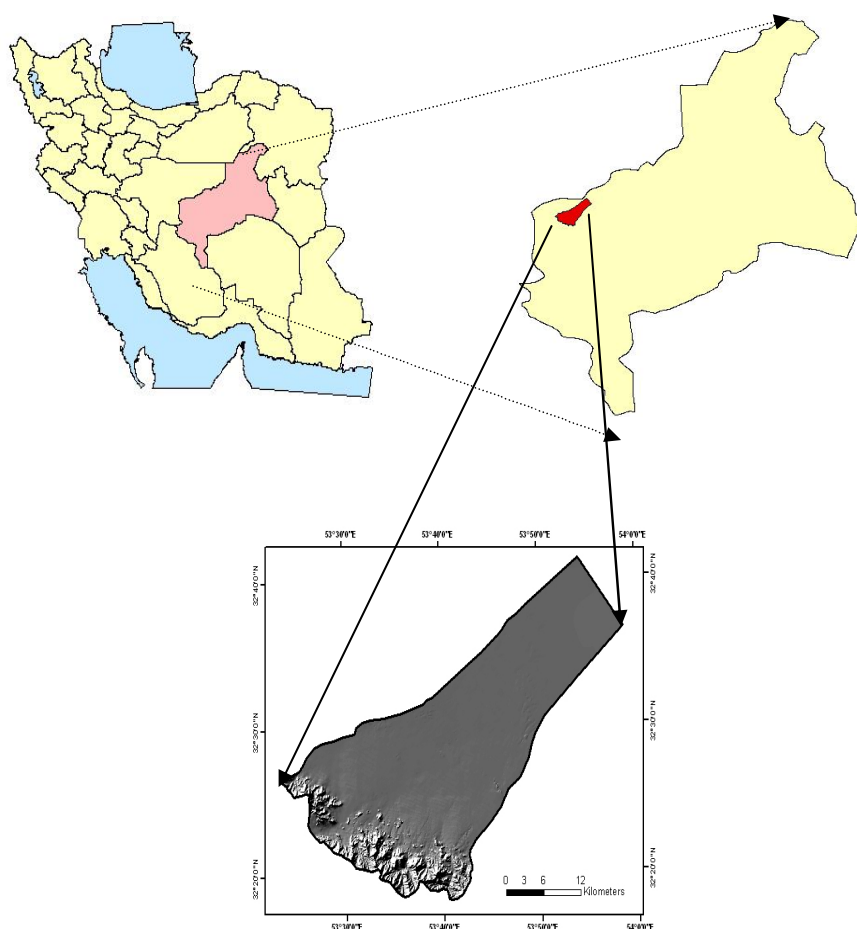
1. Pike &amp; Dikau

2. Dehn et al

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، در حاشیه غرب تا شمال غرب مسیر اردکان - ناین در فاصله 20 تا 30 کیلومتری از شهر اردکان، واقع شده است. این منطقه با مساحت 92474 هکتار، به گونه‌ای انتخاب شده است که از تنوع ژئومورفولوژیکی خوبی برخوردار بوده و مخروطافکنه‌های مختلفی در آن دیده می‌شود.

- تشخیص الگوی زهکشی؛
  - استخراج خودکار لندفرم‌های مختلف؛
  - استخراج لندفرم‌ها و اجزای لندفرم‌ها با استفاده الگوریتم‌های خودکار و نیمه خودکار.
- سایر کاربردهای مدل‌های رقومی ارتفاعی در مطالعات رود و تون<sup>1</sup> (1996) آمده است. ناپیرالسکی و همکاران<sup>2</sup> (2010) به بررسی تأثیر ابعاد سلول‌های مدل‌های رقومی ارتفاعی بر مرفومتری لندفرم‌های مختلف پرداخته‌اند.



شکل (1): موقعیت منطقه مورد مطالعه

برای هر کلاس مورفومتری، بر پایه مقدار شیب و تقعر آن بنا نهاده شده بود که هر دو از مدل رقومی ارتفاعی استخراج می‌شود. رویکرد وی بر پایه نظریه ایوانس (1972) بود که سطح زمین را به‌عنوان یک سطح پیوسته فرض می‌کند که می‌توان براساس یک معادله چندجمله‌ای درجه 2 آن را تعریف کرد.

$$f = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f$$

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 است. طبقات مورفومتری پیشنهاد شده توسط وود، شامل لبه‌ها، کانال‌ها، سطوح، حفره‌ها، رئوس و گردنه‌هاست. البته بعدها طبقات دیگری از قبیل مناطق پلکانی و پرتگاه اضافه شد. استفاده از پارامترهای مورفومتریک، بیانگر پیشرفت در توصیف ویژگی‌های هریک از اجزای مدل‌های رقومی ارتفاعی است. این پارامترها به‌طور کامل، بیان‌کننده ترکیب و ارتباط پیکسل‌ها در بیان لندفرم‌های مختلف است. (بولونگارو و همکاران، 2004). نحوه محاسبه پارامترهای مورفومتری در جدول زیر آمده است:

مدل‌های مختلف ژئومورفومتری را نخستین بار ایوانس<sup>1</sup> (1972) به‌صورت خلاصه در زمینه تحلیل ریاضی عوارض سطح زمین در حالت کلی و در تفکیک عوارض سطح زمین به‌صورت خاص، مورد استفاده قرار دارد. مقادیر کمی عوارض سطح زمین به ویژگی‌های توپوگرافی برمی‌گردد. پارامترهای مختلف در تفکیک لندفرم‌ها شامل متغیرهایی از قبیل مورفومتری (شاری و همکاران، 2002<sup>2</sup>)، اطلاعات ارتفاعی و ویژگی‌های ژئومورفومتریک هستند. در واقع ژئومورفومتری، علم کمی‌سازی عوارض توپوگرافی، با تمرکز بر استخراج پارامترهای عوارض سطح زمین براساس مدل رقومی ارتفاعی است. داده ورودی در مطالعات ژئومورفومتری، مدل رقومی ارتفاعی به‌صورت رستری و با سلول‌های مربعی است که در مواردی، مدل‌های رقومی سطح زمین نیز می‌تواند جایگزین آن باشد. پارامتری کردن ناهمواری‌ها و آنالیز مکانی داده‌ها، به‌منظور یافتن ارتباط بین اشکال واقعی و مقادیر عددی است. وود<sup>3</sup> (1966)، الگوریتم‌های عددی را برای توصیف کمی ناهمواری‌ها با استفاده از تعداد محدودی عدد و رقم برای طبقات مورفومتری و اشکال آن ارائه کرد. قواعد تعریف‌شده

جدول (1): پارامترهای مورفومتری (ایوانس، 1972؛ وود، 1996؛ شاری و همکاران، 2002)

پارامتر	معادله ریاضی
انحنای سطح	$\frac{p^2 r + 2 p q s + q^2 t}{(p^2 + q^2) \left( \sqrt{1 + p^2 + q^2} \right)^3}$
انحنای مقطع	$\frac{q^2 r + 2 p q s + p^2 t}{\left( \sqrt{p^2 + q^2} \right)^3}$
تانژانت انحنای	$\frac{q^2 r - 2 p q s + q^2 t}{(p^2 + q^2) \left( \sqrt{1 + p^2 + q^2} \right)^3}$
انحنای طولی	$-2 \frac{p^2 r + p q s + p^2 t}{(p^2 + q^2)}$
انحنای متقاطع	$2 \frac{q^2 r - p q s + p^2 t}{(p^2 + q^2)}$
انحنای کل	$r^2 + 2s^2 + t^2$
انحنای عمومی	$-2(r + t)$

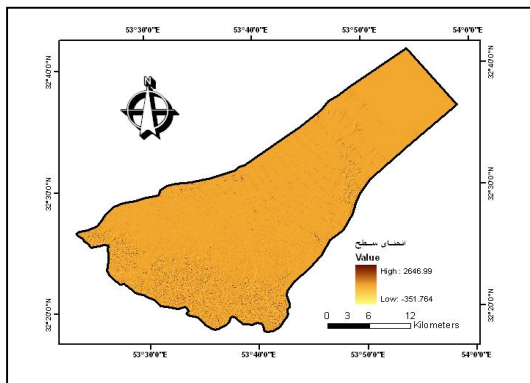
این معادلات با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB انجام شده و روی مدل‌های رقومی ارتفاعی اعمال گردیده است.

1. Evans
2. Shary et al
3. Wood

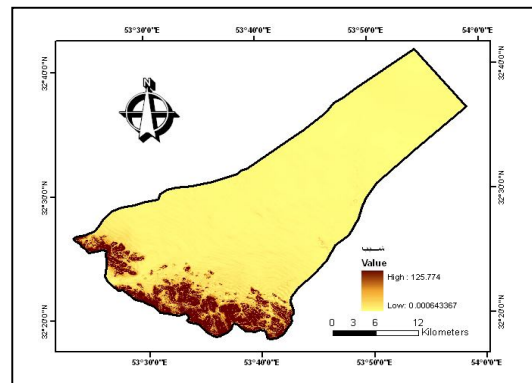
پارامترها در مخروط افکنه‌ها بررسی شد و سپس تغییرات هر یک  
آن‌ها در مخروط افکنه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

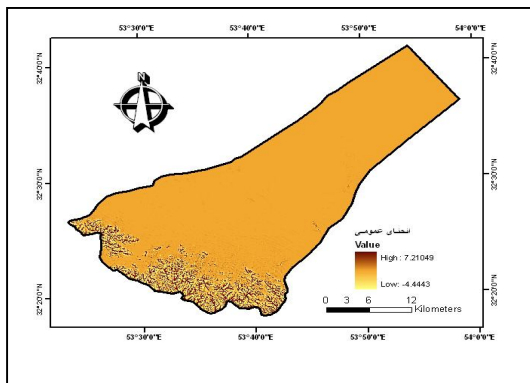
پس از تهیه نقشه پارامترهای ژئومورفومتری، تغییرات هر یک از این



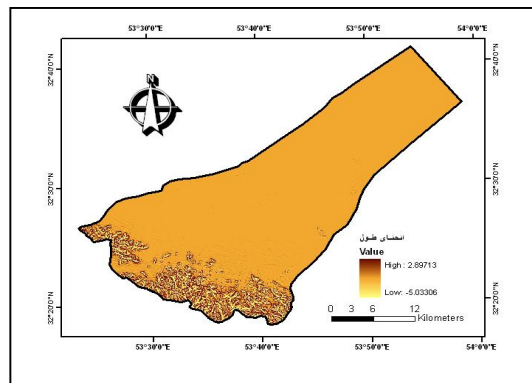
شکل (3): نقشه انحنای سطح



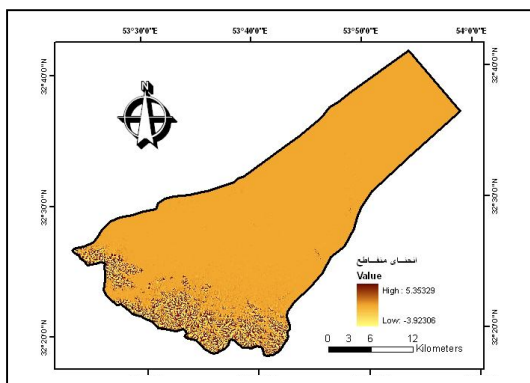
شکل (2): نقشه درصد شیب



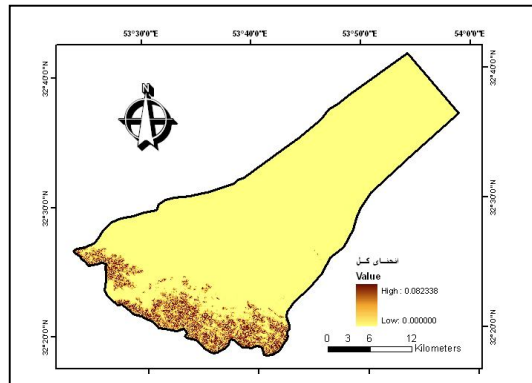
شکل (5): نقشه انحنای عمومی



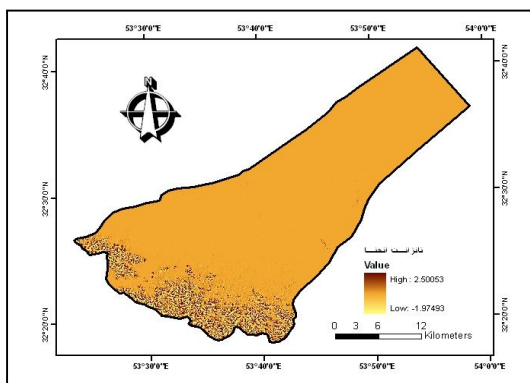
شکل (4): نقشه انحنای طول



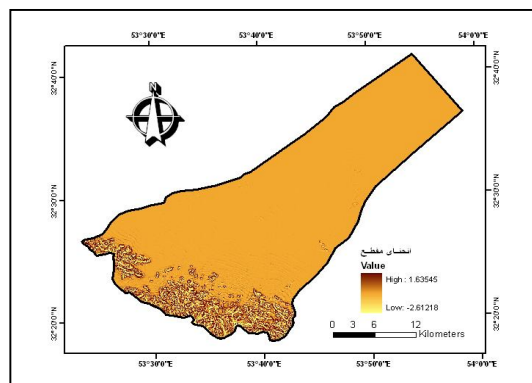
شکل (7): نقشه انحنای متقاطع



شکل (6): نقشه انحنای کل



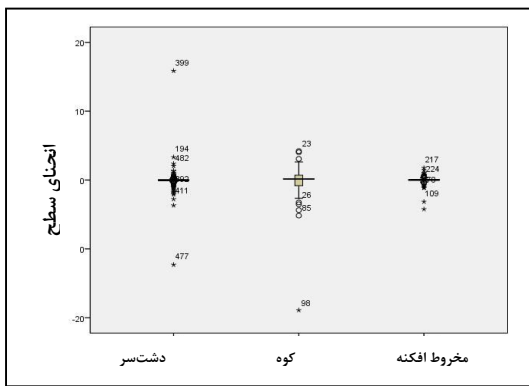
شکل (9): نقشه تانژانت انحنا



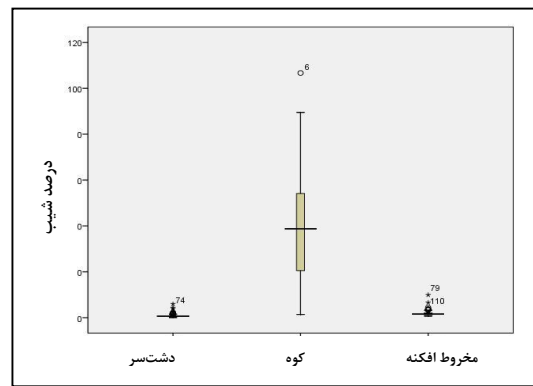
شکل (8): نقشه انحنای مقطع

مختصری درباره اجزای نمودار جعبه‌ای داده شود. در هر جعبه، ضلع بالایی مستطیل نشان‌دهنده چارک سوم (Third Quartile یا Q3) است؛ یعنی 75% داده‌ها کمتر یا مساوی آن هستند. ضلع پایینی مستطیل نشان‌دهنده چارک اول (Q1) است؛ یعنی 25% داده‌ها کمتر یا مساوی آن هستند. خط افقی داخل جعبه، میانه است. علامت ستاره خارج مستطیل نیز داده‌های پرت (Outlier) را نشان می‌دهد. نمودارهای زیر تغییرات این پارامترها را در واحدهای مختلف نشان می‌دهد.

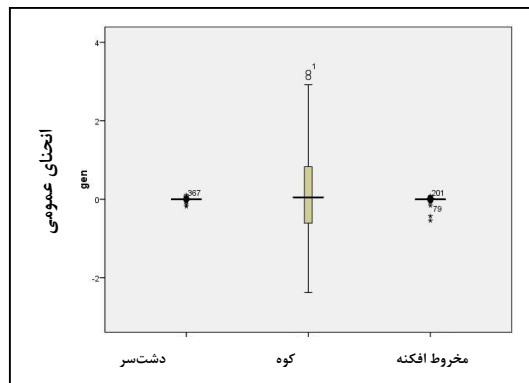
پس از تهیه نقشه‌های فوق، مقدار عددی هر یک از پارامترهای ژئومورفوتری در محل نقاط نمونه‌برداری استخراج و به صورت نمودارهایی ترسیم شد. این نمودارها با استفاده از یک شبکه متراکم از نمونه‌هایی که به صورت سیستماتیک برداشت شده بود، ترسیم و در این بخش آمده است. نخست تغییرات پارامترهای محاسبه‌شده در هر یک از تیپ‌ها، در نمودارهایی ترسیم و سپس تحلیل شد. این نمودارها به نمودار جعبه‌ای معروف است و در بخش‌های مختلف این تحقیق، مورد استفاده قرار گرفته است. لازم است ابتدا توضیح



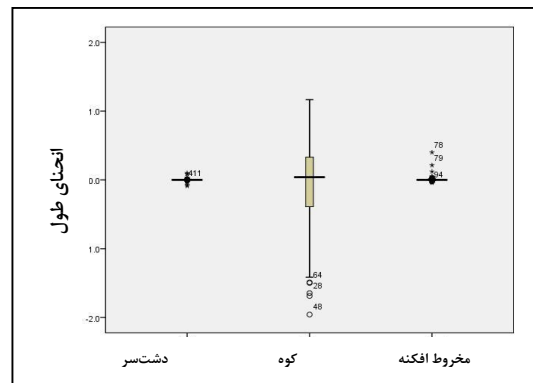
شکل (11): نمودار تغییرات پارامتر انحنای سطح در واحدهای مختلف



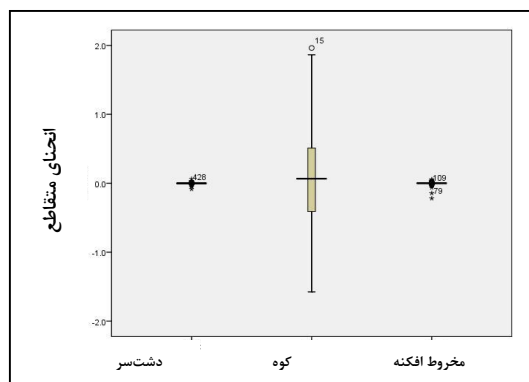
شکل (10): نمودار تغییرات پارامتر درصد شیب در واحدهای مختلف



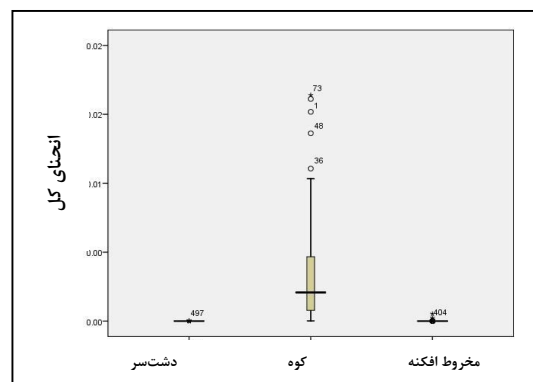
شکل (13): نمودار تغییرات پارامتر انحنای عمومی در واحدهای مختلف



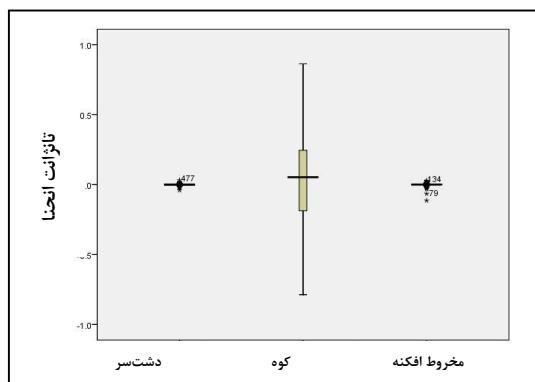
شکل (12): نمودار تغییرات پارامتر انحنای طول در واحدهای مختلف



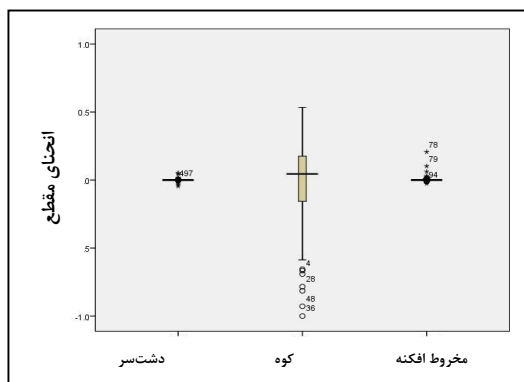
شکل (15): نمودار تغییرات پارامتر انحنای متقاطع در واحدهای مختلف



شکل (14): نمودار تغییرات پارامتر انحنای کل در واحدهای مختلف



شکل (17): نمودار تغییرات پارامتر تانزانت انحنا در واحدهای مختلف



شکل (16): نمودار تغییرات پارامتر انحنا مقطع در واحدهای مختلف

شاید بتوان علت این امر را این‌گونه بیان کرد که مخروط‌های افکنه‌ای در واقع، جزئی از مناطق دشتی هستند و بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها، نزدیک به مناطق دشتی، به ویژه دشت‌سرهای فرسایشی است. از آنجا که مطالعات ژئومورفومتری کمی در بخش‌های مختلفی همچون خاک‌شناسی، فرسایش و رسوب و سایر مطالعات منابع طبیعی کاربرد گسترده‌ای دارد، لزوم بررسی‌های بیشتر برای توسعه روش‌های کمی در مطالعات ژئومورفولوژی، خصوصاً در مناطق بیابانی احساس می‌شود. از آنجاکه این مطالعات در دنیا و به خصوص در ایران، در مراحل اولیه خود می‌باشد، لذا توصیه می‌شود مطالعات بیشتری در این زمینه، به منظور بررسی قابلیت‌های مختلف این پارامترها در مطالعات ژئومورفولوژی صورت گیرد. با توجه به اینکه پارامترهای ژئومورفومتری، تأثیرپذیری زیادی از مقیاس و ابعاد پیکسل مدل رقومی ارتفاعی دارند، پیشنهاد می‌شود در سایر مطالعات، تأثیر ابعاد پیکسل مدل رقومی ارتفاعی روی نتایج به دست آمده بررسی شود.

نمودارهای فوق، دامنه تغییرات طبقات مختلف ژئومورفولوژی مورد نظر در این تحقیق را در زمینه پارامترهای مختلف ژئومورفومتری نشان می‌دهد. این تغییرات در مناطق کوهستانی، به وضوح قابل تشخیص و تفکیک بوده، ولی در مناطق دشتی و مخروط‌های افکنه‌ای، دارای تشابه و هم‌پوشانی زیادی است. تغییرات پارامترهای ژئومورفومتری، بیانگر تغییرات و نوسانات ارتفاعی و پستی و بلندی‌های منطقه است. این تغییرات در مناطق کوهستانی شدید بوده، ولی در مناطق دشتی و مخروط‌های افکنه، اندک و بسیار نزدیک به یکدیگرند.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، تفکیک واحد کوهستان از مخروط‌افکنه‌ها و مناطق دشت، با استفاده از پارامترهای ژئومورفومتری به خوبی امکان‌پذیر است، اما مقادیر عددی پارامترهای ژئومورفومتری در مناطق دشتی، تشابه و هم‌پوشانی بسیار زیادی با مخروط‌های افکنه‌ای دارد؛ از این رو، پارامترهای ژئومورفومتری، قابلیت چندانی در تفکیک مخروط‌افکنه‌ها از مناطق دشتی ندارند.

### منابع

1. تازه، مهدی، طبقه‌بندی دشت‌سرهای مناطق بیابانی براساس پارامترهای ژئومورفومتری و بیوفیزیکی، رساله دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، 1391.
2. 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.
3. Bolongaro-Crevenna, A., Torres-Rodríguez, V., Sorani, V., Frame, D., Ortiz, M.A., 2005. Geomorphometric analysis for characterizing

- cell size on landform morphometry, *Computers & Geosciences*, 36, pp.222–230.
11. Pike, R.J., Dikau, R., 1995. Advances in geomorphometry. *Z. Geomorphol.*, N.F. Suppl. Bd. 101, 238.
  12. Pike, R.J., I.S. Evans and T. Hengl, *Geomorphometry: A Brief Guide*, Developments in Soil Science, Volume 33, chapture 1, Elsevier, 2009.
  13. Rhoads, B.L., Thorn, C.E. (Eds.), 1996. *The Scientific Nature of Geomorphology*, 27th Binghamton Symposium in Geomorphology.
  14. Schmidt, J., Hewitt, A., 2004. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position. *Geoderma* 121 (3–4), 243–256.
  15. Schmidt, J., Andrew, R., 2005. Multi-scale landform characterization. *Area* 37, 341–350
  16. Shary.P, Sharaya.L, Mitusov.A, 2002, Fundamental quantitative methods of landsurface analysis, *Geoderma*, 107, pp.1-32.
  17. 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).
  18. Wood, J.D., 1996. The geomorphologic characterization of digital elevation models. PhD Dissertation, University of Leicester, UK.
  - landforms in Morelos State, Mexico. *Geomorphology* 67, 407–422.
  4. Dehn, M., G7rtner, H., Dikau, R., 2001. Principles of semantic modeling of landform structures. *Comput. Geosci.* 27 (8), 1005– 1010.
  5. Dikau, R., 1989. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In: Raper, J. (Ed.), *Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems*. Taylor and Francis, London, pp. 51–77.
  6. 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.
  7. 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.
  8. 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.
  9. Hengl, T., Reuter, H, *Development in Soil Science*, Vol 33. *Geomorphometry*. 2009.
  10. Napieralski.J, Nalepa.N ,2010, The application of control charts to determine the effect of grid