طبقه بندی و تحلیل مورفولوژی لندفرم های زمین با استفاده از DEM و GIS (مطالعه موردی: دامنه های شمالی سبلان)

دکترمحمدحسین رضایی مقدم*
مهدی ثقفی**

چکیده

فرایند شناسایی مورفولوژی لندفرم های زمین با استفاده از اطلاعات ارتفاعی، موضوعی است که توسط محققین بسیاری مورد تحقیق قرار گرفته است. روش های مورد استفاده در این مطالعات را روش های دستی و روش های خودکار تشکیل می دهند. گذشت زمان، پیشرفت تکنولوژی و نیز دسترسی به ابزار و امکانات مورد نیاز، استفاده از روش های خودکار را برای بیشتر محققین فراهم ساخته است. به دلیل دقت، کارایی و صرف زمان کمتر در مقایسه با روش های دستی، گسترش و رواج روش های خودکار بیش از پیش افزایش یافته است. وجود تشابه در نتایج حاصل از این روش طبقه بندی با لندفرم های موجود در سطح منطقه، مبین میزان دقت این روش طبقه بندی است. با وجود روش های مختلف طبقه بندی شیب، از آستانه های تعریف شده توسط هاموند استفاده شده است. با توجه به این که خودکار کردن روش های طبقه بندی دستی گام مهمی است، اما به دلیل وجود روش های متفاوت اندازه گیری مورفولوژی، تعاریف ارائه شده در خصوص انواع گوناگون مورفولوژی نیز باید بر این اساس تنظیم شوند.

در این بررسی با تهیه مدل رقومی شده ارتفاعی (DEM) محدوده ورقه نقشه ۵۰۰۰۰ : ۱ نقدی بالا (دامنه شمالی سبلان) و نیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مورفولوژی لندفرم های منطقه جهت تحقیق روش خودکار، مورد بررسی قرار گرفته است.

---

*استاد یارگروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز: rezaei@tabrizu.ac.ir
**دانشجوی دوره دکترای ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز: sagafi@yahoo.com
تاریخ وصول مقاله: ۸۳/۵۰/۱۰ ـ تاریخ تصویب مقاله: ۸۳/۱۰/۱۵

واژگان کلیدی: دامنه های شمالی سبلان، مورفولوژی، لندفرم، مدل رقومی شده ارتفاعی ، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پنجره آنالیز همسایگی

مقدمه

در بررسی مسایل ژئومورفولوژی، علاوه بر توصیف صحیح و کامل ژنتیک ناهمواری، منشاء و کیفیت بسیاری از عوامل که در تغییر شکل و یا شکل گیری عوارض پوسته زمین مؤثرند، پرداخته می شود. در این بین مورفولوژی لندفرم ها صرفاً توصیف شکل هندسی ناهمواری های پوسته زمین را شامل می شود که در بردارنده مباحث توپوگرافی است. از طرفی نیز مباحث توپوگرافی خود شاخه ای از ژئومورفولوژی محسوب می شود. به این ترتیب در طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها به مباحث مربوط به ژنتیک و نحوه تحول آنها توجه نمی شود. با وجود این، طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها در خصوص مطالعاتی از قبیل ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، فرسایش، تهیه نقشه از عناصر زمین، بررسی طبقات اقلیمی ناهمواری ها و نیز در مطالعه چشم اندازها، از جمله مباحث پایه ای و ضروری به شمار می آید.

اولین تلاش ها در زمینه طبقه بندی مورفولوژی لندفرم های زمین توسط مطالعات افـرادی از قبـیل هامـوند[1] (۱۹۴۵ و ۱۹۶۴)، والاس[2] (۱۹۵۵)، لینـتون[3] (۱۹۷۰)، کروزیه[4] (۱۹۸۳) و دیکو[5] و همکاران (۱۹۹۱) صورت گرفته است. با توجه به این که عوامل اصلی و تعیین کننده شکل هندسی لندفرم های زمین را پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل تشکیل می دهند، در تمامی مطالعات صورت گرفته جهت طبقه بندی مورفولوژی لندفرم های زمین نیز پارامترهای مذکور مورد توجه بوده اند.

روش های مورد استفاده جهت نیل به هدف فوق، به دو گروه تقسیم می شوند:

۱ ـ روش دستی،

۲ ـ روش خودکار.

---

1. Hammond
2. Wallace
3. Linton
4. Crozier
5. Dikau

در هر دو روش ذکر شده پارامترهای اصلی و مؤثر در تعیین شکل هندسی مورد استفاده قرار می گیرند که به اختصار مورد بحث واقع شده اند.

کلیات روش دستی جهت تعیین مورفولوژی لندفرم ها که توسط هاموند ایجاد شده، مبتنی بر استفاده از پنجره ای با ابعاد مشخص و نقشه توپوگرافی در مقیاس معین است که با کمک جابه جایی پنجره مذکور بر روی نقشه توپوگرافی و محاسبه پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل به روش هاموند در هر موقعیتی که پنجره قرار می گیرد، فرایند استخراج طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها انجام می شود. روش دستی ذکر شده توسط هاموند برای ایالات متحده آمریکا مورد استفاده واقع شده که نتیجه نهایی آن، طبقه بندی مورفولوژی لندفرم های این منطقه در ۴۵ واحد می باشد (هاموند، ۱۹۴۵و۱۹۶۴).

در روش خودکار نیز مبانی اصولی روش دستی به کار گرفته شده است. این روش توسط دیکو و همکارانش در سال ۱۹۹۱ تدوین و برای نیومکزیکو مورد آزمایش قرار گرفته است. به این ترتیب ملاحظه می شود که روش دستی هاموند به صورت روشی استاندارد ظاهر شده است (دیکو و همکاران، ۱۹۹۱).

با رواج یافتن استفاده از مدل های رقومی شده ارتفاعی (DEM) که حداقل در حدود ۲۰ سال است مورد استفاده قرار می گیرند، روش های دستی جای خود را به روش های خودکار داده اند. از جمله برتری های روش خودکار که گسترش بیشتر آن را نیز سبب شده است، افزایش سرعت و دقت در پردازش اطلاعات و نتایج نهایی است.

تعداد طبقات نهایی حاصل از مطالعه مورفولوژی لندفرم ها، وابسته به تعداد آستانه‌های در نظر گرفته شده برای عوامل اصلی تعیین کننده شکل هندسی لندفرم ها می باشد، چنان که در روش دستی با در نظر گرفتن ۶ طبقه ارتفاع نسبی، ۴ طبقه شیب و ۴ طبقه برای نوع پروفیل و تلفیق آنها ۹۶ ترکیب منحصر به فرد حاصل می گردد که به عنوان طبقات فرعی در نظر گرفته می شوند. طبقات فرعی حاصله را می توان در یکدیگر ادغام نمود که در نتیجه طبقات اصلی حاصل می شوند. در مطالعه صورت گرفته توسط هاموند برای ایالات متحده آمریکا به روش دستی، ۴۵ طبقه فرعی حاصل شده در سه سطح با یکدیگر ادغام شده اند که در بالاترین سطح آن طبقات اصلی قرار دارند به طوری که در این سطح مورفولوژی لندفرم های اصلی در پنج طبقه قرار داده شده اند. پنج طبقه مذکور عبارتنداز:

۱- دشت،

۲- فلات،

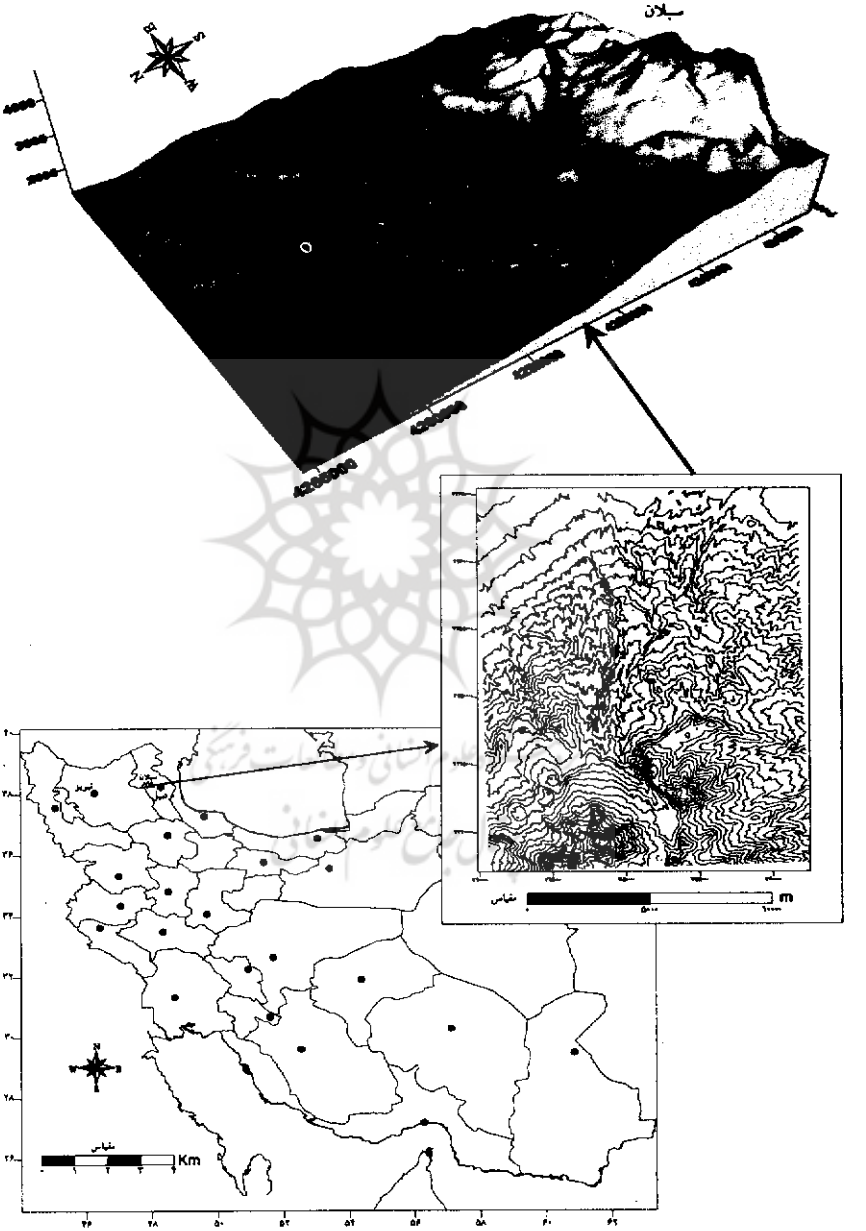
۳- کوهستان و تپه ماهور،
۴- دشت های کوهستانی و تپه ماهوری،
۵- کوهستان و تپه ماهورهای باز.

از جمله موضوعات مهم در روش دستی، استخراج تمامی ۹۶ حالتی است که احتمال بروز آن می رود، به طوری که در روش دستی امکان استخراج تمامی طبقات وجود ندارد. بنابراین تنها طبقاتی که بیشتر معمول هستند و یا این که در کاربردهای عملی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند، تعیین و تفکیک می گردند، در حالی که در روش خودکار با انطباق لایه ها بـه راحتی می تـوان تمامی حالاتی را که احتـمال وقـوع آنها می رود استخراج نمود. همچنین در مقابل ادغام طبقات فرعی می توان واحدهای مورفولوژی عمده را در مقیاس های مزو و ماکرو مورد تحقیق قرار داد.

در این مطالعه از روش خودکار جهت طبقه بندی مورفولوژی لندفرم های منطقه تحت مطالعه استفاده شده است که مورد بحث قرارمی گیرد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده دامنه های شمالی سبلان به منظور تحقیق روش خودکار و استخراج مورفولوژی لندفرم های آن انتخاب شده است. توده کوهستانی سبلان، رشته کوهی با امتداد غربی شرقی است. طول این توده کوهستانی حدود ۶۰ کیلومتر و عرض آن ۴۵ کیلومتر می باشد. توده سبلان از سه قله بلند تشکیل شده که همه آنها آتشفشانی می ـ باشند. قله سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر بلندترین قله در شمال غرب ایران است. این توده کوهستانی از گدازه های آتشفشانی از نوع بازالت تشکیل شده که در چندین مرحله بیرون ریخته و سطحی در حدود ۱۲۰۰ کیلومتر مربع را اشغال نموده است. ترکیب آندزیتی و اسیدی آخرین مرحله فعالیت این توده باعث ایجاد سنگ های آندزیتی و اسیدی با بلورهای درشت درآن شده است و در حواشـی مراکز آتشفشانی نهشته های سینریتی با لایه هایی از کائولن وجود دارد که به شدت تخریب شده و دره های بسیاری را به وجود آورده است (طالقانی، ۱۳۸۰). دامنه های شمالی توده سبلان شیب تندی دارد و چندین دره در آن به وجود آمده است. منطقه مورد مطالعه تمامی محدوده ورقه نقشه ۱:۵۰۰۰۰ به شماره I ـ ۵۵۶۶ را که در بردارنـده دامنه های شمـالی سبـلان است (شکل۱)، شامل می شود. مساحت محدوده تحت مطالعه حدود ۶۴۵ کیلومتر مربع است که به طور متوسط حدود ۲۶۲۹ متر بالاتر از سطح آب های آزاد قرار گرفته و اختلاف ارتفاع در این منطقه



شکل ۱ ـ موقعیت منطقه مورد مطالعه

حدود ۳۶۴۷ متر می باشد. تنوعات مورفولوژی منطقه و نیز دسترسی به منابع اطلاعاتی در زمینه های مرتبط به این بررسی، عمده دلایل انتخاب این محدوده به شمار می آیند. در هر صورت به دلیل نیاز سایر علوم مرتبط با زمین به این نوع طبقه بندی از زمین و نیز وجود نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به صورت پوشش سراسری برای تمام کشور، خود می تواند دلیلی برای انتخاب محدوده چهارگوش این نقشه ها جهت طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها باشد. به طوری که می توان به سادگی و با تعیین استانداردهای لازم در راستای این نوع مطالعه، نقشه های طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها را همانند نقشه های توپوگرافی به صورت پوشش سراسری برای تمام کشور تهیه و در اختیار کاربران در سایر علوم قرار داد.

روش کار

منحنی های هم ارتفاع نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با فواصل ۱۰۰ متر و نیز نقاط ارتفاعی مربوط به راس ارتفاعات، رقومی شده و به شبکه رستری تبدیل شدند. اطلاعات رستری حاصله که مربوط به اطلاعات ارتفاعی منطقه می باشند، به منظور ایجاد یک فایل واحد با یکدیگر ترکیب شدند. مدل رقومی شده ارتفاعی منطقه در قالب رستر و بر اساس پیشنهاد برابیان[1] (۱۹۹۸) در اندازه پیکسل های ۲۰۰×۲۰۰ متر به کمک محاسبات درونیابی شبکه رستری حاوی اطلاعات ارتفاعی، تهیه گردید.

در مرحله بعد پارامترهای اصلی تعیین کننده شکل هندسی عناصر زمین (شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل) با کمک مدل رقومی شده ارتفاعی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شدند. برای طبقه بندی پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل از آستانه های پیشنهاد شده توسط هاموند استفاده شده است (جدول۱). در روش طبقه بندی خودکار از شیوه محاسباتی پنجره آنالیز همسایگی[2] برای تعیین محدوده نفوذ آستانه های به کار گرفته شده برای پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل، استفاده می شود. در این روش با در نظر گرفتن فاصله و شکل مشخص برای پنجره مورد استفاده، متوسط مقادیر پیکسل های همسایه تا فاصله تعیین شده محاسبه گردیده و به پیکسلی که در وسط پنجره قرار می گیرد اختصاص داده می شود. فرایند آنالیز ذکر شده متناسب با

---

1. Brabyan
2. Neighborhood analysis window

اندازه پیکسل ها به صورت پیش رونده و برای تمامی محدوده مورد تحقیق انجام می گیرد. در این مطالعه از پنجره ای به شکل دایره و شعاع ۱۰۰۰ متر برای محاسبات آنالیز همسایگی استفاده شده است. انتخاب شکل دایره به جای سایر اشکال هندسی مانند مربع که گوشه دار هستند، به دلیل مساوی بودن فاصله پیکسل مرکزی دایره تا محیط آن از همه جهات می باشد، به طوری که در سایر انواع پنجره ها فاصله ذکر شده مساوی نیست، به این دلیل انتخاب شکل دایره باعث افزایش دقت در آنالیزهای همسایگی می گردد.

شعاع مورد استفاده برای پنجره آنالیز همسایگی متناسب با مقیاس نقشه خروجی و نیز اهداف مطالعه تعیین می شود. چنان که دیکو و همکاران (۱۹۹۱) اندازه شعاع ۵۶۰۰ متر را برای استخراج مورفولوژی ماکرو لندفرم های نیومکزیکو با توجه به دامنه ای که برای مساحت آنها تعیین نموده اند (دامنه مساحت ماکرو لندفرم ها بین۱۰ تا۱۰۰۰ کیلومتر مربع تعریف شده است) و نیز جهت تهیه نقشه خروجی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، پیشنهاد کرده‌اند. برابیان (۱۹۹۸) نیز اندازه شعاع ۳۰۰۰ متر را برای استخراج ماکرو لندفرم های نیوزیلند در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به کار برده است. بنابراین با توجه به این که در خصوص محدوده تحت نفوذ دامنه های مختلف تعیین شده برای پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل شناختی وجود ندارد، ملاحظه می گردد که انتخاب فاصله متاثر از اهداف مطالعه و مقیاس نقشه نهایی که در آن اطلاعات حاصل از طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها آمده، می‌باشد و سایر فواصل نیز می توانند مورد تحقیق قرار گیرند و در این مورد همانند طبقات مورد استفاده برای پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل توافق همگانی وجود ندارد.

پس ازمحاسبه پارامترهای مورد نیاز سه لایه، اطلاعات حاصله جهت تحلیل نهایی با یکدیگر منطبق شدند. از ترکیب اطلاعات سه لایه محاسبه شده برای منطقه مورد مطالعه، تعداد۳۰ ترکیب منحصر به فرد حاصل گردید. به دلیل زیاد بودن جزییات و تناسب اطلاعات با مقیاس نقشه نهایی، اطلاعات حاصله در مرحله قبل تعمیم داده شد و خلاصه گردید. برای خلاصه کردن از فیلتر اکثریت با ابعاد ۹×۹ پیکسل استفاده شد که نتیجه آن تبدیل ۳۰ ترکیب اولیه به ۱۷ طبقه می باشد. با کمک فیلتر اکثریت می توان واحدهایی را که از فراوانی و وسعت کمتری در فاصله تعیین شده برخوردار هستند، حذف نمود. بنابراین در ابتدایی ترین سطح طبقه بندی ۱۷ واحد مورفولوژی از منطقه مورد مطالعه استخراج گردید (واحدهای فرعی)، در سطوح بالاتر با ادغام آنها واحدهای بزرگتر و یا به عبارتی ماکرو مورفولوژی لندفرم های منطقه تعیین شده است.

جدول۱ـ آستانه های ارائه شده توسط هاموند برای پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل*

ارتفاع نسبی	شیب	نوع پروفیل
۰ تا ۳۰ متر	بیش از ۸۰ درصد منطقه دارای شیب ملایم است.	بیش از ۷۵ درصد منطقه دارای شیب ملایم، جزء اراضی پست باشد.
۳۱ تا ۹۰ متر	بین ۵۰ تا ۸۰ درصد منطقه دارای شیب ملایم است.	بین ۵۰ تا ۷۵ درصد منطقه دارای شیب ملایم، جزء اراضی پست باشد.
۹۱ تا ۱۵۱ متر	بین ۲۰ تا ۵۰ درصد منطقه دارای شیب ملایم است.	بین ۵۰ تا ۷۵ درصد منطقه دارای شیب ملایم، جزء اراضی مرتفع باشد.
۱۵۲ تا ۳۰٤ متر	کمتر از ۲۰ درصد منطقه دارای شیب ملایم است.	بیش از ۷۵ درصد منطقه دارای شیب ملایم، جزء اراضی مرتفع باشد.
۳۰۵ تا ۹۱٤ متر	-	-
بیش از ۹۱٤ متر	-	-

*Manis, G., et al. (2000); Pre-classification: An Ecologically Predictive Landform, Remote Sensing/GIS Laboratory, College of Natural Resouurce, Utah State University, Logan.

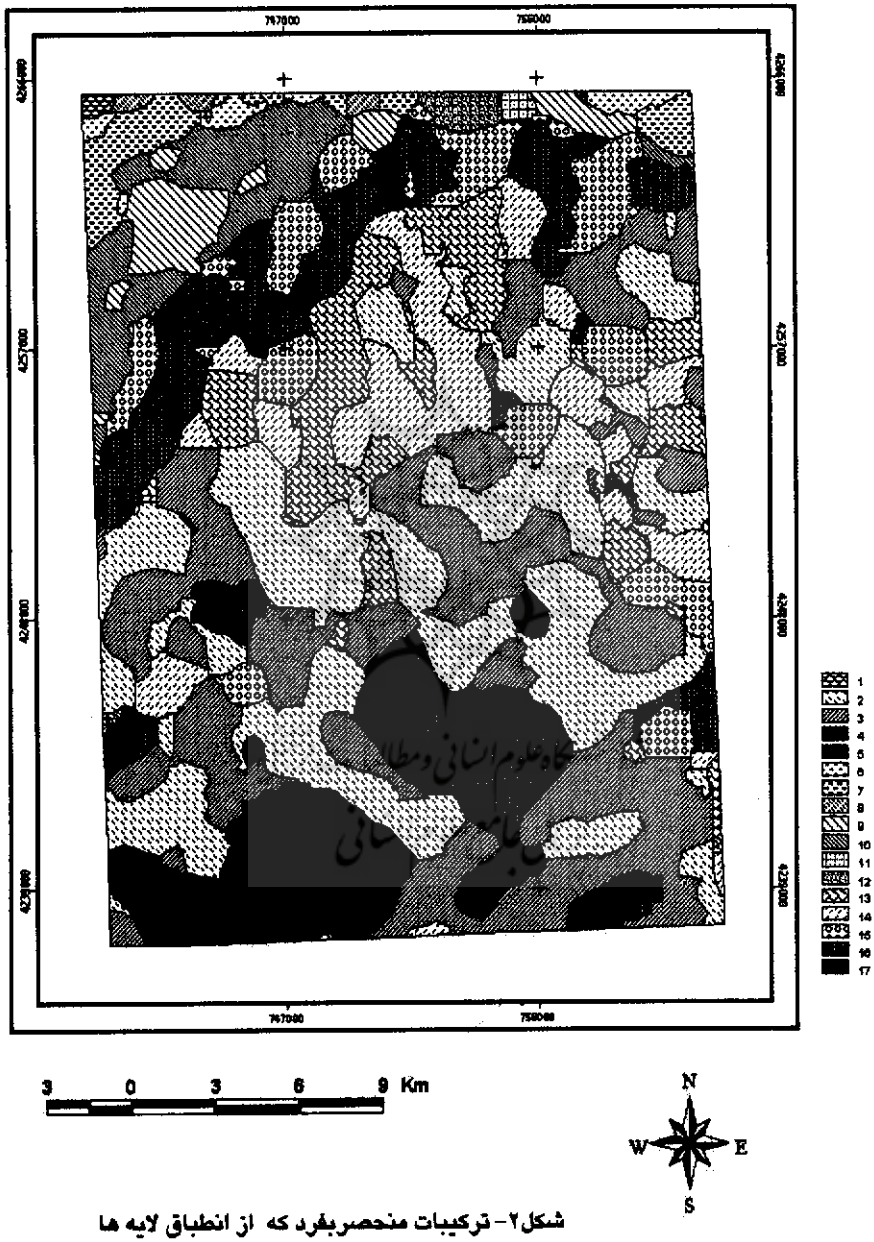
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتایج

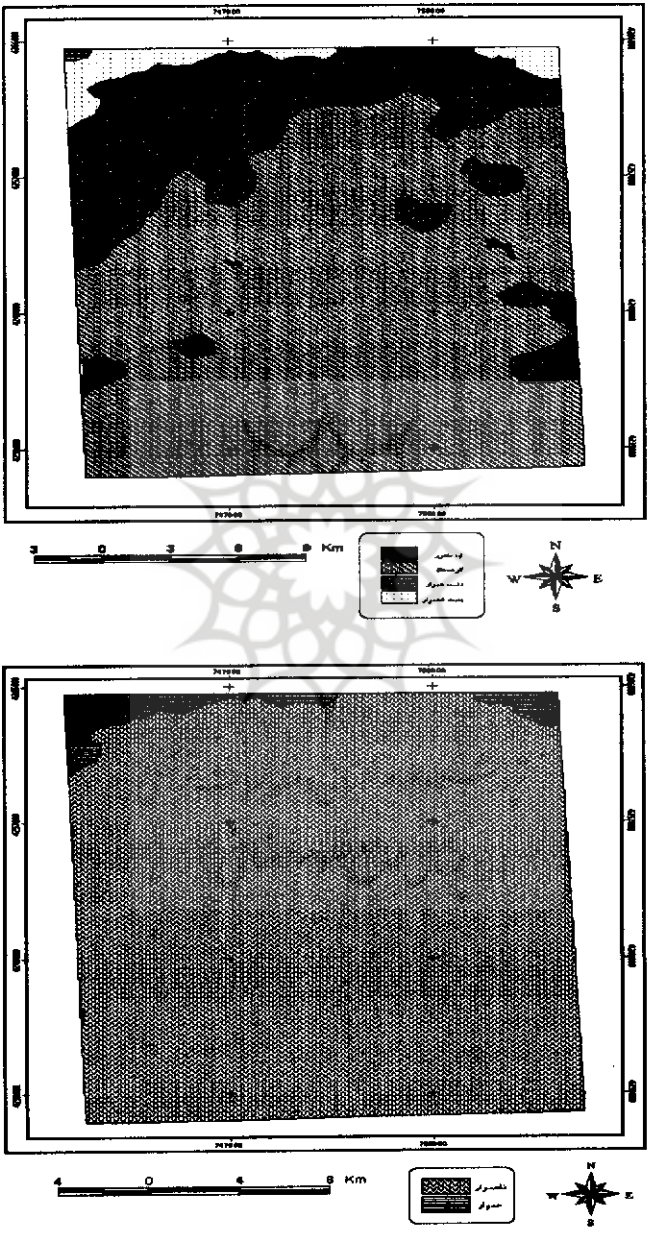
طبقه بندی مورفولوژی لندفرم ها به شیوه خودکار رویکردی جالب توجه است. نتایج حاصل از این روش طبقه بندی انطباق بسیاری با وضعیت واقعی مورفولوژی منطقه مورد مطالعه دارد. ملاحظه می گردد که در این روش طبقه بندی در ابتدایی ترین سطح، جزییات بسیاری از مورفولوژی منطقه قابل استخراج است. به طوری که جهت ایجاد تجسمی روشن از مورفولوژی منطقه، ناگزیر از تعمیم و ادغام طبقات مربوط به یک واحد مورفولوژی در یکدیگر هستیم. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، عمل تعمیم دادن و تعیین واحدهای اصلی مورفولوژی منطقه که با ادغام طبقات مربوط به یک واحد در یکدیگر صورت می گیرد، به آسانی امکان پذیرمی گردد.

جدول ۲ ـ طبقه بندی اطلاعات فرعی در سطح متفاوت

سطح ۲	سطح ۲	سطح ۱	کد
مناطق هموار	دشت هموار	دشت های کاملاً مسطح و بدون هیچ گونه عارضه	۱
	دشت های ناهموار	دشت های کاملاً مسطح و بدون عارضه که نسبت به مناطق کد ۱ در ارتفاع ٦۰ متری قرار دارد.	۸
		دشت های مسطح با نیمرخ مقعر که نسبت به مناطق کد ۱ در ارتفاع ٦۰ متری قرار دارد.	٦
		دشت های مسطح با نیمرخ محدب که نسبت به مناطق کد ۱ در ارتفاع ٦۰ متری قرار دارد.	۷
مناطق ناهموار	تپه ماهور ها	تپه های کم ارتفاع و ملایم با دامنه های مقعر (دره های باز مناطق تپه ماهوری کم ارتفاع)	۹
		تپه های کم ارتفاع و ملایم با دامنه های محدب	۱۰
		مناطق تپه ماهوری با دامنه های مقعر (دره های باز با مناطق تپه ماهوری)	۱۱
		تپه های با دامنه های محدب	۱۲
		تپه های مرتفع با دامنه های محدب	۱٦
		تپه های مرتفع با دامنه های مقعر (دره های باز مناطق تپه ماهوری مرتفع)	۱۵
	کوهستان	کوهستان بسیار مرتفع با دامنه های پرشیب و محدب	۱۷
		مناطق کوهستانی با دامنه های پرشیب و مقعر (دره های باز مناطق کوهستانی)	۲
		مناطق کوهستانی با دامنه های پرشیب و محدب	۳
		کوهستان های مرتفع با دامنه های پرشیب و مقعر (دره های بسته مناطق کوهستانی)	٤
		کوهستان های مرتفع با دامنه های پرشیب و محدب	۵
		کوهستان های کم ارتفاع با دامنه های پرشیب و مقعر (دره های باز کوهستان های کم ارتفاع)	۱۳
		کوهستان های کم ارتفاع با دامنه های پرشیب و محدب	۱٤



شکل۲- ترکیبات منحصربفرد که از انطباق لایه ها
حاصل شده اند و در واقع طبقات فرعی مورفولوژی



شکل ۳ ـ واحدهای اصلی مورفولوژی منطقه که در سطح بالاتر و ادغام طبقات فرعی حاصل شده است (الف و

نتایج حاصل از طبقه بندی مورفولوژی لندفرم های سطح زمین در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که از مجموع ترکیبات منحصر به فرد که احتمال وقوع آن می رود، حدود۳۰ ترکیب به صورت بالفعل رخ داده است. این مرحله اولین سطح شناسایی به شمار می رود که به دلیل بسیار بودن جزییات و نیز عدم نیاز به همه این جزییات سبب شده که با کمک استفاده از فیلتر اکثریت تعداد ۳۰ طبقه اولیه را به ۱۷ طبقه تقلیل دهیم. به این ترتیب در منطقه مورد مطالعه ۱۷ طبقه با مورفولوژی متفاوت شناسایی شده است که از وسعت و فراوانی قابل توجهی برخوردار می باشند. در این مطالعه به منظور ایجاد تجسمی روشن برای سایر محققین در سطوح بالاتر طبقه بندی، مناطقی که از حیث مورفولوژی شبیه به هم بوده و می توان آنها را در یک واحد ژئومورفولوژی عمده قرارداد، در یکدیگر ادغام شده است. فرایند ذکرشده برای منطقه مورد مطالعه در۳ سطح انجام شده است (جدول۲، اشکال ۲ و ۳).

در این نوع طبقه بندی به دلیل ارائه تعاریف واضح و روشن از خصوصیات مورفولوژیکی لندفرم ها، فرایند شناسایی به سادگی انجام می گیرد. همچنین امکان پرسش کردن از اطلاعات حاصل از طبقه بندی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی از مزایای این روش است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به این که روش های متفاوتی برای اندازه گیری و شناسایی مورفولوژی لندفرم ها وجود دارد، لزوم ارائه تعاریف مناسب و واضح برای انواع متفاوت مورفولوژی احساس می شود. برای مثال مورفولوژی دشت های کاملاً مسطح به صورت سطوح با شیب کمتر از ۸ درصد و ارتفاع نسبی کمتر از۳۰ متر و نیمرخ مستقیم، تعریف می شوند. موضوع مهم در این زمینه آستانه های مورد استفاده برای طبقه بندی پارامترهای شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل می باشد که در این مطالعه از آستانه های تعیین شده توسط هاموند استفاده شده است. در این خصوص می توان سایرآستانه ها را نیز مورد آزمایش قرار داد و نتایج آنها را مقایسه نمود و در نهایت مناسب ترین آنها را که انطباق بیشتری با واقعیت و اهداف مورد نظر دارند، مورد استفاده قرار داد. برای مثال، در زمینه آستانه های شیب از سوی «اتحادیه بین المللی جغرافیا»[1] نیز دامنه‌هایی ارائه شده که در این نوع

[1]. IGU= International Geography Union

مطالعات نیز می توانند مورد استفاده و تحقیق قرار گیرند. در هر حال در این زمینه نیز توافق عمومی وجود ندارد و به طور کلی آستانه های مورد استفاده متاثر از مقیاس نقشه نهایی و اهداف پروژه می باشند.

با استفاده از روش خودکار که مبنای آن را روش های دستی تشکیل می دهند، روش های متعدد و پیشرفته تری نیز به وجود آمده اند. به این ترتیب نقش روش های دستی در متحول ساختن روش های خودکار قابل توجه است. با تغییر در آستانه های مورد استفاده می توان پدیده های بیشتری (مثل‌مخروط‌های آتشفشانی) را به طور خودکار شناسایی و استخراج نمود اما در هر حال این موضوع پیچیده ترشدن اطلاعات حاصل از مرحله انطباق لایه ها را در پی خواهد داشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

الف ـ منابع فارسی

🕮 احمدی، حسن (۱۳۷۴)؛ **ژئومورفولوژی کاربردی (جلداول)**، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

🕮 رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳)؛ **ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای**، تهران: نشرقومس.

🕮 ـ ـ ـ ـ ـ (۱۳۷۷)؛ **ژئومورفولوژی و مدیریت محیط**، ترجمه شاپور گودرزی نژاد، تهران: انتشارات سمت.

🕮 علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۰)؛ **ژئومورفولوژی ایران**، تهران: نشرقومس.

🕮 نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰؛ ورقه نقدی بالا (به شماره۵۵۶۶-I)؛ سازمان جغرافیایی ارتش.

ب ـ منابع خارجی

🕮 Brabyan, L. (1998); GIS: "Analysis of Macro Landform", Presented at the 10th **Colloquium of the Spatial Information,** Research Center, University of Otago, New Zealand, 16-19 November.

🕮 Band, L. E. (1986); "Topographic Partitioning of Watershed with Digital Elevation Models", **Water Resource Res.**, 22: 15-24.

🕮 Dikau, R. (1989); "The Application of a Digital Relief Model to Landform Analysis", In: Raper, J. F. (ed) 1989 **Three Dimensional Application in Geographical Information System**, Taylor and Francis, London: 51-77.

🕮 Dikau, R., E. E Brabb and R. M. Mark (1991); **Landform Classification of New Mexico by Computer**, U.S. Dept. Interior, U. S. Geological Survey, Open-file report: 91-634.

- Hammond, E. H.(1954); "Small Scale Continental Landform Maps", **Annals of Association of American Geographers**, 44: 32-42.
- Hammond, E. H. (1964); "Analysis of Properties in Landform Geography: An Application to Broad Scale Landform Mapping", **Annals of Association of American Geographers**, 54: 11-19.
- Halls, J, R. (1978); "Applied Geomorphology", **Elsevier Scientific Publishing Company**, 417: 277-317.
- Manis, G. J. Lowry and R. D. Ramsey (2000); Preclassification: **An Ecologically Predictive Landform,** Remote sensing/ GIS Laboratory, College of Natural Resource, Utah State University, Logan.
- Romstad, B. (2000); **Improving Relief Classification whit Contextual Merging**, Department of Physical Geography, University of Oslo.
- Sulebak, J, R. (2000); **Application of Digital Elevation Models**, Department of Geograhpic Information Technology. SINEF, Institute of Applied Mathematics.
- Summerfield, M. A. (1994); **Global Geomorphology**, Longman Scientific Technical.
- Selby, M, J. (1985); **Earths Changing Surface**, Oxford University Press.
- Wood, J. (1996). The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models. PhD. Thesis, Department of Geography, University of Leicester, UK.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی