# ارزیابی کارایی شاخص‌های ژئومورفومتریک به روش وود در طبقه‌بندی لندفرم‌های مناطق خشک (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ مرنجاب)

سیاوش شایان[1*]، علی احمدآبادی[2]، مجتبی یمانی[3]، منوچهر فرج‌زاده اصل[4]، احسان‌الله کبیر[5]

1- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- دانش‌آموخته دکتری دانشگاه تربیت مدرس،تهران، ایران
3- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
4- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
5- استاد گروه برق و مخابرات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: 90/6/8 پذیرش: 90/9/23

## چکیده

**شناخت لندفرم‌ها و نحوهٔ پراکنش فضایی به‌منظور درک و ارزیابی تحول لندفرم‌ها، مطالعات پایداری دامنه‌ای و برنامه‌ریزی منطقه‌ای آن‌ها از نیازهای اساسی در علم ژئومورفولوژی کاربردی و سایر علوم محیطی است. لندفرم‌ها دست‌کم دو ویژگی اساسی دارند: حاصل عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیک و زمین‌شناختی گذشته هستند؛ مرزهایی مشخص برای تعیین قلمرو حاکمیت فرایندهای ژئومورفولوژیک حاکم کنونی‌اند.**

**در این تحقیق، کارایی روش وود در شناسایی و طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقهٔ خشک کویر مرنجاب ارزیابی شده و پس از استخراج پارامترهای مورفومتریک شیب زمین، انحنای عرضی و انحناهای حداقل و حداکثر از مدل رقومی ارتفاع ترکیب این شاخص‌ها، با نوسان شیب 1 و نوسان انحنا 0.01 انجام شده است. نتایج طبقه‌بندی عوارض مورفومتریک منطقهٔ کویر مرنجاب نشان می‌دهد سطوح دشتی و صاف با 49/8 درصد بیشترین سطح را به خود اختصاص داده و خط‌الرأس و دره‌ها در ردهٔ بعدی قرار دارند. با توجه به اینکه این تحقیق بر رویکرد اتوماسیون در استخراج عناصر مورفومتریک سطح زمین با استفاده از روش وود تأکید دارد، نتایج نشان می‌دهد روش وود در زمینهٔ ژئومورفومتری عمومی**

* نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail: shayan@modares.ac.ir

**کارایی لازم را در استخراج طبقات اصلی مورفومتریک منطقهٔ کویر مرنجاب داشته و کلاس‌های اصلی را در یک سطح پیوسته با استفاده از مدل رقومی ارتفاع SRTM استخراج کرده است؛ ولـی در زمینـهٔ ژئومورفومتری خاص و استخراج لندفرم‌های مجزا، نیازمند توسعه و بهبود کارایی است.**

**واژه‌های کلیدی: ژئومورفومتری، شناسایی لندفرم، روش وود، مرنجاب.**

## ۱- مقدمه

شناخت لندفرم‌ها و نحوهٔ پراکنش آن‌ها از نیازهای اساسی علم ژئومورفولوژی کاربردی و سایر علوم محیطی است. نقشهٔ لندفرم‌ها نمایانگر شکل‌های سطح زمین و ماهیت فرایندهایی اسـت که در یک ناحیه عمل کرده و یا در حال حاضر عمل می‌کند (شایان و همکـاران، ۱۳۸٤: ٤۹). لندفرم‌ها دست‌کم دو ویژگی اساسی دارند: نتیجهٔ فرایندهای ژئومورفولوژیک و زمین‌شـناختی گذشته هستند؛ مرزهایی مشخص برای تعیـین قلمـرو حاکمیـت فراینـدهای ژئومورفولوژیـک کنونی به‌شمار می‌آینـد (Dehn et al., 2001: 1005-1010). اهمیـت مطالعـهٔ لنـدفرم‌هـا تـا آنجاست که امروزه موضوع مطالعهٔ ژئومورفومتری[1]- به‌عنوان زیررشـته‌ای از ژئومورفولـوژی- توصیف و اندازه‌گیری کمّی و کیفی لندفرم‌ها بر اساس تحلیل تغییرات ارتفاعی تحت تأثیر تابع فاصله است. اصل اساسی‌ای که ژئومورفومتری بر آن تأکید دارد، ارتباط بین شکل ناهمواری و پارامترهای عددی مربوط به آن برای توصیف چنین فرایندهایی است که در تشـکیل و تحـول لندفرم‌ها نقش دارنـد. مطالعـات سـنتی لنـدفرم‌هـا بـر مرفولـوژی و توصـیف کیفـی اجـزای چشم‌اندازها استوار بوده و مهم‌ترین منبع اطلاعات دربارهٔ چشم‌اندازها بوده است. بیش از چند دهه است که ژئومورفولوژیست‌ها برای توصیف و بررسی لندفرم‌ها از روش‌های کیفی استفاده می‌کنند؛ اما در اوایل دههٔ شصت قـرن بیسـتم مـیلادی، روش‌هـای کمّـی نیـز وارد مطالعـات لنـدفرم‌هـا شـد (Pavlopoulos et al., 2009: 154). در روش سـنتیِ تشـخیص لنـدفرم‌هـا، تشخیص بصری لندفرم‌ها از روی داده‌های سنجش از دور دارای سرعت و دقت لازم نیست و از سویی نیازمند مفسّر متخصص اسـت. ازایـن‌رو، اسـتفاده از روش‌هـای شـناخت اتوماتیـک لندفرم‌ها از روی داده‌های سنجش از دور ضروری به‌نظر می‌رسد.

1. geomorphometry

ژئومورفولوژی عددی، ویژگی‌های فضایی و آماری و ارتباط‌های ویژگی‌های نقطه‌ای را مطالعه می‌کند (Evans, 1972: 17-90). طبقه‌بندی خودکار واحدهای ژئومورفولوژیکی و لندفرم‌ها اغلب بر پارامترهای مورفولوژیک متکی است (Giles & Franklin, 1998: 251-264; Miliaresis, 2001: 775-786; Bue & Stepinski, 2006: 604-614). پارامترهای مورفولوژیک بیانگر مشخصات شکل سطح زمین و همچنین فرایندهای ایجادکنندهٔ آن شکل‌ها هستند (Jamieson et al., 2004: 49-65). از سوی دیگر، مبنای طبقه‌بندی واحدهای فرمی در ژئومورفولوژی، نظریهٔ سلسله‌مراتبی است (رامشت، ۱۳۸۵: ١٤).

شکل‌ها و پدیده‌های ژئومورفیک تحت تأثیر مقیاس هستند (Evans, 2003: 17-90) و اثر تغییرات مقیاس در فرم‌شناسی لندفرم‌ها، انکارناپذیر است. روش‌های مختلفی برای مطالعهٔ کمّی لندفرم‌ها مطرح شده که یکی از جدیدترین آن‌ها، روش وود است. روش وود با استفاده از شاخص‌های مرفومتریک به شناسایی و تشخیص لندفرم‌ها می‌پردازد و آنالیزهای کمّی از اجزای چشم‌اندازها، ازجمله لندفرم‌ها، ارائه می‌دهد (Wood, 1996: 163-175).

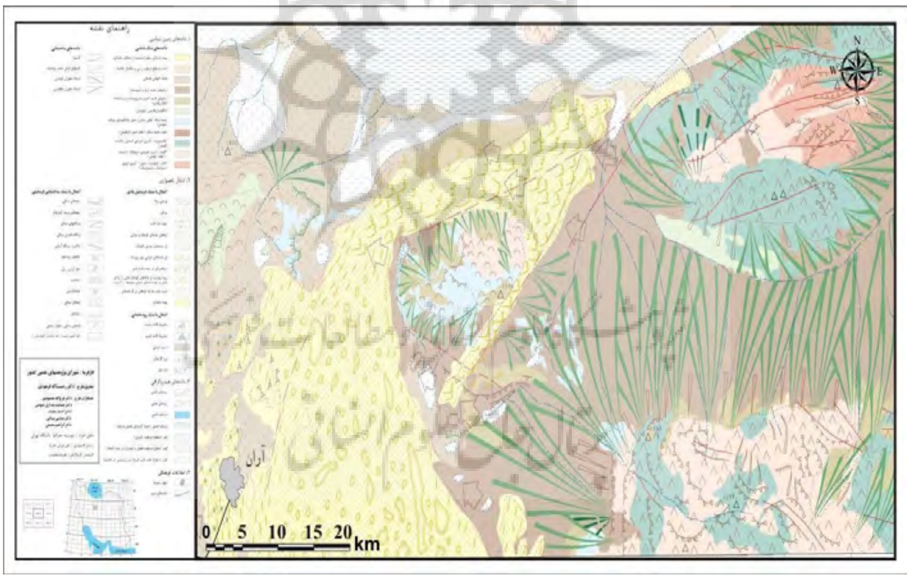
مدل‌های رقومی ارتفاعی از منابع مختلف ازجمله نقاط ارتفاعی، خطوط تراز و یا رادار مانند داده‌های SRTM [1] تهیه می‌شود. بررسی پیشینهٔ تحقیق نشان می‌دهد تاکنون با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع srtm مطالعات زیادی در زمینه‌های مورفولوژی آتشفشان (Wright et al., 2006: 41-53)، تجزیه و تحلیل اشکال ماسه‌ای بادی (Blumberg, 2006: 179-189)، مدل‌های هیدرولیکی (Ludwig & Schneider, 2006: 339-358)، تحلیل‌های مورفوتکتونیکی (Grohmann et al., 2007: 10-19)، طبقه‌بندی‌های توپوگرافی (Iwahashi & Pike, 2007: 409-440) و استخراج شبکهٔ زهکشی (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۸۸) انجام شده است. در مطالعه‌ای دیگر، یمانی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از محاسبات آماری یک و چندمتغیره و تأکید بر تجزیه و تحلیل‌های واریوگرافی به بررسی ساختار مورفوتکتونیکی ناحیهٔ دهشیر پرداخته‌اند.

همچنین، استخراج لندفرم‌ها به‌عنوان عناصر سازندهٔ چشم‌اندازها از مدل رقومی ارتفاع با استفاده از روش‌های منطق فازی و طبقه‌بندی‌های نظارت‌نشده (Adediran et al., 2004: 357-370; Burrough et al., 2000: 37-52; Irvin et al., 1997: 137-154)، طبقه‌بندی

1. shuttle radar topography mission

نظارت‌شده (Brown et al., 1998: 233-250; Hengl & Rossiter, 2003: 1810-1822; Prima et al., 2006: 373-386)، الگوریتم کلاسه‌بندی احتمالی[1] (Stepinski & Collier, 2004: 250; Stepinski & Vilalta, 2005: 260-264)، آماره‌های توصیفی چندمتغیره[2] (Dikau, 1989: 51-77; Evans, 1972: 17-90)، توابع تشخیصی (Giles, 1998: 581-594) انجام شده است. همچنین، با استفاده از سه شاخص گرادیان شیب، تحدب موضعی و بافت سطحی (فراوانی عوارض یا فضای بین آن‌ها) به استخراج عوارض مورفولوژیک پرداخته است (Iwahashi & Pike, 2007: 409-440).

با توجه به پیشینهٔ تحقیق، هدف این پژوهش، ارزیابی کارایی روش وود با استفاده از مدل رقومی ارتفاع SRTM منطقه- با قدرت تفکیک اسمی ۹۰ متر- در بخشی از حوضهٔ خشک ایران مرکزی (کویر مرنجاب آران و بیدگل) (شکل ۱) برای تشخیص و طبقه‌بندی لندفرم‌ها است. در این منطقه، تنوع فرم‌ها اعم از مخروافکنه، پلایا، تپه‌های ماسه‌ای و... دیده می‌شود.




**شکل ۱** نقشهٔ ژئومورفولوژی، لندفرم، منطقهٔ آران و بیدگل

(منبع: مؤسسهٔ جغرافیا دانشگاه تهران)

1. probabilistic clustering algorithm
2. multivariate descriptive statistics

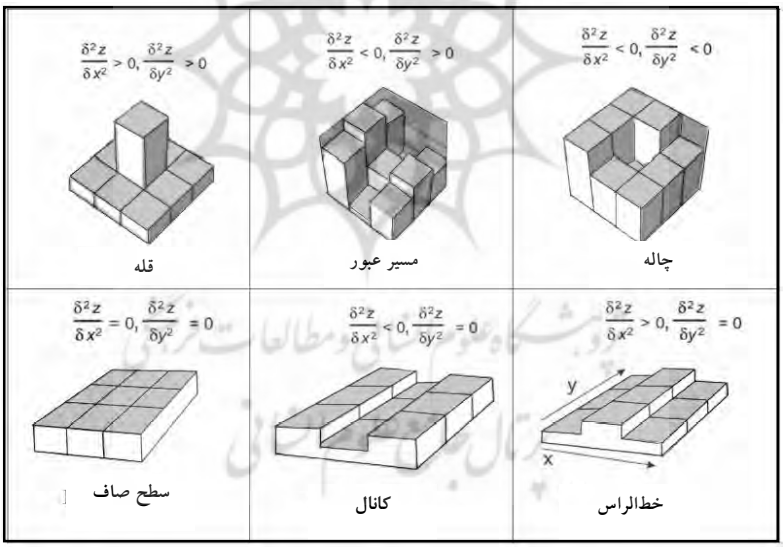
## ۲- مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه پارامترهـای مورفـومتری بیـانگر مشخصـات شـکل سـطح زمـین هسـتند، از پارامترهای روش وود برای استخراج لندفرم‌ها استفاده شده است.

پارامترهای مورفومتری اشکال در روش وود: با استفاده از مقادیر عددی و مشتقات حاصل از DEM ازقبیل شیب، انحنای پروفیل[1]، تحدب سطح[2]، انحنای عرضی[3] و انحناهای حـداقل و حداکثر[4] ویژگی‌های مرفومتری عوارض زمین استخراج می‌شود (Fisher et al., 2004: 106-128; Pike, 2000: 1-20; Wood, 1996).

آنالیزهای مورفومتری اشکال یک رویکرد عددی برای طبقه‌بندی عـوارض زمـین اسـت در موارد زیر (شکل ۲):

- اشکال نقطه‌ای مانند قله، چاله و گردنه؛
- اشکال خطی مانند خط‌الراس و آبراهه؛
- گروه سطحی مانند سطوح صاف ازقبیل دشت، جلگه.




**شکل ۲** طبقات مورفومتریک

(source: Wood, 1996)

1. profile curvature
2. plan convexity
3. cross-sectional curvature
4. minimum and maximum curvatures

در مطالعات ژئومورفیک لندفرم‌ها مشتق اول (شیب) و مشتق درجهٔ دوم از مدل‌های رقومی ارتفاع از اجزای اصلی در این فرایند است (Evans, 1972: 17-90). اندازه‌گیـری مشـتق دوم در مدل‌های رقومی ارتفاع انحنا نامیده می‌شود که بـرای تشـخیص ویژگـی‌هـای مورفـومتری اشکال بسیار مناسب بوده و تا حد زیادی در ارتباط با فرایندهای ژئومورفولوژیکی است. اوانز[۱] (1972) دو نوع انحنا با ویژگی عمودی را از هم متمایز می‌کند کـه شـامل انحناهـای پـلان و پروفیل است. اما وود (۱۹۷۲) برای تمام پارامترهای مورفومتریک از شیب، انحنـای عرضـی و انحناهای حداقل و حداکثر به‌عنوان مجموعهٔ بی‌نظیری بـرای تشـخیص اشـکال مورفومتریـک استفاده می‌کند. روش وود بر فرضیهٔ اوانز استوار است. یک پنجره با ابعـاد مشـخص بـر روی مدل رقومی ارتفاع حرکت می‌کند و تغییرات گرادیان نقطهٔ مرکزی در ارتباط بـا همسـایگانش به‌وسیلهٔ یک تابع چندجمله‌ای درجهٔ دو به‌دست می‌آید (رابطهٔ ۱):

$$Z = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

**جدول ۱** پارامترهای مورفومتریک مختلف

| **پارامتر مورفومتریک** | **رابطه** |
|---|---|
| شیب | arctan ( sqrt (*d2*+ *e2*)) |
| انحنای عرضی | $n * g * (b * d^2 + a * e^2 - c * d * e)/(d^2 + e^2)$ |
| انحنای حداکثر | $n * g * (-a-b + sqrt((a-b)*(a-b) + c^2))$ |
| انحنای حداقل | $n * g * (-a-b- sqrt((a-b)*(a-b) + c^2))$ |

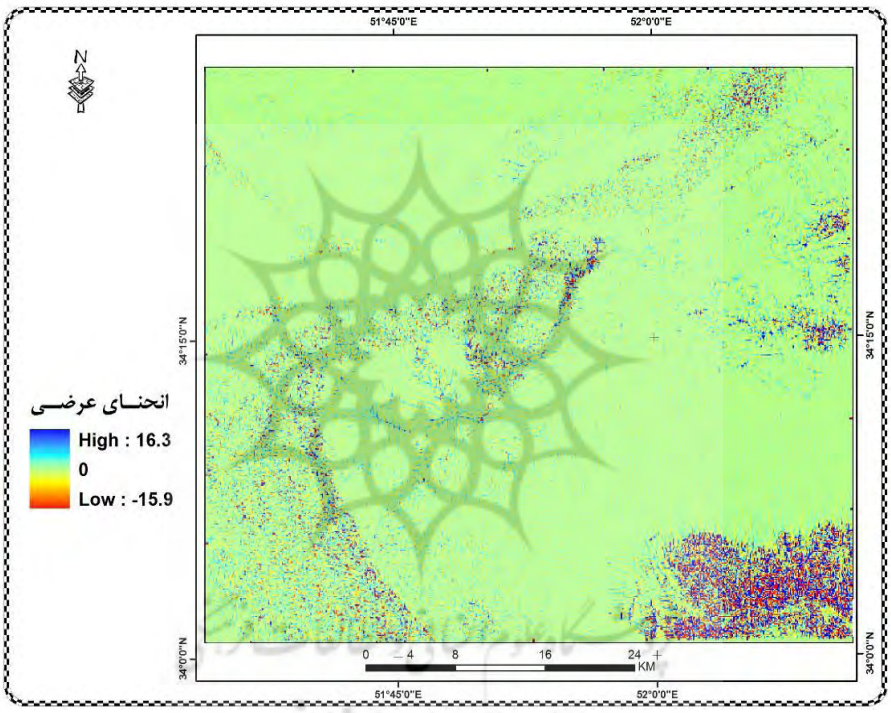
(source: Evans, 1972; Wood, 1996)

تعریف پارامترهای یادشده به این شرح است:

1. Evans

شیب[1]: حداکثر گرادیان در جهات x و y؛

انحنای عرضی[2]: انحنای عمود بر جهت شیب به سمت پایین را اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۳). برای موقعیت‌های با شیب صفر، انحنای عرضی به‌علت نامشخص بودن جهت، معلوم نیست؛ بنابراین انحنای حداقل و حداکثر به‌عنوان پارامترهای جایگزین و اصلی به‌کار می‌روند.




**شکل ۳** شاخص انحنای عرضی محدودهٔ مطالعاتی

با توجه به اهمیت مقادیر انحنا و شیب در طبقه‌بندی اشکال سطحی زمین، جدول شمارهٔ دو مقادیر شاخص‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی اشکال مورفولوژیکی روش

1. slope
2. cross-sectional curvature

وود را نشان می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که مقادیر انواع انحنا و شیب با توجه به نوع اشکال تغییرات معناداری دارد.

**جدول ۲** مقادیر شاخص‌های مورفومتریک روش وود

| انحنای حداقل | انحنای حداکثر | انحنای عرضی | شیب | اشکال مورفومتریک |
|---|---|---|---|---|
| مقدار مثبت | مقدار مثبت | مقدار نامشخص | صفر | قله |
| صفر | مقدار مثبت | مقدار نامشخص | صفر | خط‌الرأس |
| * | * | مقدار مثبت | مقدار مثبت | |
| مقدار منفی | مقدار مثبت | مقدار نامشخص | صفر | مسیر |
| صفر | صفر | مقدار نامشخص | صفر | سطح صاف و دشتی |
| * | * | صفر | مقدار مثبت | |
| مقدار منفی | | مقدار نامشخص | صفر | کانال |
| * | * | مقدار منفی | مقدار مثبت | |
| مقدار منفی | مقدار منفی | مقدار نامشخص | صفر | چاله |

* جزء شاخص به‌شمار نمی‌آید.

با شاخص‌های جدول شمارهٔ دو، فرض می‌شود که تمام اشکال نقطه‌ای (قله، گودال و گردنه) فقط هنگامی که شیب صفر باشد، تشخیص داده می‌شوند. در مناطق با مقادیر مثبت شیب، آبراهه‌ها انحنای عرضی منفی دارند، خط‌الرأس‌ها انحنای عرضی مثبت دارند و سطوح صاف انحنای عرضی صفر. قله‌ها شیب محلی صفر دارند؛ ولی برای انحناهای حداکثر و حداقل دارای مقدار مثبت هستند؛ درحالی که گودال‌ها برعکس، دارای انحناهای حداقل و حداکثر منفی هستند. گردنه‌ها با شیب صفر مشخص شده که دارای انحنای حداکثر مثبت و انحنای حداقل منفی‌اند.

شاخص‌های مورد استفاده در روش وود به‌منظور طبقه‌بندی اشکال مورفومتریک برای سطوح شیب‌دار، انحنای عرضی یک فاکتور است؛ اما در نواحی صاف، انحناهای حداقل و حداکثر فاکتور اصلی است.

با توجه به این واقعیت که اشکال نقطه‌ای ازقبیل قله‌ها، گردنه‌ها و گودال‌ها وقتی که در یک پنجره با همسایگانش درنظر گرفته شوند، شیب‌دار هستند و همچنین مدل‌های رقومی ارتفاع به‌ندرت سطوح مسطح با انحناهای مختلف صفر تولید می‌کند؛ وود (1996) برای غلبه بر این مشکل از دو پارامتر نوسان شیب[1] (ST) و نوسان انحنا[2] (CT) استفاده کرده است. نوسان شیب سطوح صاف و شیب‌دار را از هم تفکیک می‌کند. مقدار نوسان انحنای سطوح مسطح را مشخص می‌کند و به‌منظور تشخیص پیکسل‌ها با میزان انحنای کافی و به‌عنوان خط‌الرأس و کانال استفاده می‌شود (جدول ۳).

**جدول ۳** مقادیر انحنا به‌منظور استخراج فرم‌ها در روش وود

| | | | |
|---|---|---|---|
| ST < شیب | خط‌الرأس | C T < انحنای عرضی | - |
| | کانال | C T- > انحنای عرضی | - |
| | سطح صاف | C T- < انحنای عرضی < C T | - |
| ST > شیب | قله | C T < انحنای حداکثر | C T < حداقل انحنا |
| | مسیر | C T < انحنای حداکثر | C T- > حداقل انحنا |
| | چاله | C T -> انحنای حداکثر | C T- > حداقل انحنا |
| | کانال | C T - < انحنای حداکثر | C T- > حداقل انحنا |
| | سطح صاف | C T > انحنای حداکثر | C T - < حداقل انحنا |
| | خط‌الرأس | C T < انحنای حداکثر | C T- < حداقل انحنا < C T |

ST: نوسان شیب CT: نوسان انحنا

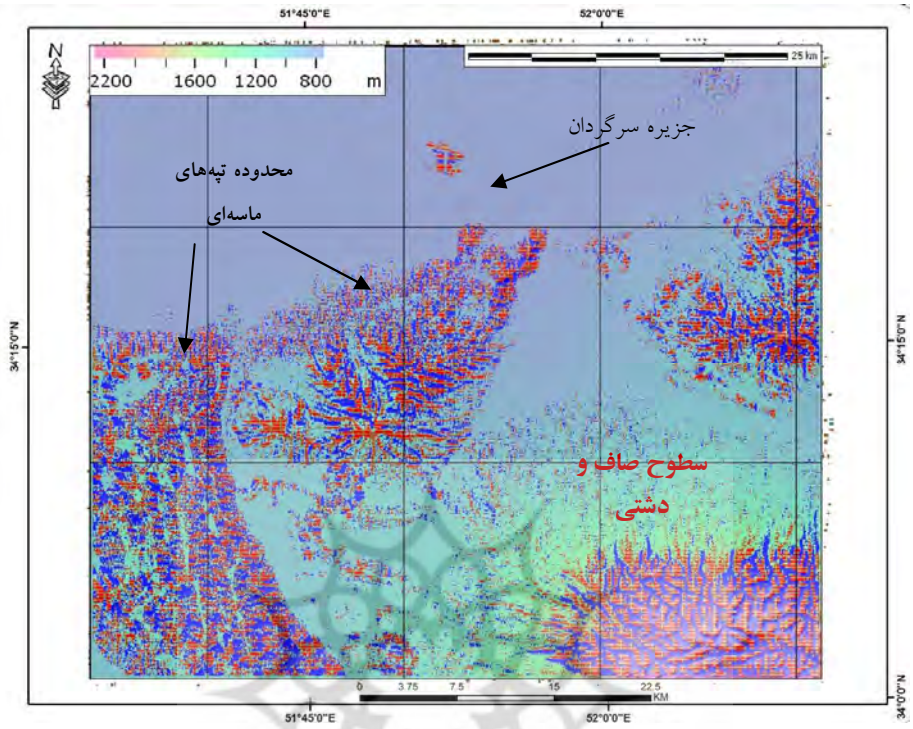
1. slope tolerance
2. curvature tolerance

مقادیر این نوسان‌ها تاحدی تصادفی، وابسته به ماهیت و ویژگی‌های منطقهٔ مورد مطالعه و کیفیت مدل رقومی ارتفاع است. برای استخراج شاخص‌های مرفومتریک از مدل رقومی ارتفاع SRTM منطقـــه اســـتفاده شـــده و بـــا اســـتفاده از نـــرم‌افزارهـــای ژئومورفومتریـــک MICRODEM- LANDSERF و ماژول‌های پردازش مدل رقـومی ارتفـاع در ARCGIS اجرایی و انجام شده است.

## ۳- نتایج

برای طبقه‌بندی اشکال فرمی، پارامترهای مورفومتریک شیب زمین، انحنای عرضی و انحناهای حداقل و حداکثر از مدل رقومی ارتفاع اسـتخراج شـد. در اجـرای روش وود، بـرای تفکیـک سطوح صاف و شیب‌دار از سه مقدار نوسان شیب ۰.۲ ، ۰.۵ و ۱ اسـتفاده شـده اسـت. بـرای استخراج سطوح دشتی نیز سه مقدار نوسان انحنا شـامل ۰.۰۰۱ ، ۰.۰۰۱ و ۰.۱ در محاسـبات منظور شده است که پس از استخراج طبقات فرمی، مقادیر نوسان شیب یک و انحنای ۰.۰۱ در طبقه‌بندی فرم‌های اصلی، بهترین نتیجه را داشت که با مقایسهٔ بصری بین نقشه‌های طبقه‌بنـدی شده انتخاب شد.

پس از ترکیب پارامترهای مورفومتریک، نقشهٔ نهایی فرم‌های اصلی استخراج شد. نتایج طبقه‌بندی عوارض مورفومتریک منطقهٔ کویر مرنجاب نشان مـی‌دهـد (شـکل ٤) سـطوح دشتی و صاف با ٤۹/۸ درصد بیشترین سطح را به خود اختصـاص داده و خـط‌الـرأس و دره‌ها در ردهٔ بعدی قرار دارند (جدول ٤). با توجه به نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقـهٔ آران و بیدگل، سطوح دشتی فرم مشترک بین اشکال مورفومتریـک روش وود و نقشـهٔ نـام‌بـرده است؛ بنابراین می‌تواند شاخصی برای ارزیابی دقت باشد. نتـایج نشـان مـی‌دهـد سـطوح دشتی در نقشهٔ آران و بیدگل که به‌صورت دستی تولید شده اسـت، حـدود ۳۹ درصـد از سطح را پوشش می‌دهد. این اختلاف بین سطوح دشتی در دو نقشه به‌دلیـل لحـاظ شـدن قسمتی از پلایای دریاچهٔ نمک به‌عنوان سطوح دشتی در روش وود است و نمـودار ایـن است که با قدرت تفکیک ۹۰ متر، امکـان تشـخیص و تفکیـک سـطوح دشـتی از سـطح به‌نسبت صاف پلایا امکان‌پذیر نیست.

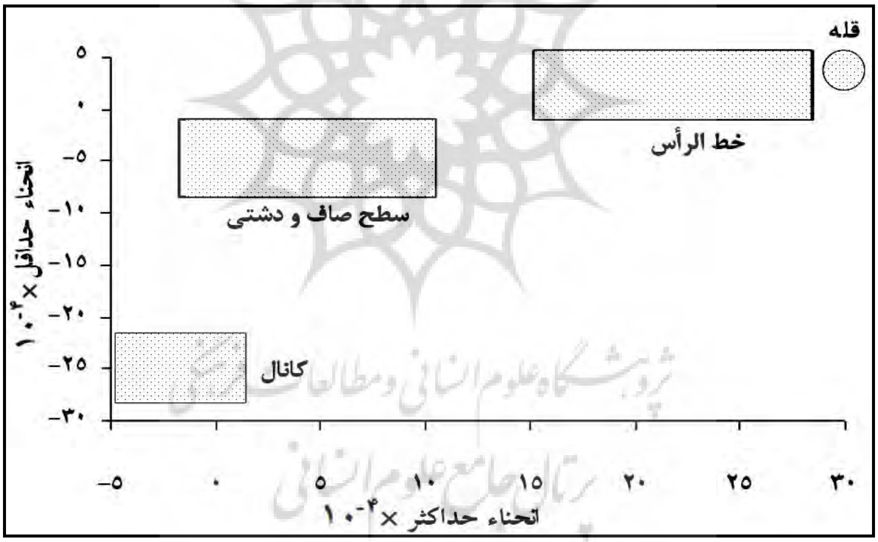



**شکل ۴** طبقه‌بندی عوارض مورفومتریک منطقهٔ کویر مرنجاب

**جدول ۴** اشکال مورفومتریک و درصد پهنهٔ هر شکل

| اشکال مورفومتریک | پهنه به درصد |
|---|---|
| قله | – |
| خط‌الرأس | ۱۵/۲ |
| آبراهه | ۹ |
| سطح صاف و دشتی | ٤۹/۸ |
| دره | ۱۳/۵ |
| چاله | – |
| سایر | ۱۲/۵ |

با توجه به اهمیت انحناهای حداقل و حداکثر در استخراج کلاس‌های مورفومتریک، نقش آن‌ها در استخراج کلاس اصلی مورفومتریک تحلیل شد و موقعیت واحدهای اصلی مرفومتریک در فضای دوبعدی به‌دست آمد (شکل ۵). در این شکل، محور X میانگین انحنای حداکثر و محور Y میانگین انحنای حداقل است و چهار واحد مرفومتریک شامل خط‌الرأس، سطوح صاف و دشتی، کانال یا آبراهه و قله را شامل می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد آبراهه یا کانال با مقادیر منفی انحنای حداقل و مقادیر صفر یا نزدیک صفر انحنای حداکثر همراه است و برعکس، خط‌الرأس‌ها انحنای حداکثر مثبت و مقادیر صفر یا نزدیک صفر برای انحنای حداقل دارند. همچنین، در قله‌ها مقادیر انحنای حداقل و حداکثر، منفی است. از سوی دیگر، سطوح صاف و دشتی در محدودهٔ بین آبراهه و خط‌الرأس قرار دارد و با مقادیر کوچک انحنای حداقل و حداکثر مشخص می‌شود.




**شکل ۵** موقعیت چهار عنصر اصلی مورفومتریک در فضای دوبعدی انحنای حداقل و حداکثر

به‌نظر می‌رسد روش وود در رویکرد ژئومورفومتری عمومی و استخراج عناصر مورفومتریک در یک سطح پیوسته، کارایی خوبی داشته و توانسته است محدودهٔ تپه‌های

ماسه‌ای در غرب و جنوب‌غرب منطقهٔ مرنجاب و سطوح نمکی دریاچهٔ نمک را در شمال منطقه (شکل ٤) به‌خوبی نشان دهد. ولی با توجه به قدرت تفکیک مکانی حدود ۹۰ متر مدل رقومی ارتفاع، در شناسایی نوع تپه‌های ماسه‌ای فاقد کارایی است و نمی‌تواند انواع مختلف تپه‌های ماسه‌ای عرضی، طولی و دابلیو را- که در منطقهٔ مرنجاب فراوانی و پراکنش زیادی دارند- از هم تشخیص دهد؛ بنابراین می‌توان در استخراج کلاس‌های اصلی مورفومتریک از آن بهره گرفت و می‌تواند سرآغاز حرکت به سمت اتوماسیون در استخراج لندفرم‌ها در مقیاس‌های مشخص باشد.

## ۴- جمع‌بندی

امروزه، به‌دلیل وقت‌گیر بودن و و وابسته بودن نتایج به تفسیر مفسر، رویکرد سنتی و بصری استخراج عناصر مورفومتریک و لندفرم‌ها کارایی و سرعت لازم را ندارد. این تحقیق در استخراج عناصر مورفومتریک سطح زمین با استفاده از روش وود، بر رویکرد اتوماسیون تأکید دارد. نتایج تحقیق در منطقهٔ کویر مرنجاب نشان می‌دهد در زمینهٔ ژئومورفومتری عمومی، روش وود کارایی لازم را در استخراج طبقات اصلی ژئومورفومرمتریک منطقهٔ کویر مرنجاب داشته و کلاس‌های اصلی را در یک سطح پیوسته با استفاده از مدل رقومی ارتفاع SRTM استخراج کرده است. اما در زمینهٔ ژئومورفومتری خاص و استخراج لندفرم‌های مجزا، نیازمند توسعه و بهبود کارایی است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، دیگر شاخص‌های مورفومتریک مانند انحنای طولی و همچنین سایر روش‌های بهینه‌سازی در زمینهٔ شناسایی و تشخیص لندفرم‌های مجزا به‌کار گرفته شود.

## ۵- منابع

- احمدآبادی، علی، امان‌الله فتح‌نیا، محمد واقفی و سعید سلیمی، «تعیین آستانهٔ استخراج شبکهٔ زهکشی از مدل رقومی ارتفاع (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ درکه- ولنجک)»، *چهارمین کنفرانس سراسری آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب و خاک*، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۸.
- رامشت، محمدحسین، *نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)*، تهران: سمت، ۱۳۸۵.

- شایان، سیاوش، فاطمه ملامهرعلیزاده و مهدی جنتی، «کارایی داده‌های سنجش از دور (RS) در تهیهٔ نقشه‌های لندفرم و نقش آن در برنامه‌ریزی محیطی»، *فصلنامهٔ مدرس علوم انسانی*، د۹، ش٤، صص۴۹-۸۰، ۱۳۸٤.
- یمانی، مجتبی، محمدرضا قاسمی، سیدکاظم علوی‌پناه و ابوالقاسم گورابی، «مورفوتکتونیک ناحیهٔ دهشیر با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفومتری»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۷۱ (بهار)، صص ۱-۲۰، ۱۳۸۸.
- Berberian, M., "Active faulting and tectonics of Iran, in Zagros, Hindu Kush, Himalaya: geodynamic evolution", *Geodyn*, Ser. 3, H. K. Gupta & F. M. Delany (Eds.), Pp. 33-69, 1981.
- Berberian, F. & M. Berberian, "Tectono-Plutonic Episodes in Iran, in Zagros, Hindu Kush, Himalaya: Geodynamic Evolution", *Geodyn*, Ser. 3, H. K. Gupta & F. M. Delany (Eds.), Pp. 5-33, 1981.
- Dikau, R., "The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology" in J. Raper (Ed.), *Three Dimensional Applications in Geographical information Systems*, Taylor & Francis, London, 51-77, 1989.
- Ehsani, A. H. & F. Quiel, "Contribution of Landsat ETM+ thermal band to land cover classification using SMAP and ML algorithms (Case study; Eastern Carpathians)" in L. Bruzzone (Ed.), *Image and Signal Processing for Remote Sensing XIII*, Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng, P. 67481F. DOI: 67410.61117/67412.737841, Florence, Italy: SPIE, Bellingham, WA, 2007.
- Evans, I. S., "General Geomorphology, Derivatives of altitude and descriptive statistics" in R. J. Chorley (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*, Pp. 17-90, London: Methuen & Co. Ltd, 1972.

- Fisher, P., J. Wood & T. Cheng, "Where is Helvellyn? Fuzziness of Multiscale Landscape Morphometry", Transactions of the Institute of British Geographers, 29, Pp. 106-128, 2004.
- Grohmann, C. H., C. Riccomini & F. M. Alves, "SRTM-based morphotectonic analysis of the Pocos de Caldas Alkaline Massif, Southeastern Brazil", *Computers & Geosciences*, In Press, Corrected Proof, 2006.
- Guth, P. L., "Geomorphometry from SRTM: comparison to NED", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72*, Pp. 269-278, 2006.
- Hengl, T. & D. G. Rossiter, "Supervised landform classification to enhance and replace photo-interpretation in semi-detailed soil survey", *Soil Science Society of America Journal, 67*, Pp. 1810-1822, 2003.
- Huisenga, J., "Impact of SRTM data on geospatial support to US Army operations", in Abstracts Volume, the Shuttle Radar Topography Mission Data Validation and Applications Workshop, Reston VA, Abstract 43, 2005.
- Ludwig, R. & P. Schneider, "Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for Applications in hydrologic modeling", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 60*, Pp. 339-358, 2006.
- Meyer, Bertrand, Frédéric Mouthereau, Olivier Lacombe & Philippe Agard, "Evidence of Quaternary activity along the Deshir Fault: implication for the Tertiary tectonics of Central Iran", *Geophys J Int*, 164 (1), 192, 2006.
- Pike, R. J., "Geomorphology- Diversity in quantitative surface analysis", *Progress in Physical Geography, 24*, Pp. 1-20, 2000.

- Wood, J., *The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models*, in Department of Geography, Leicester: University of Leicester, UK, 1996.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی