سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال سوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۰
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.3, No.4, Winter 2012

۸۱-۹۴

تعیین پنجره همسایگی مناسب برای تحلیل همسایگی

مرتضی رعیتی دماوندی*[۱]، بهرام ثقفیان[۲]، مجتبی غروی[۳]

۱. دانشجوی دکتری عمران ـ آب، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲. استاد دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران
۳. استادیار دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۵/۱۶

چکیده

استفاده روزافزون از داده‌های شبکه‌ای (رستری) در مطالعات علوم زمینی و با برآوردهای هیدرولوژیک، ضرورت استخراج هر چه دقیق‌تر این داده‌ها را به کمک روش‌های مبتنی بر علوم ریاضی و به‌ویژه زمین‌آماری دوچندان کرده است. از آنجا که داده‌های رستری معمولاً از میان‌یابی داده‌های نقطه‌ای و یا پردازش تصاویر ماهواره‌ای تهیه می‌شوند، لذا استفاده از تحلیل همسایگی در استخراج و یا تدقیق آنها تقریباً اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. از سویی در هر تحلیل همسایگی، انتخاب و یا معرفی پنجره (وسعت) همسایگی مناسب (از نظر شکل و اندازه) از موارد درخور توجه است. از آنجا که اغلب از اشکال مربعی و یا دایره‌ای (به‌صورت پیش‌فرض) برای پنجره همسایگی استفاده می‌گردد، لذا در تحقیق حاضر به شرایط پذیرش این پیش‌فرض و همچنین به نحوه تعیین شکل مناسب پنجره همسایگی پرداخته شده است. برای این منظور، استفاده از شکل نیم‌تغییرنمای سطحی (استخراج‌شده از روش زمین‌آماری) پیشنهاد گردیده است. اعتبارسنجی روش پیشنهادی نیز با تعیین نواحی مسطح در حوضه رود زرد خوزستان و همچنین استخراج شبکه آبراهه‌ای در حوضه معرف والنات گالچ (WGEW) واقع در ایالت آریزونای امریکا به انجام رسیده است. نتایج نشان دادند که استفاده از شکل مناسب (بیضوی) برای پنجره همسایگی در استخراج لایه شکل زمین (landform) حوضه رود زرد، منجر به تغییر ۲۸ درصدی (۹۳ کیلومترمربع) وسعت نواحی مسطح در مقایسه با استفاده از پنجره مربعی‌شکل می‌گردد، که قطعاً این تغییر وسعت برای اهداف مدیریتی اراضی این حوضه تأثیرگذار خواهد بود. همچنین، استفاده از شکل پنجره همسایگی پیشنهادی در حوضه WGEW نیز منجر به انطباق ۹۶ درصدی شبکه آبراهه‌ای موجود (واقعی) با شبکه آبراهه‌ای استخراجی از لایه شکل زمین، در مقایسه با استفاده از پنجره دایره‌ای شکل گردیده است.

کلیدواژه‌ها: لایه‌های رستری، تحلیل همسایگی، زمین‌آمار، نیم متغیر نمای سطحی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، نارمک، خیابان فرجام، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران

Email: M_rayati@iust.ac.ir

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، مطالعات علوم زمینی برای مدیریت بهتر منابع آب از نظر بهره‌برداری و یا کنترل خسارات طبیعی، ضرورت استفاده از داده‌های مکانی را در قالب لایه‌های شبکه‌ای (رستری) دوچندان کرده است. از آنجا که لایه‌های رستری معمولاً از میان‌یابی داده‌های نقطه‌ای و یا پردازش تصاویر ماهواره‌ای تهیه می‌شوند، لذا تعیین اندازه مناسب سلول، انتخاب روش میان‌یابی و انجام تحلیل همسایگی از موارد درخور توجه به شمار می‌آیند. در انتخاب اندازه مناسب سلول بایستی گفته شود که اغلب لایه‌های رستری ویژگی‌های زمینی، از نقشه‌های برداری[1] نقطه‌ای و به کمک روش‌های میان‌یابی تهیه می‌گردند. این نقشه‌ها نیز بسته به نوع مشخصه زمین و امکانات در دسترس با مقیاس‌های مختلفی تهیه می‌شوند. لذا در استخراج یک لایه رستری بایستی رابطه و یا تناسب خاصی بین اندازه سلول این لایه با مقیاس نقشه‌های برداری مرتبط وجود داشته باشد، لیکن معمولاً این اندازه برحسب تجربه و یا نیاز کاربر انتخاب می‌گردد. بنا به توصیه Blöschle and Sivapaln (2005) بایستی تناسب بین مقیاس داده‌های مشاهداتی (مکانی و زمانی)، مقیاس (وسعت) مدل‌سازی و مقیاس فرآیند مورد مطالعه رعایت گردد. از آنجا که در تهیه لایه‌های رستری، مقیاس داده‌های مشاهداتی مکانی، اندازه (وسعت) سلول است، لذا این وسعت می‌بایست متناسب با دو مقیاس دیگر انتخاب گردد. رعایت این تناسب در مرحله پردازش اطلاعات و تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور استخراج لایه رستری مرتبط نیز ضروری است.

استفاده از روش میان‌یابی مناسب در تعمیم اطلاعات نقطه‌ای به سطح، از دیگر موارد مهم در تهیه لایه رستری قلمداد می‌شود. شاید بتوان گفت امروزه به‌کارگیری روش‌های زمین‌آماری در تخمین نقاط مجهول و تعمیم اطلاعات تقریباً اجتناب‌ناپذیر است. افزون بر موارد اشاره‌شده، استخراج یک لایه رستری از نقشه‌های برداری، تصاویر ماهواره‌ای و یا از لایه‌های رستری پایه، نیاز به انجام تحلیل همسایگی دارد، زیرا به نظر Robbez-Masson et al., (1999) مقدار هر سلول بایستی نماینده واقعی از محدوده‌ای در اطراف خود باشد. ضرورت استفاده از تحلیل همسایگی را در تأمین نمایندگی مذکور می‌توان در دو مورد اساسی بیان کرد. نخست اینکه، در تحلیل همسایگی، روند تغییرات مقدار یک مشخصه زمینی در محدوده معینی از همسایگی نقاط (در نقشه نقطه‌ای) و یا سلول‌ها (در تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های رستری پایه) بررسی می‌گردد و رصد کردن روند مذکور، در تولید لایه رستری نیز نمود پیدا می‌کند. دوم، در تحلیل همسایگی نیاز به توصیف‌گر همسایگی مناسب است و این توصیف‌گر بسته به نوع لایه رستری که قرار است تهیه گردد، انتخاب شود.

شایان ذکر است که در اغلب نرم‌افزارهای GIS-Based. تعمیم اطلاعات نقطه‌ای به سطح به کمک انواع روش‌های میان‌یابی امکان‌پذیر است. در این نرم‌افزارها پیش از انتخاب روش میان‌یابی برای تخمین نقاط مجهول، از کاربر خواسته می‌شود با انتخاب شکلی نظیر دایره، مستطیل، بیضی و مانند اینها، به‌ترتیب مقدار شعاع، طول و عرض و یا اقطار را به همراه تعداد نقاط معلومی که در میان‌یابی مشارکت می‌کنند، وارد کند. ضمن اینکه با انتخاب اشکالی غیر از دایره و مربع، وارد کردن راستای طولی و یا قطر بزرگ و مانند آن نسبت به شمال جغرافیایی نیز جزء خواسته‌های نرم‌افزار از کاربر به‌شمار می‌آید، هر چند در راهنمای این نرم‌افزارها مبنا و معیاری برای انتخاب این شکل که در حقیقت همان پنجره همسایگی است، پیشنهاد نشده است. لذا به‌نظر نگارندگان، شکل پنجره همسایگی بایستی متناسب با نحوه همسان‌گردی[1] و یا ناهمسان‌گردی مقدار یک مشخصه زمینی در اطراف نقاط / سلول‌ها تعیین و یا انتخاب گردد. به‌عنوان نمونه انتخاب پنجره دایره‌ای و یا مربعی‌شکل در تحلیل

1. Vector maps

همسایگی می‌تواند به این معنی باشد که شدت تغییرات مقدار یک پارامتر و یا متغیر در اطراف نقاط / سلول‌ها در تمامی جهت‌ها (۸ گانه) تقریباً یکسان است. انتخاب پنجره مستطیلی‌شکل و یا بیضوی نیز مبین این است که تغییرات مقدار پارامتر / متغیر در یک جهت بیشتر از جهت عمود بر آن است.

از کاربردهای عملی استفاده از تحلیل همسایگی، می‌توان به روش پیشنهادی Weiss (2001) برای استخراج لایه رستری شکل عرصه‌های زمینی (Landforms) اشاره کرد. وی در روش پیشنهادی خود، ابتدا از تحلیل همسایگی خاصی استفاده کرده و شاخص موقعیت توپولوژیک[2] (TPI) را ارائه کرده است. سپس به‌وسیله این شاخص، عرصه‌های زمینی طبقه‌بندی شدند و در قالب لایه رستری شکل زمین، آنها را تفکیک کرد. اساس تعیین این شاخص بر مقایسه ارتفاع یک سلول با متوسط ارتفاع سلول‌های اطراف خود در داخل یک پنجره همسایگی در اطراف نقاط (سلول‌ها) بنا گردیده است. آن‌چنان که در ادامه نشان داده می‌شود. در تعیین شاخص مذکور از تحلیل همسایگی استفاده می‌شود، که در آن شکل و اندازه پنجره همسایگی جایگاه ویژه‌ای دارد. با وجود اینکه شکل‌های آماده مختلفی به‌صورت پیش‌فرض و یا محیط گرافیکی آسان برای وارد کردن شکل دلخواه کاربر در نرم‌افزار پیشنهادی Weiss فراهم بوده، اما معیاری برای نحوه انتخاب شکل پنجره ارائه نشده است.

Judex et al. (2006) به کمک تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار Bentic Terrain Modeller (برنامه الحاقی به ArcGIG) و همچنین از روش طبقه‌بندی حداکثر درست‌نمایی نظارت‌شده[3] استفاده کردند تا دقت نقشه‌های رستری دسته‌بندی پوشش سطح زمین را بهبود بخشند. آنان در بهبودبخشی مورد نظر خود، علاوه بر داده‌های حاصل از برداشت‌های میدانی، از مقدار شاخص TPI سلول‌ها نیز به‌عنوان داده‌های اضافی در قسمت داده‌های آموزشی استفاده کردند. در گزارش ایشان با فرض مربعی بودن شکل پنجره همسایگی، تحلیل همسایگی مرتبط انجام گردید.

Zhu et al. (2007) تأثیر اندازه پنجره همسایگی بر روی مشتقات عوارض زمینی (نظیر شیب، جهت شیب، انحنا و جز آن) را به‌منظور پهنه‌بندی رقومی خاک مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، از لایه مدل ارتفاعی رقومی[4] (DEM) و یک معادله چندجمله‌ای مرتبه دوم که در آن ارتفاع نقاط (Z) تابعی از مختصات مکانی سلول‌ها در پلان (X,Y) است، استفاده گردید. آنان به کمک تحلیل همسایگی و با فرض مربعی بودن شکل پنجره همسایگی، ابعاد پنجره را برای استخراج مشتقات مذکور، بهینه کردند.

Dehotin and Braud (2008) موضوع ضرورت گسسته‌سازی حوضه‌های بزرگ را به تعداد نواحی همگن پیش از برآوردهای هیدرولوژیک و یا به‌کارگیری مدل‌های توزیعی مطرح کردند در روند انجام گسسته‌سازی پیشنهادی ایشان، یکی از مراحل اصلی استفاده از تحلیل همسایگی، بهره گرفتن از پنجره همسایگی است. هر چند ایشان نیز از پنجره مربعی‌شکل در تحلیل همسایگی مورد نظرشان استفاده کردند، ولی بر ضرورت تعیین معیاری برای انتخاب اجزای سه‌گانه پنجره همسایگی یعنی شکل، ابعاد و توصیف‌گر همسایگی در هر تحلیل همسایگی تأکید ورزیده‌اند. همچنین به نظر آنان، نکته بسیار مهم در انتخاب اندازه سلول یک لایه رستری و وسعت پنجره همسایگی این است که این دو انتخاب بایستی متناسب با مقیاس داده‌های مشاهداتی، وسعت مدل‌سازی و مقیاس فرآیند مورد مطالعه باشد. به‌عنوان مثال ذکر کردند از آنجا که مطالعه فرآیند نفوذ در طبیعت معمولاً در سطوحی کوچک انجام می‌شود، لذا چنانچه اندازه سلول در حد ۱ الی ۵ متر و وسعت پنجره همسایگی ۳

1. Isotropy
2. Topological Position Index
3. Supervised Maximum Likelihood (ML) Classification
4. Digital Elevation Model

الی ۵ برابر وسعت سلول انتخاب گردد منطقی به‌نظر می‌رسد. Methieu et al. (2009) از تحلیل همسایگی لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) برای تعیین مرز و استخراج شبکه آبراهه‌ای حوضه استفاده کردند. آنان نیز در این تحلیل پنجره همسایگی را مربعی‌شکل فرض کردند و برای تعیین مرز حوضه، استفاده از آماره (توصیف‌گر) حداکثری (Majority) و برای استخراج شبکهٔ آبراهه‌ای استفاده از آماره حداقلی (Minority) را در این پنجره (مربعی‌شکل) پیشنهاد کردند.

البته با توجه به نمونه‌های اشاره‌شده، به‌نظر می‌رسد عمومیتی در انتخاب پنجره مربعی شکل در گزارش پژوهشگران وجود دارد و در نرم‌افزارهای GIS-Based در منوی تحلیل همسایگی نیز به‌عنوان پیش‌فرض می‌توان آن را یافت. علت این انتخاب / فرض را می‌توان در وجود پیوستگی مشخصه‌های زمینی در اطراف یک نقطه / سلول دانست. لیکن شاید بتوان گفت که اعتبار مربعی بودن شکل پنجره همسایگی در مواردی است که اندازه سلول به همراه ابعاد پنجره همسایگی کوچک و یا اینکه وسعت مورد مطالعه محدود باشد، زیرا اغلب در حوضه‌ها روند تغییر مقدار یک مشخصه زمینی جهت‌دار و امتداد این جهت در حوضه‌های نسبتاً بزرگ و یا بزرگ در مناطق مختلف نیز متفاوت است. بدین خاطر در برخی از حوضه‌ها لازم است محدوده حوضه را به تعدادی مناطق با درجه معینی از همگنی تفکیک کرد و سپس تحلیل همسایگی مورد نیاز را انجام داد؛ که در مطالعه Wolock et al. (2004) به این موضوع پرداخته شده است. در مطالعه ایشان دسته‌بندی نواحی چشم‌اندازی هیدرولوژیک[1] (HLRs) به کمک تحلیل همسایگی و روش خوشه‌بندی مدنظر قرار گرفت. آنان ابتدا محدوده مورد مطالعه را از نظر بازه ارتفاعی گسسته‌سازی کردند و سپس تحلیل همسایگی مورد نیاز را برای دسته‌بندی مذکور انجام دادند. البته با انجام گسسته‌سازی مذکور، لزوماً شکل پنجره انتخابی مربعی نخواهد بود، لیکن شکل آن متناسب با نواحی محدودشده (با درجه معینی از همگنی) خواهد بود.

به‌عنوان جمع‌بندی می‌توان گفت که تحقیق حاضر، معیاری را برای تعیین شکل مناسب پنجره همسایگی هدف‌گذاری کرده است. دست‌مایه این تحقیق نیز روش پیشنهادی Weiss (2001) برای استخراج لایه رستری شکل زمین است. ضمن اینکه از ایده گسسته‌سازی Wolock et al. (2004) برای کسب نتایج مطلوب‌تر از تحلیل همسایگی استفاده می‌گردد. برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی نیز شناسایی نواحی مسطح در حوزه رود زرد و استخراج شبکه آبراهه‌ای حوضه معروف والنات گالچ[2] (WGEW) مدنظر است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی حوضه‌های منتخب

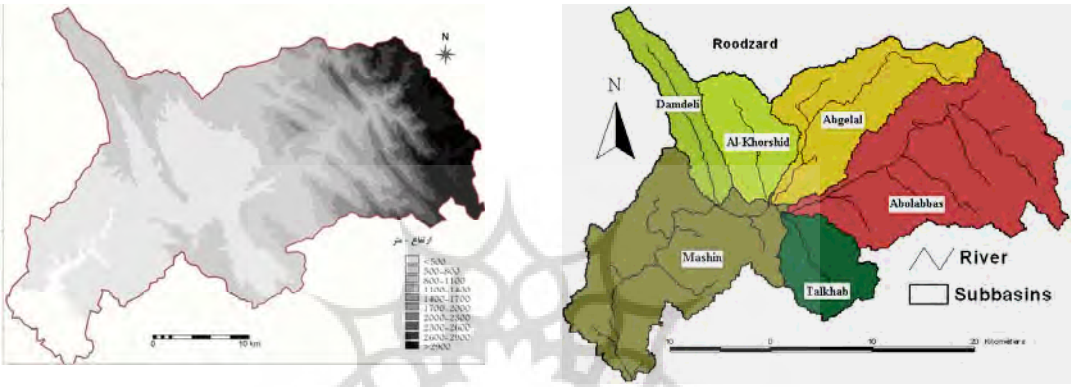
الف) حوضه رود زرد خوزستان: این حوضه در جنوب غرب ایران و در شرق خوزستان با موقعیت ($31^{\circ}31'N, 49^{\circ}55'E$) در بین رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. محدوده ارتفاعی حوضه بین ۳۴۰ متر در خروجی حوضه تا ۳۳۰۰ متر در ارتفاعات شمال شرقی حوضه و ارتفاع متوسط و میانه حوضه به ترتیب ۱۴۴۸ و ۱۱۷۷ متر است. در شکل ۱ محدوده حوضه، زیرحوضه‌ها و همچنین لایه رستری مدل ارتفاعی رقومی[3](DEM) این حوضه با اندازه سلول ۱۰۰ متر نشان داده شده است.

ب) حوضه WGEW: این حوضه معرف یکی از زیرحوضه‌های رود Upper SanPedro واقع در جنوب شرقی ایالت آریزونای امریکا با موقعیت ($31^{\circ}45'N, 110^{\circ}03'W$) است (شکل ۲). وسعت حوضه حدود $150 km^2$ و دارای انواع تجهیزات اندازه‌گیری به‌صورت متراکم برای مطالعات هیدرولوژیک است، که به‌واقع آزمایشگاهی صحرایی در مطالعات هیدرولوژیکی برای نواحی نیمه‌خشک دنیا

1. Hydrologic Landscape Regions (HLRs)
2. Walnut Gulch Experimental Watershed
3. Digital Elevation Model (DEM)

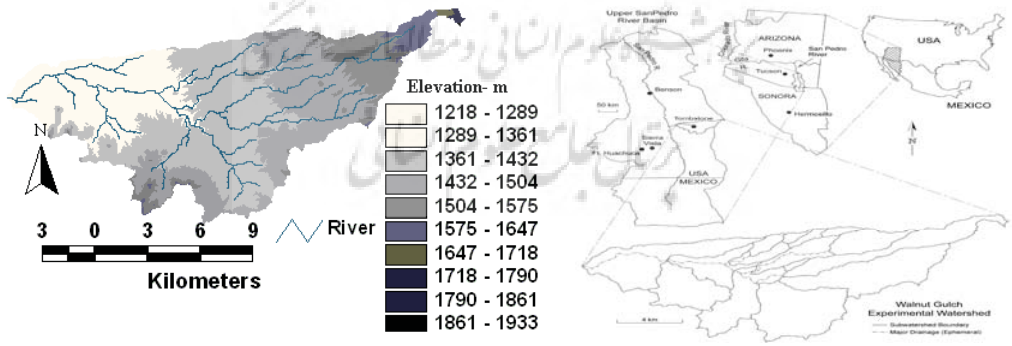
محسوب می‌شود. مقالات مختلفی در تأیید اصالت و دقت نقشه‌ها، اطلاعات مشاهداتی و ویژگی‌های زمینی و اقلیمی آن در نشریات معتبر دنیا به چاپ رسیده است (Heilman et al., 2008).

به‌عنوان نمونه در این حوضهٔ نسبتاً کوچک، ۹۰ ایستگاه باران‌سنجی ثابت و معمولی وجود دارد. شایان ذکر است که بخش زیادی از اطلاعات هیدرولوژیکی این حوضه شامل: فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و هواشناسی و همچنین برخی گزارش‌ها و تحقیقات انجام‌شده در آن از سایت http://www.tucson.ars.ag.gov/dap قابل دریافت است. در پژوهش حاضر نیز از لایه رستری DEM با اندازه سلول ۱۰ متر (شکل ۲ (ب)) و همچنین لایه شبکه آبراهه‌ای این حوضه استفاده شده است.



(ب) (الف)

شکل ۱. (الف) مرز حوضه، موقعیت زیر حوضه‌ها و آبراهه‌های حوضه‌رود زرد؛ (ب) لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه



(ب) (الف)

شکل ۲. (الف) موقعیت حوضه معرف WGEW (ب) لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه WGEW

۲-۲- روش تحقیق

روش تحقیق مبتنی بر تشریح پنجره همسایگی مورد نیاز در تحلیل همسایگی است. ضمن اینکه روش زمین‌آماری به‌نام نیم‌تغییرنمای برای تعیین شکل مناسب پنجره همسایگی نیز پیشنهاد می‌گردد. در ادامه نیز به شاخص TPI، نحوه طبقه‌بندی عرصه‌های زمینی و استخراج لایه رستری شکل زمین که Weiss (2001) پیشنهاد کرده است، مختصراً اشاره می‌گردد. برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی هم از لایه رستری شکل زمین در حوضه‌های منتخب استفاده می‌گردد.

۲-۲-۱- شکل پنجره همسایگی

از آنجا که نرخ تغییرات مشخصه‌های زمینی نظیر ارتفاع، پوشش گیاهی و مانند اینها در جهت‌های مختلف جغرافیایی در کل و یا مناطق مختلف حوضه‌ها متفاوت است، لذا تحلیل همسایگی نقاط / سلول‌ها ـ با هر هدفی ـ تحت تأثیر این موضوع خواهد بود. به‌عبارتی وارد کردن شکل پنجره همسایگی در تحلیل همسایگی، با هدف پیدا کردن روند نرخ تغییرات یک مشخصه زمینیِ مفروش در اطراف نقاط / سلول‌ها در محدوده‌ای معین و با شکلی خاص انجام می‌گیرد. بدین خاطر اگر تحلیل همسایگی ویژگی‌های زمینی به‌وسیله روش‌های آمار کلاسیک (به‌صورت تصادفی) انجام گیرد، می‌تواند موجب عدم قطعیت‌های فراوانی در نتایج خروجی گردد. از این رو، در دهه‌های اخیر به‌کارگیری و توسعه روش‌های زمین‌آماری در تعمیم اطلاعات، رشد روزافزون پیدا کرده است. نگارندگان نیز برای تبیین و تعیین شکل پنجره همسایگی استفاده از آماره نیم‌تغییرنمای[1] را پیشنهاد می‌کنند. این آماره برای تعیین و ترسیم واریانس داده‌های شبکه‌های منظم و یا غیرمنظم از داده‌های رستری و یا نقطه‌ای، به ازای فواصل معین استفاده می‌شود و رابطه ریاضی آن به‌صورت رابطه (۱) است (Journel and Hujibregts, 1978).

$$\hat{\lambda}(h) = \sum (z_i - z_{i+h})^2 / 2n \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه $\hat{\lambda}(h)$ مقدار نیم‌تغییر نمای تمامی زوج نقاطی است که با فاصله معین h در جهت مورد نظر و یا تمامی جهت‌ها از یکدیگر قرار دارند، z_i و z_{i+h} به‌ترتیب مقدار داده / ویژگی زمین در نقطه i و به‌فاصله h از نقطه i، $\sum (z_i - z_{i+h})^2$ مجموع مربعات اختلاف تمام زوج داده‌های با فاصله h از یکدیگر و نهایتاً n تعداد این زوج نقاط است.

چنانچه نقشهٔ نقطه‌ای از یک مشخصه زمینی در دسترس باشد، عملاً به تعداد زوج نقاط ممکن فاصله و جهت وجود خواهد داشت که برخی از آنها تکراری و یا مشابه هستند. اگر مقدار $\hat{\lambda}(h)$ در تمامی جهت‌ها به ازای تعدادی از مضرب h (فاصله دلخواه در نقشه نقطه‌ای و یا اندازه سلول در نقشه رستری) محاسبه گردد و این مقادیر به‌صورت یک لایه رستری نمایش داده شوند به شکل حاصل نیم‌تغییرنمای سطحی گویند. این شکل آن‌چنان که در ادامه نشان داده شده، به‌خوبی نمایانگر روند تغییرات مقدار یک مشخصه زمینی در اطراف تمامی نقاط / سلول‌ها واقع در لایه (نقطه‌ای و یا رستری) مرتبط تا فاصله دلخواه کاربر است. بنابراین از شکل نیم‌تغییرنمای سطحی می‌توان برای انتخاب شکل پنجره همسایگی استفاده کرد.

از آنجا که برای تهیه نقشهٔ نیم‌تغییرنمای سطحی نیاز به در نظر گرفتن مقدار h به همراه تعداد آن به‌وسیله کاربر است، در تهیه این نقشه برای یک لایه نقطه‌ای، معمولاً مقدار h برحسب تجزیه و نیاز کاربر تعیین می‌گردد، ولی برای یک لایه رستری، مقدار h معمولاً برابر اندازه سلول همان لایه رستری است. برای وارد کردن تعداد h (فاصله) نیز در هر دو حالت (لایه نقطه‌ای و یا رستری) پیشنهاد می‌شود که بهتر است این تعداد متناسب با ابعاد پنجره (محدوده) همسایگی مورد نظر کاربر انتخاب گردد.

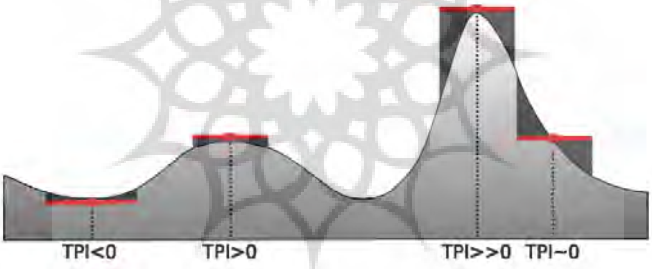
۲-۲-۲- شاخص موقعیت توپولوژیک (TPI)

ابتدا لازم است اشاره گردد که شاخص موقعیت توپولوژیک (TPI) پیشنهادیِ Weiss (2001) با شاخص

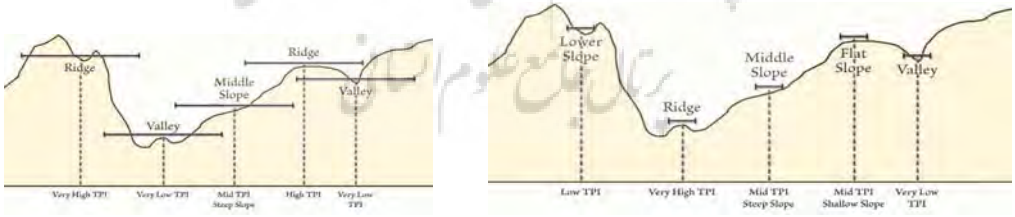
توپولوژیک (TI) پیشنهادیِ Beven and Kirkby (1979) که معرف تمایل یک سطح / سلول به اشباع شدن است، تفاوت دارد. با تهیه لایه رستری شاخص TPI هر حوضه می‌توان لایه شکل عرضه زمین[1] (نواحی تپه ماهور، دشت و مانند آن) حوضهٔ ذی‌ربط را استخراج کرد. همچنین با تولید لایه‌های رستری شیب و شاخص TPI حوضه، کاربر می‌تواند لایه رستری وضعیت شیب[2] (نوک قله، کف دره و جز آن) سلول‌ها را نیز تهیه کند.

مقدار این شاخص براساس اختلاف ارتفاع هر سلول با متوسط ارتفاع اطراف خود در پنجره همسایگی تعیین می‌گردد. مطابق شکل ۳، مقادیر مثبت این شاخص، به‌معنی بالاتر بودن یک سلول از متوسط ارتفاع سلول‌های اطراف خود و در محدوده پنجره همسایگی است و مقادیر منفی، معرف پایین‌تر بودن آن سلول از متوسط ارتفاع اطراف خود است.

همچنین مطابق شکل ۳، مقدار صفر این شاخص نیز در حالت مسطح بودن یک سلول و یا در حالت یکنواخت و یک‌جهته بودن شیب در بالادست و پایین‌دست یک سلول، حاصل می‌گردد. نکته درخور توجه آن است که در تعیین این شاخص نیاز به انتخاب یک پنجره همسایگی است. مقدار این شاخص و به‌دنبال آن نوع شکل زمینی که با این شاخص نام‌گذاری می‌گردد، به‌شدت به ابعاد (وسعت) پنجره انتخابی وابسته است. مطابق شکل ۴، یک عارضه ارتفاعی (البته در وسعت سلول) در حالت انتخاب پنجره همسایگی کوچک به‌عنوان خط‌الرأس (Ridge) و در اندازه پنجره بزرگ (Valley) قابل نام‌گذاری است. این موضوع اهمیت پنجره همسایگی را (از نظر شکل و ابعاد) در تعیین این شاخص پیشنهادی نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمایش گرافیکی مقدار TPI (Judex et al., 2006)



پنجره همسایگی بزرگ　　پنجره همسایگی کوچک

شکل ۴. نمایش عوارض ارتفاعی نقاط در دو انتخاب ابعاد برای پنجره همسایگی (Weiss, 2001)

1. Landform Category
2. Slope position

لازم به‌ذکر است برای تهیه لایه TPI با داشتن لایه DEM می‌توان از برنامه الحاقی TPI در نرم‌افزار ArcView۳.x استفاده کرد. در این برنامه که از تحلیل همسایگی استفاده می‌کند، برای تهیه لایه رستری TPI، پس از انتخاب کل پنجره همسایگی ابعاد این پنجره نیز بایستی به‌وسیله کاربر معین گردد. برای این منظور می‌توان شکل دلخواهی به برنامه معرفی کرد و یا اینکه از اشکال آماده بهره گرفت. یادآور می‌گردد، انتخاب پنجره دایره‌ای به‌معنی این است که فرض می‌گردد نرخ تغییرات ارتفاعی در اطراف یک سلول در جهت‌های مختلف تقریباً یکسان است. ولی انتخاب پنجره مستطیلی به ابعاد (x,y; ۳ × ۶) به‌معنی این است که میزان تغییرات ارتفاعی در جهت طولی (x) تقریباً برابر نصف میزان آن در جهت عرضی (y) است.

۲-۲-۳- استخراج لایه شکل زمین با شاخص TPI

برای استخراج لایه شکل زمین می‌توان از برنامه الحاقی TPI استفاده کرد. نکته درخور ذکر اینکه، کاربر بایستی ابتدا با انتخاب یک پنجره کوچک و یک پنجره بزرگ همسایگی، دو لایه رستری TPI تولید کند. علت استفاده از دو پنجره (بزرگ و کوچک) در حصول اطمینان از اتلاق عارضه‌ای زمینی به سطح (سلول) است. به‌عنوان نمونه، به‌منظور اطمینان از اینکه سلولی یک خط‌الرأس (Ridge) را نمایندگی می‌کند بایستی هر دو مقدار TPI آن سلول که با در نظر گرفتن هر دو پنجره (کوچک و بزرگ) به‌دست می‌آیند، مثبت و تقریباً بزرگ باشد. اما اگر سلولی در پنجره همسایگی کوچک دارای مقدار TPI زیاد و در پنجره همسایگی بزرگ دارای مقدار TPI کم باشد، بایستی آن سلول (سطح) را به‌عنوان تپه / برآمدگی (Hill) در یک دره (Valley) دسته‌بندی کرد. مثال دیگر اینکه چنانچه سلولی دارای مقدار کم TPI در پنجره کوچک و مقدار نسبتاً زیاد TPI در پنجره بزرگ باشد، بایستی آن را یک چاله (Pit) و یا زهکش در منطقه مرتفع[1] دسته‌بندی کرد. البته، با توجه به اینکه ایده جالبی در این دسته‌بندی سطوح زمینی ارائه گردیده، معیار مشخصی برای تعیین ابعاد پنجره‌ها (کوچک و بزرگ) و یا رابطه‌ای بین این دو ابعاد در برنامه پیشنهادی ذکر نشده و به تجربه و تصمیم کاربر واگذار گردیده است.

Weiss (2001) برای طبقه‌بندی انواع شکل زمین، معیار ده‌گانه‌ای مطابق جدول ۱ پیشنهاد شده است که از آن برای استخراج لایه رستری شکل زمین (Landform) استفاده می‌گردد.

جدول ۱. معیار ده‌گانه و پیشنهادی Weiss (2001) برای دسته‌بندی شکل زمین

	Landform	Small Neighborhood	Large Neighborhood	Slope
1	Canyons, Deeply Incised Streams	TPI ≤ -1 SD	TPI ≤ -1 SD	
2	Midslope Drainages, Shallow Valleys	TPI ≤ -1 SD	-1 SD < TPI < 1 SD	
3	Upland Drainages, Headwaters	TPI ≤ -1 SD	TPI ≥ 1 SD	
4	U-shaped Valleys	-1 SD < TPI < 1 SD	TPI ≤ -1 SD	
5	Plains	-1 SD < TPI < 1 SD	-1 SD < TPI < 1 SD	≤ 5°
6	Open Slopes	-1 SD < TPI < 1 SD	-1 SD < TPI < 1 SD	> 5°
7	Upper Slopes, Mesas	-1 SD < TPI < 1 SD	TPI ≥ 1 SD	
8	Local Ridges/Hills in Valleys	TPI ≥ 1 SD	TPI ≤ -1 SD	
9	Midslope Ridges, Small Hills in Plains	TPI ≥ 1 SD	-1 < TPI < 1 SD	
10	Mountain Tops, High Ridges	TPI ≥ 1 SD	TPI ≥ 1 SD	

1. Upland drainage or depression

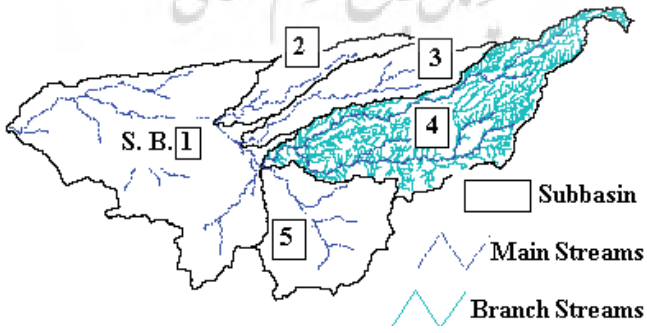
شایان ذکر است، از آنجا که مقدار TPI سلول که از پنجره‌های با ابعاد مختلف استخراج می‌شوند، از نظر بزرگی متفاوت است، لذا برای اینکه مقدار این شاخص مستقل از ابعاد پنجره گردد، بایستی مقادیر لایه رستری TPI و استخراجی از هر دو پنجره (کوچک و بزرگ) قبل از تهیه لایه شکل زمین استاندارد (با میانگین صفر و انحراف معیار یک) گردند. بدین خاطر مقادیر و حدود پیشنهادی در جدول ۱ برحسب انحراف معیار (SD) شاخص TPI در هر پنجره است، و برنامه الحاقی نیز براین اساس شکل زمین را در حوضه موردنظر دسته‌بندی می‌کند. البته در برنامه الحاقی، امکان تغییر تعداد و یا محدوده معیارهای جدول ۱ (به دلخواه کاربر) نیز وجود دارد.

۲-۲-۴- گسسته‌سازی حوضه‌های منتخب

در پژوهش حاضر، ابتدا به‌منظور برجسته کردن پیشنهاد Dehotin and Braud (2008) مبنی بر ضرورت گسسته‌سازی اولیه حوضه‌ای نسبتاً بزرگ و یا بزرگ پیش از تحلیل همسایگی و یا به‌کارگیری مدل‌های توزیعی در این حوضه‌ها، اقدام به تفکیک حوضه‌های منتخب براساس معیار Wolock et al., (2004) گردید.

تفکیک نخست: حوضه رود زرد به دو قسمت، یعنی نواحی کم‌ارتفاع (Lowland) که ارتفاع آنها کمتر از ارتفاع میانه (۱۱۷۷-۳۴۰ متر) و نواحی مرتفع (Upland) که ارتفاع آنها بیشتر از ارتفاع میانه (۳۳۰۰-۱۱۷۷ متر) است، تفکیک گردید. با توجه به بازه اعداد داخل پرانتز معلوم می‌شود با وجود اینکه مساحت این دو ناحیه برابر است، ولی مقدار تغییرات ارتفاع در نواحی کم‌ارتفاع (۸۳۷ متر) حدود یک‌سوم مقدار تغییرات ارتفاع (۲۱۲۳ متر) در مناطق مرتفع است. نواحی کم‌ارتفاع همگنی بیشتری از نظر ارتفاع دارند. بدین خاطر در این نواحی احتمال اینکه شکل پنجره به‌صورت مربعی و یا دایره‌ای باشد نسبت به نواحی مرتفع بیشتر است.

تفکیک دوم: در حوضه WGEW تفکیک مورد نظر به شکل خاصی انجام گردید. از آنجا که بخش وسیعی از این حوضه به‌صورت تپه ماهوری است، از تفکیک حوضه به مناطق کم‌ارتفاع و مرتفع صرف‌نظر شده است. مطابق شکل ۵، فقط محدود زیرحوضه شماره ۴، به‌دلیل واقع شدن در نواحی بالادست و تقریباً کوهستانی، به‌عنوان مناطق مرتفع در نظر گرفته شده است. از آنجا که انتظار می‌رود روند تغییرات مقدار $\hat{\lambda}(h)$ (برای ارتفاع نقاط) در این زیرحوضه به شکل خاصی (غیر از مربع و یا دایره) باشد، لذا در نظر است که تفاوت اشکال نیم‌تغییرنمای سطحی نواحی مرتفع (محدود زیرحوضه ۴) با محدوده کل حوضه برجسته گردد. با در نظر گرفتن کل حوضه، متوسط تغییرات ارتفاع در جهت‌های مختلف به‌گونه‌ای است که شکل نیم‌تغییر نمای سطحی در آن به‌صورت مربعی و یا دایره‌ای باشد.



شکل ۵. زیرحوضه‌های حوضه WGEW و شبکه آبراهه‌ای زیرحوضه شماره ۴ (نواحی مرتفع)

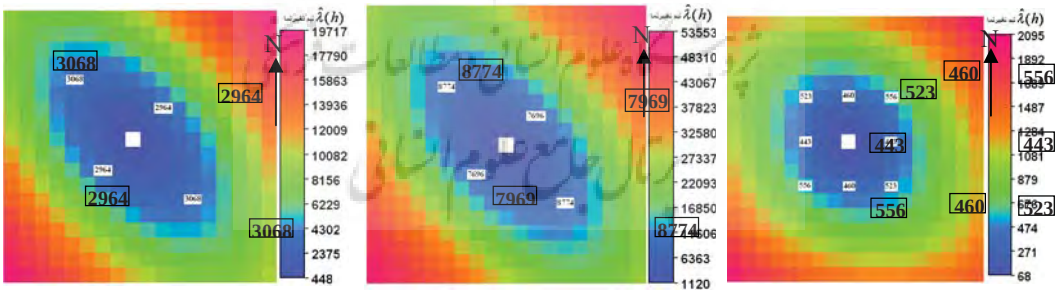
لازم به توضیح است که پس از تفکیک و تعیین شکل نیم‌تغییرنما در دو حالت مذکور، مدنظر است، برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی، مقایسه شبکه آبراهه‌ای (اصلی و فرعی) استخراجی از لایه شکل زمین زیرحوضه شماره ۴ با شبکه آبراهه‌ای موجود این زیرحوضه (شکل ۵)، انجام پذیرد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین شکل پنجره همسایگی

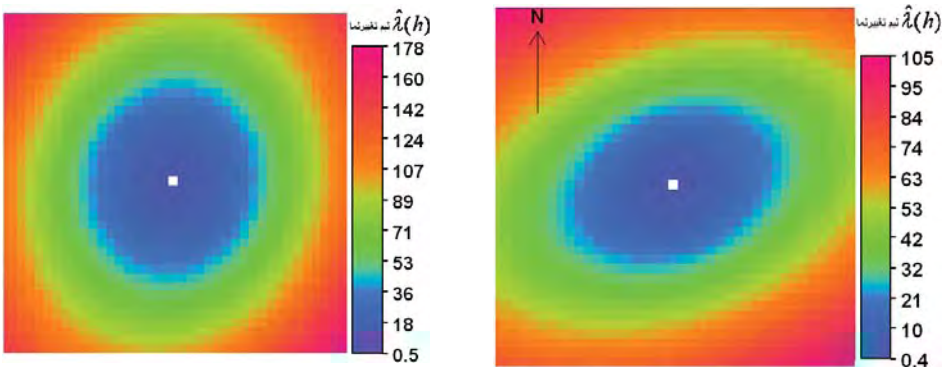
الف) حوضه رود زرد: با توجه به شرح بند قبل، مقدار نیم‌تغییرنمای سطحی در نواحی کم‌ارتفاع، مرتفع و همچنین کل حوضه تعیین گردید که تصاویر آن در شکل ۶ نشان داده شد.

مطابق شکل ۶، در نواحی کم‌ارتفاع حداکثر مقدار $\hat{\lambda}(h)$ برای ارتفاع تا ۱۰ فاص(۱۰۰۰ متر) برابر ۲۰۹۵ است، در حالی که این مقدار در نواحی مرتفع برابر ۵۳۵۵۳ (معادل ۲۵ برابر مقدار نظیر نواحی کم‌ارتفاع) است. دیگر اینکه در نواحی مرتفع، مقدار حداکثر $\hat{\lambda}(h)$ در امتداد دو قطر (شکل نیم‌تغییرنمای) بسیار متفاوت است (۲۷۳۳۷ و ۵۳۵۵۳) که به‌عبارتی نرخ تغییرات در امتداد قطر کوچک بیضی فرضاً تقریباً دو برابر امتداد قطر بزرگ است. جزئی‌تر اینکه، مطابق تصاویر شکل ۶ و اعداد درج‌شده بر روی آنها می‌توان گفت نرخ تغییرات مقدار $\hat{\lambda}(h)$ در نواحی کم‌ارتفاع، در اطراف هر سلول تقریباً در جهت‌های مختلف یکسان است و مشابهت این مقدار بیشتر منطبق بر محدوده مربعی و یا دایره‌ای شکل است. علت اصلی این امر آن است که حدود ۸۵ درصد از مناطق مسطح حوضه در این نواحی قرار دارد. همچنین، در کل حوضه و به‌ویژه در نواحی مرتفع، مطابق اعداد درج‌شده بر روی اشکال ذی‌ربط، مشابهت مقدار $\hat{\lambda}(h)$ در محدوده بیضی فرضی به‌گونه‌ای است که این مقدار در فاصله قطر کوچک بیضی ($2\sqrt{2}\times100=282$ متر) تقریباً با مقدار آن در فاصله قطر بزرگ ($4\sqrt{2}\times100=564$) از هر سلول برابری می‌کند. ضمن اینکه راستای قطر بزرگ این بیضی تقریباً دارای زاویه ۳۱۵ درجه از شمال (راستای شمال غربی ـ جنوب شرقی) و حدوداً عمود بر راستای امتداد آبراهه اصلی (شمال شرقی ـ جنوب غربی) حوضه (رود زرد) است. علاوه بر آن در نواحی مرتفع، نرخ تغییرات نیم‌تغییر نمای ارتفاع در هر فاصله انتخابی تقریباً دو برابر نرخ تغییرات نیم‌تغییرنمای ارتفاع با در نظر گرفتن کل حوضه است.



نواحی کم ارتفاع (Lowland) نواحی مرتفع (Upland) کل حوضه رود زرد

شکل ۶. اشکال نیم‌تغییرنمای سطحی ارتفاع نقاط تا ۱۰ فاصله (۱۰۰۰ متر) در نواحی کم‌ارتفاع، نواحی مرتفع و کل حوضه رود زرد



(الف) (ب)

شکل ۷. اشکال نیم‌تغییرنمای سطحی ارتفاع نقاط تا ۲۰ فاصله (۲۰۰ متر) برای (الف) زیرحوضه شماره ۴ (ب) کل حوضه WGEW

ب) حوضه WGEW: مطابق شکل ۷ ملاحظه می‌گردد که روند تغییرات $\hat{\lambda}(h)$ در کل حوضه تقریباً به‌صورت دایره‌ای است. از آنجا که این شکل و یا شکل مربعی به عنوان شکل پیش‌فرض در نرم‌افزارها و یا گزارش پژوهشگران است، لذا بررسی تأثیر شکل پنجره همسایگی بر روی استخراج شبکه آبراهه‌ای در کل حوضه تقریباً منفی است. لیکن مطابق شکل، در زیرحوضه شماره ۴ روند تغییرات $\hat{\lambda}(h)$ به‌صورت بیضی است که قطر بزرگ آن تقریباً ۱/۵ برابر قطر کوچک و امتداد آن نیز در راستای شمال‌شرقی ـ جنوب‌غربی (عکس حوضه رود زرد) است. بدین خاطر در نظر است که اعتبارسنجی روش پیشنهادی با تعیین شبکه آبراهه‌ای (استخراجی از لایه شکل زمین) فقط در این زیرحوضه به انجام برسد.

۳-۲- اعتبارسنجی روش پیشنهادی

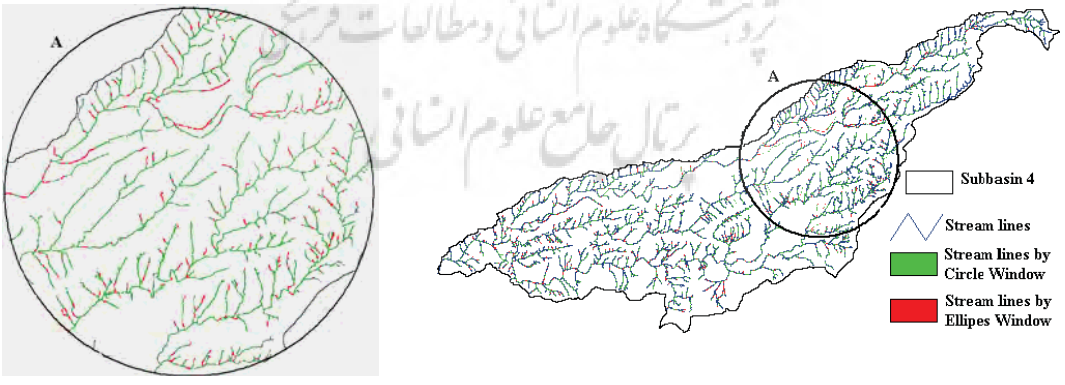
به‌منظور اعتبارسنجی روش پیشنهادی در تعیین و یا انتخاب شکل پنجره همسایگی ـ قابل استفاده در تحلیل همسایگی ـ استخراج لایه شکل‌زمین (Landform) به کمک نرم‌افزار پیشنهادی Weiss (2001) مدنظر است. لایه شکل زمین ابتدا با انتخاب پنجره همسایگی مربعی‌شکل (شکل متداول و یا پیش‌فرض در برنامه‌ها) استخراج می‌گردد. سپس لایه شکل زمین با انتخاب شکل پنجرهٔ حاصل از روش پیشنهادی در دو حوضه منتخب استخراج شده است تا نقشه‌های به‌دست‌آمده و البته محدوده عرصه‌های مورد نظر برای اعتبارسنجی در این دو حالت، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. لازم به ذکر است که انجام این اعتبارسنجی برای تمامی نواحی ۱۰گانه جدول ۱ به‌دلیل در دسترس نبودن لایه‌های مرجع و دقیق و یا عدم امکان تطبیق نتایج به‌دست‌آمده از طریق برداشت‌های میدانی، مقدور نیست. بدین خاطر این اعتبارسنجی، با تمرکز بر روی برخی از نواحی استخراجی از لایه شکل زمین در دو حوضه منتخب انجام می‌گردد.

در اعتبارسنجی نخست، فقط نواحی مسطح (ردیف ۵ جدول ۱) حوضه رود زرد مدنظر قرار گرفته است. به‌دلیل اینکه نخست لایه DEM این حوضه با اندازه سلول ۱۰۰ متر در دسترس بوده است، در حالی که تعیین تمامی نواحی ده‌گانه (نظیر دره عمیق) قطعاً نیاز به اندازه سلول به مراتب کوچک‌تری دارد؛ و دیگر اینکه در نواحی مسطحی که از لایه شکل زمین استخراج می‌شوند، فقط بایستی بررسی کرد که متوسط مقدار TPI و متوسط شیب سلول‌ها در این نواحی به صورت توأمان به سمت صفر میل کنند. بنابراین برای اعتبارسنجی روش (شکل پنجره) پیشنهادی بایستی

این آماره‌ها در نواحی مسطحی که با استفاده از پنجره همسایگی مربعی و شکل پیشنهادی استخراج می‌شوند مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند. اعتبارسنجی دوم نیز بر روی شبکه آبراهه‌ای حوضه WGEW و استخراجی از لایه شکل زمین به دلیل در دسترس بودن لایه DEM با اندازه سلول ۱۰ متر و همچنین شبکه آبراهه‌ای واقعی و با دقت بالای این حوضه به انجام می‌رسد.

نتایج اعتبارسنجی نخست (در حوضه رود زرد): یادآور می‌گردد که استخراج لایه رستری شکل زمین بایستی به کمک دو لایه TPI تهیه‌شده از دو پنجره بزرگ و کوچک همسایگی، صورت پذیرد. بدین منظور در حوزه رود زرد، ابتدا از دو پنجره مربعی به ابعاد ۵×۵ و ۱۰×۱۰ (در اطراف هر سلول) استفاده شده است تا دو لایه TPI و متعاقباً لایهٔ شکل زمین استخراج گردد. سپس به کمک دو پنجره (کوچک و بزرگ) بیضوی (با مشخصات پیشنهادی مرحله قبل) و معادل با پنجره‌های مربعی از نظر تعداد سلول (به‌ترتیب ۲۵ و ۱۰۰ سلول)، لایه شکل زمین تولید گردید. با استخراج نواحی مسطح در این دو حالت مشاهده شد که وسعت نواحی مسطح استخراجی از پنجره همسایگی بیضوی، حدود ۲۸/۳ درصد (حدود ۹۳ کیلومتر مربع) بیشتر از حالت انتخاب پنجره همسایگی مربعی‌شکل است. همچنین مقدار میانگین TPI در این نواحی در حالت‌های پنجره بیضوی و پنجره مربعی‌شکل به‌ترتیب ۰/۰۲۷ و ۰/۲۶- بوده است. افزون بر آن، شیب متوسط سلول‌ها در نواحی مسطح در حالت‌های مذکور به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۵۵ درصد است که مقدار این آماره‌ها نشان می‌دهد که در حالت پنجره بیضوی، اعداد به‌دست‌آمده خیلی به صفر نزدیک‌ترند.

نتایج اعتبارسنجی دوم (در حوضه WGEW): برای اعتبارسنجی ابتدا لایه‌های TPI با انتخاب دو پنجره دایره‌ای به شعاع‌های ۵۰ و ۱۰۰ متر (به‌ترتیب معادل ۵ و ۱۰ فاصله از اطراف هر سلول) لایه شکل زمین تهیه و شبکه آبراهه‌ای در زیرحوضه شماره ۴ استخراج گردید. سپس متناسب با شکل نیم‌تغییرنمای شکل ۷ با انتخاب پنجره‌های بیضوی معادل از نظر تعداد (۲۵ و ۱۰۰ سلول) در اطراف هر سلول، لایه شکل زمین تهیه و شبکه آبراهه‌ای زیرحوضه شماره ۴ استخراج گردید. نتایج گرافیکی به‌دست‌آمده (شبکه آبراهه‌ای استخراجی) در این دو حالت، به‌صورت هم‌زمان در شکل ۸ نشان داده شده است.



(ب) (الف)

شکل ۸. (الف) نمایش انطباق شبکه آبراهه‌ای واقعی و استخراجی از پنجره‌های همسایگی بیضوی و دایره‌ای شکل در زیرحوضه شماره ۴؛ (ب) نمایش جزئی‌تر محدوده A و اختلاف شبکه آبراهه‌ای در دو حالت (مجموع طول خطوط قرمزرنگ)

مطابق شکل ۸ و نتایج حاصل از عملیات (انطباق رستری لایه‌ها)، مشاهده گردید که همپوشانی شبکه آبراهه‌ای (مجموعه نواحی ردیف‌های ۱ تا ۴ جدول ۱) که با استفاده از پنجره همسایگی بیضوی استخراج گردیده‌اند با شبکه آبراهه‌ای واقعی حدود ۹۶ درصد است و این هم‌پوشانی در حالت استفاده از پنجره همسایگی دایره‌ای حدود ۷۶ درصد است. لازم به توضیح است که در شکل ۸ (ب) مجموع طول خطوط قرمز رنگ، اختلاف انطباق شبکه آبراهه‌ای استخراج از پنجره دایره‌ای (خطوط سبزرنگ) با شبکه آبراهه‌ای استخراجی از پنجره بیضوی با شبکه آبراهه‌ای واقعی است که حدود ۲۰ درصد است.

۴- نتیجه‌گیری

نکات درخور توجه و همچنین نتایجی را که در تحقیق حاضر حاصل گردیده می‌توان به‌صورت زیر برشمرد.

۱- در صورت استفاده از تحلیل همسایگی در مرحله تهیه لایه رستری، تدقیق یک لایه رستری و یا استخراج نقشه عوارض زمینی، ابتدا بایستی به وسعت حوضه و یا شدت تغییرات ویژگی / ویژگی‌های مورد نظر در محدوده مورد مطالعه توجه گردد. به‌عبارتی هر چه وسعت تحت مطالعه محدودتر باشد، نتایج حاصل از تحلیل همسایگی با عدم قطعیت کمتری همراه است. لذا بعضاً لازم می‌گردد که در یک حوضه قبل از انجام تحلیل همسایگی با در نظر گرفتن معیار خاصی، نواحی مختلف حوضه به تعدادی نواحی با درجه معینی از همگنی (در ویژگی زمینی مورد مطالعه) تفکیک گردند؛ سپس شکل پنجره همسایگی مورد نیاز در تحلیل همسایگی، متناسب با نواحی تفکیک‌شده انتخاب شوند.

۲- تفکیک و نام‌گذاری عرصه‌های زمینی (نواحی ده‌گانه جدول ۱) بستگی زیادی به گستره پنجره همسایگی در اطراف سلول‌ها دارد. در یک واحد سطحی زمینی حتی در گستره یک سلول، با انتخاب پنجره همسایگی کوچک در یک طبقه / دسته قرار می‌گیرد و همان واحد سطحی با انتخاب پنجره همسایگی بزرگ می‌تواند در طبقه / دسته دیگری نام‌گذاری گردد.

۳- استفاده از شکل نیم‌تغییرنمای سطحی یک ویژگی زمینی، می‌تواند به تعیین شکل مناسب پنجره همسایگی مورد نیاز در تحلیل همسایگی کمک کند. در حوضه رود زرد نشان داده شد که اشکال نیم‌تغییرنمای در نواحی مختلف حوضه متفاوت است، لیکن انتخاب شکل بیضی برای پنجره همسایگی در تحلیل همسایگی مورد نیاز لایه DEM برای کل حوضه در مقایسه با اشکال دیگر مناسب‌تر است. البته طول قطر بزرگ این بیضی بایستی تقریباً دو برابر طول قطر کوچک و راستای قطر بزرگ نیز در امتداد شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی باشد. مشاهده گردید که در این حوضه، با انتخاب شکل بیضی در مرحله استخراج لایه شکل زمین وسعت نواحی مسطح ۲۸/۳ درصد که معادل ۹۳ کیلومترمربع (۹۳۰۰ هکتار) بیشتر از حالت انتخاب پنجره مربعی است. این مساحت حدود ۱۰ درصد کل حوضه است که قطعاً این مقدار تفاوت، می‌تواند بر اهداف مدیریت اراضی این حوضه تأثیرگذار باشد.

۴- چنانچه درحوضه‌ای نظیر حوضه WGEW، متوسط اختلاف مقدار یک ویژگی (نظیر ارتفاع) سلول‌ها با نقاط همسایگی خود در سرتاسر حوضه تقریباً کم باشد، انتخاب مربعی و یا دایره‌ای بودن شکل پنجره همسایگی برای تحلیل همسایگی منطقی است، لیکن این نتیجه برای مطالعه زیرحوضه‌ای و ناحیه‌ای معتبر نیست، زیرا نتایج نشان دادند که در مناطق مرتفع حوضه WGEW (تقریباً محدوده زیرحوضه شماره ۴) نیز چنانچه نیاز به تحلیل همسایگی بر روی لایه رستری ارتفاع باشد، شکل مناسب پنجره همسایگی، به شکل بیضی است. نشان دادند که استفاده از پنجره بیضوی (پیشنهادی) در استخراج لایه شکل زمین، منجر به انطباق ۹۶ درصدی شبکه آبراهه استخراجی با شبکه آبراهه‌ای واقعی می‌گردد. این انطباق ۲۰ درصد بیشتر از حالت انتخاب پنجره مربعی‌شکل است.

۵- مشاهده گردید که جهت کشیدگی حوضه و یا

امتداد آبراهه اصلی در یک حوضه لزوماً نمی‌تواند به حدس زدن شکل پنجره انتخابی کمک کند، زیرا در زیرحوضه شماره ۴ حوضه WGEW تقریباً امتداد آبراهه اصلی با امتداد قطر بزرگ بیضی در شکل نیم‌تغییرنمای سطحی مرتبط یکسان هستند، در حالی که دو امتداد مذکور در حوضه رود زرد بر هم عمودند.

۵- منابع

Beven, K. J., and Kirkby, M. J., 1979, **A Physically Based, Variable Contributing Model of Basin Hydrology**, Hydrological Sciences Bulletin 24, PP. 43–69.

Blöschl, G. and Sivapalan, M., 1995, **Scales Issues in Hydrological Modeling – a review**, Hydrol, Processes, 9(3–4), 251–290.

Dehotin, J., and Braud, I., 2008, **Which Spatial Discretization for Which Distributed Hydrological Models? Proposition of a Methodology and Illustration for Medium to Large-scale Catchments**, Hydrology Earth System Science, 12(3), PP. 769-796.

Hasani Pak, A.A., 1981, **Geostatistic**, University of Tehran.

Heilman, P., Nichols M. H., Goodrich, D. C., Miller, S. N., and Guertin, D. P., 2008, **Geographic Information Systems Database, Walnut Gulch Experimental Watershed, Arizona, United States**, Water Resources Research, Vol. 44, W05511, PP. 1-6.

Journel, A. G. and Huijbregts, C. J., 1978, **Mining Geostatistics**, Academic Press, London.

Judex, M., Thamm, H-P, and Menz, G., 2006, **Improving Land-Cover Classification With A Knowledge Based Approach And Ancillary Data**, Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSEL SIG on Land Use and Land Cover, Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, 28-30 September.

Mathieu, L. C., Delclaux, F., Genthon, P., and Favreau, G., 2009, **Assessment of Digital Elevation Model (DEM) Aggregation Methods for Hydrological Modeling: Lake Chad basin, Africa**, Computers & Geosciences, Vol. 35, PP. 1661–1670.

Robbez-Masson, J. M., Foltête, J. C., Cabello, L., et al., 1999, **Prise en Compte du Contexte Spatial Dans l'instrumentation de la Notion de Paysage. Application `a Une Segmentation Assistêe**, Revue internationale de ge´omatique 9, PP. 173 -195.

Weiss, A., 2001, **Topographic Position and Landforms Analysis**, Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.

Wolock, D.M., Winter, T.C., and Mcmahon, G., 2004, **Delineation and Evaluation of Hydrologic-Landscape Regions in the United States Using Geographic Information System Tools and Multivariate Statistical Analyses**, Environmental Management Vol. 34, Suppl. 1, PP. 571–588.

Zhu A-X, Burt, E., J., Smith, M., Rongxun, W., and Jing, G., 2007, **The Impact of Neighborhood Size on Terrain Derivatives and Digital Soil Mapping**, Advances in Digital Terrain Analysis, Springer, Germany, PP. 333-348.